

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД  
„ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА”

Навчально-науковий інститут фізики, математики та інформаційних  
технологій

Кафедра інформаційних технологій та систем

**Борзяк Олег Сергійович**

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА БАЗІ ARDUINO**

**кваліфікаційна робота**

**здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня**

**освітньої програми «Комп’ютерна інженерія»**

**за спеціальністю 123 Комп’ютерна інженерія**

Особистий підпис \_\_\_\_\_ Олег БОРЗЯК

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Володимир ДОНЧЕНКО,  
старший викладач  
кафедри інформаційних технологій  
та систем

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Микола СЕМЕНОВ,  
кандидат педагогічних наук, доцент  
кафедри інформаційних технологій  
та систем

Полтава – 2023

**Міністерство освіти і науки України**  
**Державний заклад «Луганський національний університет**  
**імені Тараса Шевченка»**

Факультет (інститут) Навчально-науковий інститут фізики, математики та  
інформаційних технологій  
(повна назва)

Кафедра Інформаційних технологій та систем  
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр  
(код, назва)

Напрямок підготовки 123 Комп'ютерна інженерія  
(код, назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІТС  
М.А. Семенов

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Борзяк Олег Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проекту (роботи) РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗУМНОГО**  
**БУДИНКУ НА БАЗІ ARDUINO**

Керівник кваліфікаційної роботи Донченко В.Ю. старший викладач  
кафедри ІТС

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

затверджена наказом по університету Від

**2. Строк подання студентом проекту (роботи)** \_\_\_\_\_

**3. Вихідні дані до роботи (проекту)** \_\_\_\_\_

(визначаються кількісні або (та) якісні показники, яким повинен відповідати об'єкт розробки)

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** \_\_\_\_\_

(визначаються назви розділів або (та) перелік питань, які повинні увійти до тексту ПЗ)

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)** \_\_\_\_\_

**6. Консультанти розділів проекту/роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

**7. Дата видачі завдання „\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021р.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вибір теми роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми та керівника.	До 1 листопада	
	Аналіз літературних джерел за темою роботи. Подання структури теоретичної частини роботи та плану експериментальних досліджень.	Другий тиждень листопада (10 листопада)	
	Робота над теоретичною частиною. Подання теоретичної частини роботи для першого читання науковим керівником.	До 15 грудня	
	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника. Подання теоретичної частини роботи на друге читання.	До 28 січня	
	Проведення експериментальної роботи. Поетапний аналіз та обговорення її результатів. Перевірка стану виконання роботи.	Перший тиждень березня	
	Урахування рекомендацій наукового керівника, усунення недоліків, підготовка варіанта роботи до передзахисту. Розробка презентації.	До 31 березня	
	Попередній захист роботи на кафедрі	травень	
	Доопрацювання роботи з урахуванням рекомендацій після передзахисту. Подання роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку та рецензії	За 10 днів до державної атестації	
	Подання на кафедру остаточного варіанта роботи, переплетеного та підписаного автором, науковим керівником і рецензентом.	За 5 днів до державної атестації	

**Студент**

\_\_\_\_\_

підпис

**О.С. Борзяк**

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

**Керівник проекту (роботи)**

\_\_\_\_\_

підпис

**В.Ю. Донченко**

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

## **АНОТАЦІЯ**

**Борзяк О.С.**

**Тема:** Розробка системи «Розумний Будинок» на базі Arduino.

**Спеціальність:** 123 «Комп'ютерна інженерія»

**Установа:** ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2021 р.

**Бакалаврська робота містить:** 69 с., 10 рис., 31 джерело, 3 додатки.

**Об'єктом дослідження** є системи розумного будинку.

**Предметом дослідження** є технологія розумного будинку на основі Arduino/

Метою дослідження є розробка системи розумного будинку на базі Arduino.

Система має мати можливість працювати локально, бути доступною на мобільних пристроях і не потребувати високих фінансових витрат на встановлення.

### **Результати роботи.**

Розроблена система домашньої автоматизації забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам з легкістю контролювати різні пристрої та функції у своєму домі. Це спрощує взаємодію з системою та дозволяє користувачам насолоджуватись зручністю автоматизації без необхідності високої технічної експертизи.

**Висновки.** Використання Raspberry Pi як основного компонента системи домашньої автоматизації дозволяє знизити вартість системи порівняно з традиційними рішеннями. Це робить систему доступною для широкого кола користувачів, включаючи тих, хто раніше не мав можливості використовувати подібні технології.

**Ключові слова:** Arduino, Raspberry Pi, Розумний Будинок. Автоматизація.

**Міністерство освіти і науки України**  
**Державний заклад «Луганський національний університет**  
**імені Тараса Шевченка»**

Факультет (інститут)

Навчально-науковий інститут фізики,  
математики та інформаційних технологій

(повна назва)

Кафедра

Інформаційних технологій та систем

(повна назва)

(код, назва)

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання програмної розробки (ПР):

**" РОЗРОБКА СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА БАЗІ  
ARDUINO"**

**ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ**

**ПОГОДЖЕНО**

Керівник кваліфікаційної роботи

Володимир ДОНЧЕНКО

“ ” 2023р

**ВИКОНАВЕЦЬ**

Студент групи 4КІ

Олег БОРЗЯК

“ ” 2023р

Полтава— 2023

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ .....	3
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	3
3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮЮ	ошибка! Закладка не определена.
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ	4
5. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ.....	4
6. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.....	4
7. ПРИЙМАННЯ .....	5
8. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.....	6

					ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Униченко В.П.									
Керівник		Донченко В.Ю.								2	5
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А..									

## ВСТУП

- 1.1 **Найменування:** розробка системи «розумний будинок» на базі Arduino.
- 1.2 **Шифр ПР:** АДР-5
- 1.3 **Підстава до виконання ПР:** Підставою для виконання даної розробки є завдання на дипломний проект.
- 1.4 **Терміни розробки:**
- 1.4.1 Початок 30 жовтня 2022р.
- 1.4.2 Закінчення 20 березня 2023р.
- 1.5 **Фінансується** за рахунок коштів замовника.

## 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

### 1.1. Призначення:

Цей пристрій призначений для контролю домашніх приладів та освітлення у багатоквартирному будинку.

## 2. ТЕХНИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Запропонована система дозволяє дистанційно керувати домашньою технікою за допомогою Raspberry Pi. Raspberry Pi отримує команди від користувача через веб-інтерфейс і виконує команду командного інтерфейсу для генерації керуючого сигналу для Arduino. Потім релейні перемикачі керуються Arduino відповідно до керуючого сигналу. Система потребує наступних компонентів:

- 1) Точка доступу (бездротове підключення до Інтернету або кишеньковий роутер) для забезпечення підключення до Інтернету на Raspberry Pi.
- 2) Raspberry Pi, який працює як веб-сервер, SQL-сервер, а також блок управління. – Datarplicity для віддаленого доступу до Raspberry Pi з будь-якої точки світу через інтернет без DynDNS, VPN, статичного IP або переадресації портів ("Datarplicity: Віддалене керування вашим Raspberry Pi").
- 3) Веб-графічний інтерфейс користувача (GUI) для керування системою ("Веб-інтерфейс").

					<i>ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) Arduino для керування реле відповідно до керуючого сигналу, надісланого Pi.

У запропонованій системі Raspberry Pi в основному виступає в ролі веб-сервера. Для надання веб-сервісів встановлено MySQL, Apache та PHP. Веб-сайт, який містить користувацький інтерфейс для керування приладами, розміщено на Raspberry Pi. Він також підключений до Arduino за допомогою послідовного зв'язку, так що будь-який керуючий сигнал може бути надісланий до Arduino через послідовний порт.

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ

Вартість робіт по розробці даної ПР визначається згідно договору на розробку. Вартість запропонованих аналогів повинна забезпечити економічну доцільність їх застосування.

### 3. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ

3.1. Вимоги до екологічної безпечності під час експлуатації.

Не пред'являються.

3.2. Спеціальні вимоги до кінцевого продукту.

Не пред'являються.

3.3. Вимоги до безпеки для населення під час експлуатації продукції.

Не пред'являються.

### 4. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.

Етапи виконання ПР можуть уточнювати згідно календарного плану робіт по узгодженню між замовником та виконавцем

№	Етапи виконання роботи	Термін виконання та обсяг робіт	звітні матеріали
1	Аналіз розробки програмного комплексу та розробка першої версії. Аналіз вимог. Розробка структури. Попереднє тестування		Частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника, що виконує всі основні

					ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



№	Етапи виконання роботи	Термін виконання та обсяг робіт	звітні матеріали
			функції та звітна документація п.8.2
2	Коректування структури. Розробка допоміжних функцій. Розробка остаточної версії програмного комплексу та його опрацювання. Тестування		Готовий програмний комплекс на ЕОМ замовника та звітна документація п.8.2
3	Доопрацювання окремих модулів та навчання користувачів. Розробка звітних матеріалів згідно п.8 цього ТЗ		звітні матеріали згідно пункту 8

## 5. ПРИЙМАННЯ

### 7.1. Необхідні вимоги для впровадження ПР та завершення робіт.

Оцінка результатів розробки і доцільність її продовження здійснюється замовником по представленню наступних матеріалів:

- встановлений програмний комплекс на ЕОМ замовника;
- стислий опис роботи ПР та опис всіх файлів, які необхідні для роботи ПР.
- перелік документів
  - Технічне завдання
  - Пояснювальна записка

### 7.2. Перелік звітних документів, необхідних для прийняття етапів роботи:

- стислий опис результатів етапу у вигляді анотованого звіту(для 1 та 2 етапів);
- частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника згідно календарного плану робіт;
- акт приймання продукції.

Звітні матеріали подаються у вигляді звітів на папері по ГОСТ 7.32-91

					<i>ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3. Загальний перелік до приймання звітних документів, макетів, експериментальних зразків.

До приймання пред'являються: акт здачі-приймання продукції, акт впровадження ПР.

#### 7.4. Тестування ПР

Тестування виконується до "Програми та методики тестування", яка розробляється виконавцем та затверджується замовником

### **6. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.**

Дане технічне завдання може уточнюватися в процесі розробки ПР при узгодженні сторін з оформленням доповнень до ТЗ.

					ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **ABSTRACT**

**Borzyak O.S.**

**Theme:** Development of the "Smart House" system based on Arduino.

**Specialty:** 123 "Computer engineering"

**Institution:** Luhansk Taras Shevchenko National University, 2021.

**Bachelor's thesis contains:** 69 p., 10 figures, 31 sources, 3 appendices.

**The object of study** is smart home systems.

**The subject of** research is smart home technology based on Arduino.

**The purpose of the study** is to develop a smart home system based on Arduino.

The system should be able to work locally, be available on mobile devices and not require high financial costs for installation.

### **Results.**

The developed home automation system provides a user-friendly and intuitive interface that allows users to easily control various devices and functions in their home. This simplifies interaction with the system and allows users to enjoy the convenience of automation without the need for high technical expertise.

### **Conclusions.**

Using the Raspberry Pi as the main component of a home automation system can reduce the cost of the system compared to traditional solutions. This makes the system accessible to a wide range of users, including those who have not previously had the opportunity to use such technologies.

**Keywords:** Arduino, Raspberry Pi, Smart Home. Automation

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД  
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»

Навчально-науковий інститут фізики, математики та інформаційних  
технологій

Кафедра інформаційних технологій та систем

Борзяк Олег Сергійович

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА БАЗІ  
ARDUINO**

Бакалаврська робота

за напрямом підготовки 123 Комп'ютерна інженерія

Особистий підпис — \_\_\_\_\_

Науковий керівник — \_\_\_\_\_  
(підпис)

старший викладач кафедри ІТС  
.В.Ю. Донченко

(посада, науковий ступінь,  
наукове звання, ініціали, прізвище)

Зав. кафедри — \_\_\_\_\_  
(підпис)

зав. кафедри ІТС, кандидат  
педагогічних наук, доцент,  
М.А. Семенов

(посада, науковий ступінь,  
наукове звання, ініціали, прізвище)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	1
РОЗДІЛ 1 .....	1
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	1
1.1. Сутність поняття технології розумного будинку .....	1
1.2. Історія розвитку технології розумного будинку .....	3
1.3. Класифікація та атрибути систем розумного будинку .....	7
1.4. Завдання, функції, цілі та вимоги до системи розумного будинку ..	11
РОЗДІЛ 2 .....	1
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ARDUINO .....	1
2.1. Аналіз готових рішень.....	1
2.2. Вибір комплектуючих для проєкту.....	2
2.3. Архітектура та алгоритми роботи системи .....	4
2.4. Програмна реалізація системи керування .....	8
РОЗДІЛ 3 .....	1
ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ.	1
3.1. Підготовка перед початком експлуатації системи .....	1
3.2. Організація процесу роботи системи у багатоквартирному будинку	5
ВИСНОВКИ .....	1
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	1
ДОДАТКИ .....	1

**ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ**

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Борзяк О.С.			<b>Зміст</b>	Літ.	Арк.
Керівник		Донченко В.Ю.					Акрушіє
Реценз.		Козуб Ю.Г.				2	1
Н. Контр.						<b>ЛНУ</b> <b>Кафедра ІТС, Гр.4КІ</b>	
Зав. каф.		Семенов М.А.					

## ВСТУП

### Актуальність дослідження

Актуальність даного дослідження базується на широкому поширенні систем автоматизації в домашніх умовах та зростаючій популярності Інтернету речей (IoT). Завдяки розвитку технологій, люди стають все більше зацікавленими у зручності, енергоефективності та безпеці своїх домівок. Отже, виникає потреба в розробці та впровадженні нових систем домашньої автоматизації, які забезпечують зручний та надійний контроль над різними пристроями та функціями домашнього середовища.

Сучасні дослідження показують, що наявні системи автоматизації мають свої обмеження, такі як обмежена доступність та функціональність без інтернету, висока вартість, складність у використанні, а також проблеми з безпекою. Тому, розробка нових систем, які можуть бути доступні локально без підключення до Інтернету, економічні та прості у використанні, має велике значення.

Наше дослідження спрямоване на розробку системи домашньої автоматизації, що використовує Raspberry Pi як основний компонент, і забезпечує легкий доступ до різних пристроїв та функцій у домі, включаючи контроль за електричними пристроями, систему безпеки, енергозбереження та багато іншого. Використання Raspberry Pi дозволяє знизити вартість системи, зробити її більш доступною для широкого кола користувачів, а також забезпечити локальний доступ без необхідності підключення до Інтернету.

### Мета роботи

Метою бакалаврської роботи є розробка системи розумного будинку на базі Arduino.

Система має мати можливість працювати локально, бути доступною

**ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ**

					<b>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вступ</b>		
Розроб.	Борзяк О.С.						
Керівник	Донченко В.Ю.						
Реценз.	Козуб Ю.Г.						
Н. Контр.							
Зав. каф.	Семенов М.А.				<b>ЛНУ</b> <b>Кафедра ІТС, Гр.4КІ</b>		
						Літ.	Арк.
							3
							3

на мобільних пристроях і не потребувати високих фінансових витрат на встановлення.

Досягнення мети включає розв'язання таких **завдань**:

- 1) визначення сутності поняття технології розумного будинку;
- 2) висвітлення історії розвитку технології розумного будинку;
- 2) огляд основних класифікації та атрибутів систем розумного будинку;
- 3) виокремлення завдань, функції, цілей та вимог до системи розумного будинку.
- 4) аналіз наявних рішень та вибір комплектуючих для розробки системи;
- 5) побудови архітектури та алгоритмів роботи системи;
- 6) характеристика програмної реалізації системи управління;
- 7) прогнозування та планування особливостей експлуатації системи у контексті багатоквартирного будинку.

**Об'єктом дослідження** є системи розумного будинку.

**Предметом дослідження** є технологія розумного будинку на основі Arduino/

### **Практичне значення отриманих результатів**

Розроблена система домашньої автоматизації забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам з легкістю контролювати різні пристрої та функції у своєму домі. Це спрощує взаємодію з системою та дозволяє користувачам насолоджуватись зручністю автоматизації без необхідності високої технічної експертизи.

Використання Raspberry Pi як основного компонента системи домашньої автоматизації дозволяє знизити вартість системи порівняно з традиційними рішеннями. Це робить систему доступною для широкого кола користувачів, включаючи тих, хто раніше не мав можливості використовувати подібні технології.

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		1

## **Апробація результатів бакалаврської роботи**

Основні положення та результати роботи були апробовані на .....

### **Структура та обсяг роботи**

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг роботи становить 68 сторінок, обсяг використаної літератури - 33 джерела.

Перший розділ містить опис особливостей розвитку технології розумного будинку, їх класифікації, основні завдання, функції та вимоги до подібних систем.

У другому розділі проводиться розробка технології: визначення компонентів, побудова архітектури та програмної частини системи.

У третьому розділі досліджуються можливість модифікації системи та її експлуатації в умовах багатоквартирного будинку.

Додатки містять елементи коду системи, які відповідають за веб-інтерфейс та технічне завдання.

					<i>ITS.4KI.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2



# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 1.1. Сутність поняття технології розумного будинку

У сучасному технологічному ландшафті, що стрімко розвивається, технологія «розумного дому» стала визначною і трансформаційною концепцією, яка докорінно змінює спосіб взаємодії з нашим житловим простором. Розумний дім – це житлове середовище, обладнане різноманітними взаємопов'язаними пристроями, системами та приладами, призначеними для підвищення комфорту, зручності, безпеки та енергоефективності. Ці інтелектуальні системи, створені завдяки інтеграції таких технологій, як Інтернет речей (IoT), домашня автоматизація та штучний інтелект, дозволяють домовласникам дистанційно контролювати та автоматизувати різні аспекти свого житла [11].

Концепція розумного будинку ґрунтується на ідеї створення взаємопов'язаної екосистеми, в якій пристрої та системи безперешкодно взаємодіють між собою, збирають та аналізують дані, а також інтелектуально реагують на вподобання користувача або умови навколишнього середовища. Від освітлення та систем опалення, вентиляції та кондиціонування до камер спостереження і домашніх розваг – технологія розумного дому охоплює широкий спектр застосувань, спрямованих на спрощення та покращення нашого повсякденного життя.

					<b>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</b>		
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<b>РОЗДІЛ І</b> <b>ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ</b> <b>ФУНКЦІОНУВАННЯ</b> ..		
Розроб.	Борзяк О.С.						
Керівник	Донченко В.Ю.						
Реценз.	Козуб Ю.Г.						
Н. Контр.							
Зав. каф.	Семенов М.А.						
					<b>Лім.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Акрушів</b>
						6	31
					<b>ЛНУ</b> <b>Кафедра ІТС, Гр.4КІ</b>		

Розуміння значення технології розумного будинку у сучасному суспільстві є надзвичайно важливим, оскільки вона здатна змінити спосіб нашого життя, роботи та взаємодії в наших домівках. Вона пропонує численні переваги, включаючи підвищений комфорт і зручність, покращену енергоефективність, підвищену безпеку і потенціал для економії коштів. Однак ця технологія також створює виклики, такі як конфіденційність і безпека, проблеми інтеоперабельності та потреба в стандартизованих протоколах і фреймворках [26].

Інтернет речей (IoT) є фундаментальною концепцією, що лежить в основі технології розумного будинку. IoT – це мережа фізичних пристроїв, транспортних засобів, приладів та інших об'єктів, оснащених датчиками, програмним забезпеченням і засобами зв'язку, які дозволяють їм збирати та обмінюватися даними через Інтернет без втручання людини. У контексті розумних будинків, IoT забезпечує взаємозв'язок і комунікацію між різними пристроями, системами і приладами, утворюючи цілісну екосистему.

Інтернет речей дозволяє пристроям у розумному будинку збирати та обмінюватися даними, сприяючи безперешкодній інтеграції та автоматизації. Датчики, вбудовані в такі пристрої, як термостати, камери спостереження та системи освітлення, збирають дані про навколишнє середовище, а виконавчі механізми дозволяють їм реагувати на команди або запускати певні дії. Завдяки підключенню та комунікаційним протоколам ці пристрої можуть обмінюватися інформацією, створюючи мережу взаємопов'язаних компонентів у будинку.

### **Домашня автоматизація**

Домашня автоматизація – ще одна ключова концепція, що лежить в основі технології розумного будинку. Це можливість контролювати і автоматизувати різні аспекти будинку, включаючи освітлення, опалення, вентиляцію, системи кондиціонування, системи безпеки, розважальні

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи і багато іншого. Системи домашньої автоматизації дозволяють користувачам віддалено контролювати і керувати цими пристроями через централізовані інтерфейси управління, часто доступні через мобільні додатки або веб-платформи.

Інтеграція домашньої автоматизації в екосистему розумного будинку дозволяє підвищити зручність, енергоефективність і кастомізацію. Користувачі можуть створювати персоналізовані розклади, встановлювати налаштування та автоматизувати рутинні завдання, такі як регулювання температури, увімкнення світла або відмикання дверей, на основі попередньо визначених умов або заданих користувачем тригерів. Системи домашньої автоматизації використовують можливості Інтернету речей для безперешкодного управління та координації різних пристроїв і систем.

Інтеграція Інтернету речей і домашньої автоматизації в контексті розумного будинку забезпечує ширший спектр функціональних можливостей і застосувань. Це дозволяє створювати інтелектуальні системи, які вивчають уподобання користувачів, адаптуються до мінливих умов і оптимізують використання енергії. Завдяки аналізу даних та алгоритмам машинного навчання, ці системи можуть надавати персоналізований досвід і передбачати потреби користувачів [11].

Отже, фундаментальні концепції Інтернету речей і домашньої автоматизації мають вирішальне значення для розвитку технології розумного будинку. Ці концепції забезпечують взаємозв'язок, обмін даними та можливості автоматизації, які формують основні функціональні можливості розумних будинків. Оскільки технології продовжують розвиватися, ці базові концепції створюють основу для подальших інновацій і досягнень в області технологій розумного будинку.

## 1.2. Історія розвитку технології розумного будинку

Історичний розвиток технології розумного будинку охоплює кілька десятиліть, позначених важливими віхами, технологічними досягненнями та внеском перших новаторів і піонерів галузі. У цьому розділі простежується еволюція технології розумного будинку, висвітлюються ключові моменти, які сформували її розвиток до того стану, в якому вона перебуває сьогодні.

Коріння технології розумного дому можна простежити ще з 1970-х років, коли концепція домашньої автоматизації почала привертати увагу. У цей час технологічний прогрес у комп'ютерних системах і комунікаціях проклав шлях до інтеграції автоматизації в житлове середовище. Перші системи були зосереджені на контролі окремих аспектів житла, таких як освітлення або безпека, за допомогою базових інтерфейсів управління і дротових з'єднань.

У 1980-х роках протокол X10 став значним кроком у розвитку технології розумного будинку. X10 забезпечував зв'язок між пристроями та системами через існуючу електричну проводку, уможливорюючи дистанційне керування та автоматизацію. Ця технологія заклала основу для ранніх систем розумного будинку, дозволивши користувачам керувати освітленням, приладами та пристроями безпеки за допомогою централізованих панелей управління або пультів дистанційного керування [2].

У 1990-х роках відбувся зсув у бік інтеграції бездротових технологій. Цей розвиток дозволив забезпечити більшу гнучкість і простоту встановлення, оскільки пристрої більше не потребували великої кількості проводів. Бездротові технології, такі як Zigbee і Z-Wave, стали популярними протоколами для зв'язку розумного будинку, що сприяло безперешкодній інтеграції різних пристроїв і систем [25].

					<i>ITS.4KI.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початок 21-го століття приніс значний поворотний момент в еволюції технології розумного будинку з появою підключення до Інтернету і виникненням Інтернету речей (IoT). Підключення до Інтернету дозволило отримати віддалений доступ і керувати пристроями розумного будинку, в той час як IoT уможливив взаємозв'язок між різними пристроями і системами в єдиній екосистемі [11].

В останні роки розширення інтеграції пристроїв і систем в рамках розумних будинків досягло нових висот. Смартфони та інші мобільні пристрої стали центральними інтерфейсами управління, що дозволяють користувачам віддалено контролювати і керувати своїми будинками. Поширення розумних пристроїв, включаючи розумні термостати, асистенти з голосовим управлінням і підключені прилади, ще більше розширило можливості розумних будинків [19].

Протягом усього історичного розвитку технології розумного дому численні ранні інноватори та піонери галузі відігравали значну роль у формуванні ландшафту цієї сфери. Такі компанії, як Nest Labs (заснована в 2010 році), зробили значний внесок, представивши інноваційні пристрої для розумного будинку, такі як Nest Learning Thermostat. Інші великі гравці, включаючи Apple, Google, Amazon і Samsung, також вийшли на ринок розумних будинків і прискорили його зростання завдяки впровадженню своїх платформ і екосистем [7].

Розширюючи межі технологій, проводячи дослідження і розробки та впроваджуючи зручні для споживачів рішення, ці ранні новатори і піонери галузі проклали шлях до широкого впровадження технології розумного будинку в сучасному суспільстві.

Історичний розвиток технології розумного будинку демонструє перехід від базових систем домашньої автоматизації до складних, взаємопов'язаних екосистем. Технологічний прогрес, включаючи розвиток бездротового зв'язку, підключення до Інтернету та Інтернету речей,

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відіграв вирішальну роль у формуванні еволюції розумних будинків. Внесок ранніх новаторів і піонерів галузі також зіграв вирішальну роль у впровадженні та інтеграції технології розумного будинку в наше повсякденне життя.

Сучасний стан технології розумного дому відображає зростаючу тенденцію її впровадження та інтеграції в домогосподарства по всьому світу. Пристрої та системи розумного дому стали більш доступними і дешевими, що призвело до підвищення інтересу споживачів і зростання ринку. Широкий асортимент продукції, включаючи розумні термостати, системи освітлення, камери спостереження, голосові помічники та домашні розважальні системи, зараз легко доступні.

Ринок у цьому контексті характеризується присутністю великих гравців, таких як Amazon, Google, Apple і Samsung, які представили власні платформи розумного будинку. Ці платформи надають користувачам централізовані інтерфейси управління, що дозволяють їм керувати та автоматизувати різні аспекти свого будинку. Крім того, партнерства та співпраця між технологічними компаніями та виробниками побутової техніки призвели до інтеграції розумних функцій у повсякденні предмети домашнього вжитку.

Як результат, технологія набуває все більшого поширення серед споживачів, що зумовлено прагненням до зручності, енергоефективності та підвищеної безпеки. Розумні будинки виходять за рамки традиційних застосувань, що призводить до появи нових інноваційних варіантів використання. Наприклад, розробляються рішення для охорони здоров'я та старіння на місці, які допомагають літнім людям стежити за своїм здоров'ям і отримувати дистанційний догляд. Інтеграція з відновлюваними джерелами енергії та системами управління мережею дозволяє власникам будинків оптимізувати використання енергії та брати участь у програмах реагування на попит. Крім того, технології розумного дому інтегруються з

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

домашньою автоматизацією для створення захоплюючих розваг завдяки голосовому управлінню інтерфейсами та інтелектуальним системам освітлення.

Майбутнє технології розумного дому має численні можливості та перспективи для подальшого розвитку. Деякі ключові напрямки і тенденції включають в себе:

1) інтеграцію з ширшими ініціативами розумного міста; ця інтеграція забезпечить безперешкодний обмін інформацією між будинками, міською інфраструктурою та послугами, що призведе до покращення енергоменеджменту, ефективного розподілу ресурсів та підвищення якості життя.

2) розробку стандартизованих протоколів і фреймворків, яка матиме вирішальне значення для подолання проблем інтероперабельності та полегшення інтеграції пристроїв і систем від різних виробників; у цьому контексті докладаються зусилля для створення загальних стандартів зв'язку, таких як Zigbee Alliance і Project CHIP (Connected Home over IP), щоб забезпечити сумісність і спростити користувацький досвід.

3) використання голосових помічників, таких як Alexa від Amazon, Google Assistant і Siri від Apple; майбутні досягнення в обробці природної мови і технологіях розпізнавання голосу ще більше розширять можливості голосових інтерфейсів, зробивши їх більш інтуїтивно зрозумілими і швидкими у реагуванні.

Оскільки технологія розумного дому набуває все більшого поширення, забезпечення надійних заходів безпеки та захист приватності користувачів матимуть першорядне значення. Розвиток технологій шифрування, безпечних методів автентифікації та анонімізації даних матиме вирішальне значення для зміцнення довіри серед користувачів.

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) та алгоритмів машинного навчання дозволить розумним будинкам навчатися та адаптуватися до

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

вподобань користувачів, передбачати потреби та автоматизувати рутинні завдання. Системи на основі ШІ можуть аналізувати дані з різних датчиків і пристроїв, забезпечуючи інтелектуальне прийняття рішень і персоналізований досвід.

Отже, сучасний стан технології розумного будинку демонструє зростаючий ринок і все більш активне використання споживачами. Інтеграція пристроїв і систем у повсякденне життя домогосподарств стала більш доступною і зручною для користувачів. Майбутнє розумних будинків має багатообіцяючі перспективи, включаючи інтеграцію з розумними містами, розробку стандартизованих протоколів, вдосконалення інтерфейсів з голосовим управлінням, посилення заходів безпеки та використання штучного інтелекту. Ці розробки ще більше розширяють можливості технологію і сприятимуть створенню більш пов'язаного та інтелектуального середовища проживання.

### **1.3. Класифікація та атрибути систем розумного будинку**

Системи розумного будинку можна класифікувати на основі їхніх функціональних можливостей, рівня автоматизації та можливостей інтеграції. Ця класифікація допомагає класифікувати і зрозуміти різні типи систем розумного будинку, доступні на ринку.

Наприклад, системи розумного будинку можна розділити на різні категорії залежно від функціональних можливостей, які вони пропонують. Деякі загальні категорії включають:

1) Системи енергоменеджменту. Ці системи спрямовані на оптимізацію енергоспоживання в розумному будинку. Зазвичай вони включають розумні термостати, пристрої моніторингу енергоспоживання та інтелектуальні системи освітлення, які дають змогу користувачам ефективно контролювати та управляти енергоспоживанням.

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2) Системи безпеки та спостереження. Ці системи забезпечують посилені заходи безпеки, включаючи камери спостереження, дверні/віконні датчики, детектори руху та розумні замки. Вони дозволяють користувачам віддалено спостерігати за своїм будинком, отримувати сповіщення в режимі реального часу та контролювати доступ до своїх приміщень.

3) Розважальні та медіа-системи. Ці системи охоплюють домашні розважальні пристрої, такі як смарт-телевізори, аудіосистеми та пристрої для потокової передачі медіа-контенту. Вони дозволяють користувачам контролювати і транслювати медіаконтент, створювати захоплюючі аудіовізуальні ефекти та інтегруватися з іншими розумними пристроями для безперешкодного управління розвагами.

4) Системи здоров'я та благополуччя. Ці системи зосереджені на моніторингу та підтримці здоров'я і гарного самопочуття в середовищі розумного будинку. Вони можуть включати портативні пристрої, розумні ваги, тонометри та нагадування про прийом ліків, щоб допомогти користувачам відстежувати показники свого здоров'я та дотримуватися оздоровчих процедур.

Системи розумного будинку також можна класифікувати за рівнем автоматизації, яку вони пропонують. Ця класифікація розрізняє системи, які потребують ручного керування, і ті, що автоматизують рутинні завдання.

1) Часткова автоматизація. Ці системи дозволяють користувачам контролювати та моніторити свої смарт-пристрої вручну. Користувачі мають можливість регулювати налаштування, активувати або деактивувати пристрої та отримувати сповіщення. Однак можливості автоматизації обмежені, і користувачі повинні активно взаємодіяти з системою для виконання команд.

2) Повна автоматизація. Ці системи пропонують розширені можливості автоматизації, де пристрої та системи можуть працювати автономно на основі заздалегідь визначених розкладів, уподобань користувача або умов навколишнього середовища. Вони можуть регулювати рівень освітлення, температуру та режими безпеки без необхідності постійного втручання користувача.

Системи розумного будинку також можна класифікувати за можливостями інтеграції з іншими пристроями та платформами. Ця класифікація враховує здатність системи спілкуватися і взаємодіяти з різними розумними пристроями та екосистемами.

1) Автономні системи працюють незалежно і не мають широких інтеграційних можливостей. Вони можуть мати власні спеціалізовані додатки або інтерфейси керування, але не мають сумісності з пристроями інших виробників або екосистемами.

2) Інтероперабельні системи призначені для інтеграції та зв'язку з пристроями і платформами різних виробників. Вони дотримуються загальних комунікаційних протоколів і стандартів, забезпечуючи безперебійну сумісність та інтеграцію в рамках ширшої екосистеми розумного будинку.

Системи розумного будинку мають певні характеристики (атрибути), які впливають на їхню загальну функціональність і зручність використання. Розуміння цих характеристик є важливим для оцінки та вибору відповідних систем розумного будинку.

По-перше, системи розумного будинку покладаються на підключення, щоб забезпечити зв'язок і обмін даними між пристроями. Дротові та бездротові з'єднання, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee або Z-Wave, використовуються для створення мережі взаємопов'язаних пристроїв у середовищі розумного будинку.

По-друге, системи розумного дому надають інтерфейси керування, які дозволяють користувачам взаємодіяти зі своїми пристроями та керувати ними. Ці інтерфейси можуть включати додатки для смартфонів, веб-панелі, асистенти з голосовим управлінням або спеціальні панелі управління.

По-третє, системи розумного дому збирають дані з різних датчиків, пристроїв і взаємодій користувачів. Потім ці дані аналізуються, щоб зробити висновки, виявити закономірності та уможливити інтелектуальне прийняття рішень щодо автоматизованих дій, оптимізації енергоспоживання або персоналізованого досвіду.

Крім того, системи розумного будинку повинні включати в себе надійні заходи безпеки для захисту даних користувачів і забезпечення конфіденційності мешканців. Шифрування, безпечна автентифікація та регулярне оновлення програмного забезпечення необхідні для захисту від потенційних вразливостей і несанкціонованого доступу.

Також, системи розумного будинку повинні бути масштабованими та адаптованими до майбутніх доповнень або модифікацій. Здатність інтегрувати нові пристрої, технології або протоколи має вирішальне значення для забезпечення довгострокової життєздатності та гнучкості системи.

Таким чином, системи розумного дому повинні надавати пріоритет зручності використання і забезпечувати безперебійну роботу користувача. Інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, чуйні елементи керування та персоналізовані налаштування сприяють позитивному користувацькому досвіду і полегшують широке впровадження.

Класифікуючи системи розумного будинку на основі їх функціональних можливостей, рівня автоматизації та можливостей інтеграції, а також розуміючи атрибути, пов'язані з цими системами, користувачі можуть приймати обґрунтовані рішення при виборі та

налаштуванні технологій розумного будинку, які найкраще відповідають їх конкретним потребам та уподобанням.

#### **1.4. Завдання, функції, цілі та вимоги до системи розумного будинку**

Система розумного будинку призначена для виконання різних завдань, спрямованих на підвищення комфорту, зручності, безпеки та енергоефективності житлового середовища. Ці завдання можна розділити на кілька ключових напрямків:

1) Екологічний контроль, який дозволяє користувачам контролювати та відстежувати фактори навколишнього середовища у своїх оселях. Це включає в себе такі завдання, як регулювання температурних параметрів, управління рівнем освітлення, керування віконними жалюзі або шторами, а також регулювання систем вентиляції.

2) Енергетичний менеджмент передбачає оптимізацію споживання енергії, надаючи інструменти та можливості автоматизації. Завдання в рамках енергоменеджменту можуть включати моніторинг використання енергії, впровадження енергоефективних практик, управління розумними приладами та інтеграцію з відновлюваними джерелами енергії.

3) Безпека та спостереження. Завдання в цій сфері включають моніторинг камер спостереження, контроль доступу до нерухомості за допомогою розумних замків, виявлення та оповіщення мешканців про потенційні загрози, а також інтеграцію з системами сигналізації або екстреними службами.

4) Системи розумного дому дають змогу користувачам контролювати та керувати різними розважальними та медіа-пристроями. Завдання в цій сфері включають управління смарт-телевізорами, аудіосистемами, пристроями потокового мовлення, а також створення ефекту присутності за допомогою синхронізованого освітлення та аудіовізуальних ефектів.

Як вже зазначалось раніше, деякі системи розумного дому надають функції, пов'язані з моніторингом здоров'я та наданням допомоги. Завдання можуть включати відстеження показників здоров'я, нагадування про прийом ліків, інтеграцію з натільними пристроями для моніторингу стану здоров'я, а також підтримку телемедицини або віддалених медичних послуг.

Будь-яка система розумного будинку також виконує кілька функцій для полегшення виконання завдань. Ці функції включають в себе:

1) Керування та автоматизація пристроїв. Система дозволяє користувачам контролювати та автоматизувати різні пристрої в будинку, забезпечуючи віддалену роботу та створення індивідуальних сценаріїв автоматизації.

2) Системи розумного дому збирають дані з датчиків, пристроїв та взаємодії користувачів. Вони аналізують ці дані, щоб отримати уявлення, виявити закономірності та прийняти обґрунтовані рішення для автоматизації, оптимізації енергоспоживання або персоналізації.

Основними цілями системи розумного будинку є покращення якості життя, підвищення енергоефективності, безпеки та зручності для мешканців. Для досягнення цих цілей необхідно виконати певні вимоги:

Система розумного будинку повинна бути сумісною з широким спектром пристроїв, протоколів і екосистем, щоб забезпечити безперешкодну інтеграцію і сумісність. Крім того, система повинна забезпечувати надійну роботу та надійні заходи безпеки для захисту даних користувачів, запобігання несанкціонованому доступу та забезпечення конфіденційності мешканців.

Користувачі своєю чергою повинні мати доступ до інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, який забезпечить позитивний і зручний досвід для управління та налаштування системи.

З останніх трендів, система розумного будинку все більше орієнтовані на енергоефективні практики, а також інтеграцію відновлюваними джерелами енергії для мінімізації впливу на навколишнє середовище.

Також система повинна бути масштабованою та адаптованою до майбутніх доповнень або модифікацій, дозволяючи користувачам розширювати екосистему розумного будинку за потреби. І бажано, щоб система пропонувала економічно ефективні рішення, які збалансовують початкові інвестиції, витрати на обслуговування та довгострокову економію енергії для користувачів.

Таким чином, система розумного будинку виконує завдання, пов'язані з контролем навколишнього середовища, управлінням енергоспоживанням, безпекою і спостереженням, управлінням розвагами і медіа, а також моніторингом здоров'я і наданням медичної допомоги. Вона функціонує завдяки контролю та автоматизації пристроїв, збору та аналізу даних, комунікації та інтероперабельності, а також користувацькому інтерфейсу та взаємодії. Цілі системи розумного будинку включають поліпшення якості життя, підвищення енергоефективності, підвищення безпеки і сприяння зручності. Для досягнення цих цілей необхідно задовольнити такі вимоги, як сумісність та інтеграція, надійність і безпека, зручність використання і взаємодія з користувачем, енергоефективність, масштабованість і гнучкість, а також економічна ефективність.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ARDUINO

#### 2.1. Аналіз готових рішень

У цій галузі було проведено значну кількість досліджень та розробок. У 1975 році було розроблено промисловий стандарт X10 (Kim et al., 2012; Lin, Cheng, & Yuan, 2006; Walko, 2006). Це найстаріший стандарт, виявлений в авторському огляді (Withanage, Ashok, Yuen, & Otto, 2014).

Найбільш широко використовуваною технологією в системах домашньої автоматизації є ZWave [25]. Найкращою особливістю пристроїв Z-Wave є їхня перехресна сумісність між системами різних брендів, а також безпека, коли кожен пристрій має унікальний ідентифікатор мережі, а кожна мережа має унікальну ідентифікацію [13]. Наприклад, INSTEON розроблено для інтеграції системи ліній електропередач з бездротовою системою. Він був розроблений на заміну стандарту X10.

Однією з нових технологій для автоматизації є EnOcean, головною метою якої є нульове споживання енергії. Нещодавно також була розроблена мобільна система домашньої автоматизації з використанням плати на базі Java, яка фізично з'єднує всі пристрої з центральним комп'ютером, на якому працює веб-сервер, що забезпечує віддалений доступ до системи [17]. Однак, ці системи вимагали дуже щільної дротової мережі, яка включає в себе дорогу установку і комп'ютер високого класу.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Борзяк О.С.			РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА	Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Донченко В.Ю.					6	31
Реценз.		Козуб Ю.Г.				ЛНУ		
Н. Контр.						Кафедра ІТС, Гр.4КІ		
Зав. каф.		Семенов М.А.						

Потім була винайдена технологія Bluetooth, яку досить швидко інтегрували в системи домашньої автоматизації [19]. Але для її використання потрібно встановлювати окремий модуль Bluetooth для кожного домашнього пристрою. Тому вартість значно зростає. Однак, цей метод зменшує складність фізичної проводки.

Ще одна технологія дистанційного керування на основі телефону була впроваджена для автоматизації дому та офісу [19]. Ця система не потребує Інтернету. До системи можна додзвонитися за допомогою будь-якого телефону, який підтримує двотональну багаточастотну передачу (DTMF). Основним недоліком цієї системи є те, що користувач не має графічного інтерфейсу. Запам'ятовування спеціального коду доступу до пристроїв є дещо нудним. Однак ця технологія не набула великої популярності.

Також була запропонована інша технологія, яка передбачає керування приладами за допомогою жестів рук. Вона використовує обробку зображень для зчитування команд користувача [20]. Але система може прочитати жест неточно, що може призвести до неочікуваної дії.

Базіл Хамед запропонував роботу, метою якої було спроектувати та реалізувати систему управління та моніторингу домашніх пристроїв за допомогою LabVIEW [27]. Але LabView є дуже дорогим і коштує близько \$320 - \$5700 для різних дистрибутивів.

Діпалі Джаваліт та ін. запропонували систему для допомоги людям з обмеженими можливостями та людям похилого віку [7]. Користувач може взаємодіяти з телефоном Android і надсилати керуючий сигнал на Arduino ADK, який, у свою чергу, керуватиме іншими вбудованими пристроями/датчиками.

У 2015 році було запропоновано спосіб досягнення контролю над приладами за допомогою інтернету від Intel Galileo, який використовує інтеграцію хмарних мереж та бездротового зв'язку [21]. Але на відміну від

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Intel Galileo, Raspberry Pi – це повноцінний комп'ютер, який коштує вдвічі дешевше за плату Galileo, що дає більше можливостей для розширення системи.

Наскільки нам відомо, найновіша система автоматизації пропонується для управління домашніми приладами з використанням додатку для Android і хмарного сервісу Microsoft Azure. Але обслуговування хмари Azure є більш складним завданням з технічної точки зору.

## **2.2. Вибір комплектуючих для проєкту**

Запропонована система дозволяє дистанційно керувати домашньою технікою за допомогою Raspberry Pi. Raspberry Pi отримує команди від користувача через веб-інтерфейс і виконує команду командного інтерфейсу для генерації керуючого сигналу для Arduino. Потім релейні перемикачі керуються Arduino відповідно до керуючого сигналу. Система потребує наступних компонентів:

- 1) Точка доступу (бездротове підключення до Інтернету або кишеньковий роутер) для забезпечення підключення до Інтернету на Raspberry Pi.
- 2) Raspberry Pi, який працює як веб-сервер, SQL-сервер, а також блок управління. – Dataplicity для віддаленого доступу до Raspberry Pi з будь-якої точки світу через інтернет без DynDNS, VPN, статичного IP або переадресації портів ("Dataplicity: Віддалене керування вашим Raspberry Pi").
- 3) Веб-графічний інтерфейс користувача (GUI) для керування системою ("Веб-інтерфейс").
- 4) Arduino для керування реле відповідно до керуючого сигналу, надісланого Pi.

Raspberry Pi – це серія невеликих одноплатних комп'ютерів, розроблених у Великобританії компанією Raspberry Pi Foundation [16].

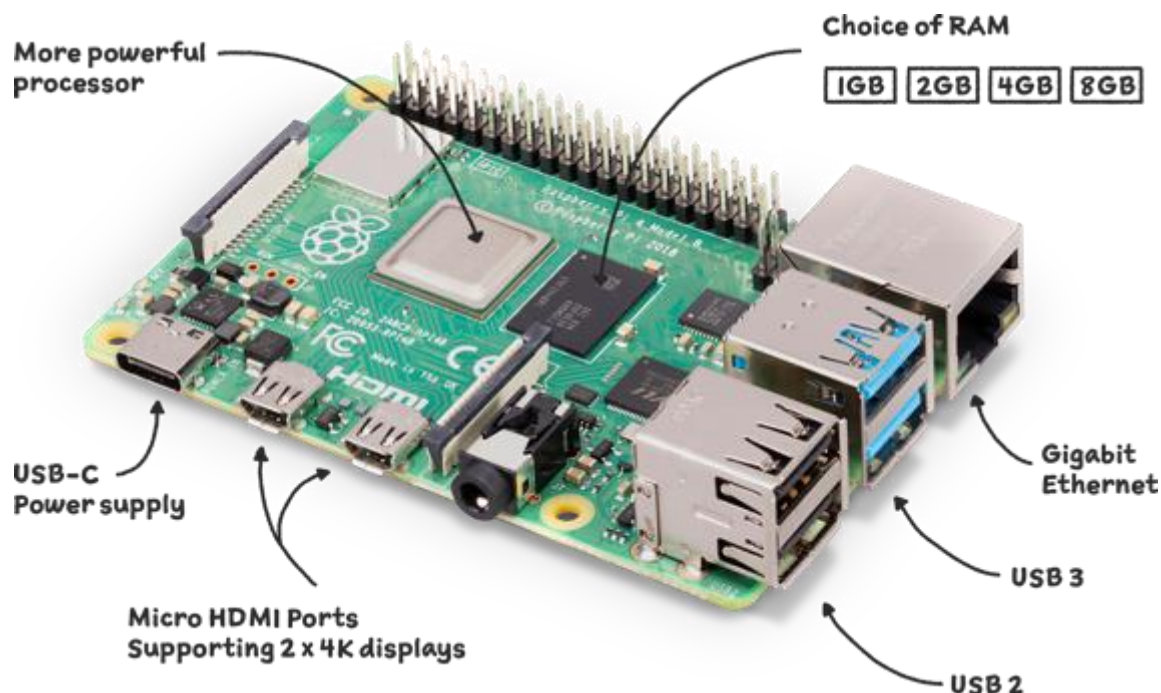


Рис. 2.1. Raspberry Pi модель B

Джерело: [22].

Це дуже маленький за розміром, але потужний і недорогий комп'ютер. Він добре пристосований для робототехніки та різних проектів вбудованих систем. Це базовий комп'ютер на базі Linux і з операційною системою Raspbian він підтримує такі технології, як Apache, MySQL, PHP та інші. Насправді, наша розроблена система потребує розміщення на веб-сервері в економічно ефективний спосіб, а також комп'ютер потрібен для моніторингу та управління Arduino. Raspberry Pi був обраний тому, що він може служити всім цим цілям. Крім того, жоден інший пристрій не може забезпечити таку ж безпеку, надійність та обчислювальну потужність у такий економічний спосіб.

У запропонованій системі Raspberry Pi в основному виступає в ролі веб-сервера. Для надання веб-сервісів встановлено MySQL, Apache та PHP. Веб-сайт, який містить користувацький інтерфейс для керування приладами, розміщено на Raspberry Pi. Він також підключений до Arduino

за допомогою послідовного зв'язку, так що будь-який керуючий сигнал може бути надісланий до Arduino через послідовний порт.

### 2.3. Архітектура та алгоритми роботи системи

Як вже було згадано раніше, в цьому проекті використовується Dataplicity для віддаленого доступу до Raspberry Pi. Метою Dataplicity є спрощення процесу підключення ваших пристроїв через Інтернет [12].

Концепція Dataplicity полягає в тому, щоб спростити процес надання доступу до Pi через Інтернет. Раніше нам доводилося мати справу з IP-адресами і переадресацією портів маршрутизатора або статичною IP-адресою, якщо ми хотіли підключити Raspberry Pi до Інтернету. Цим було важко керувати, оскільки процес варіювався в залежності від провайдера і налаштувань маршрутизатора. Але dataplicity – це, по суті, VPN для Raspberry Pi. Вона не тільки дозволяє вам віддалено підключатися до вашого Pi, але ми також можемо протягнути веб-сервер через систему, що дозволяє вам запустити міні-сайт.

Найголовніше, що безкоштовний акаунт може виконувати майже всю роботу, включаючи підтримку баз даних SQL. Він безпечний, надійний і рекомендований спільнотою Raspberry Pi.

Ще однією його перевагою є те, що якщо з якихось причин вимикається живлення і Raspberry Pi вимикається, він автоматично підключає Raspberry Pi і ініціює поточний стан приладів, коли живлення повертається.

У процесі розробки також було створено веб-інтерфейс, показаний на рисунку 2.2, який допомагає спілкуватися з Raspberry Pi. Це користувацький інтерфейс, де користувач може бачити і контролювати свої прилади, перевіряючи поточний стан приладів.

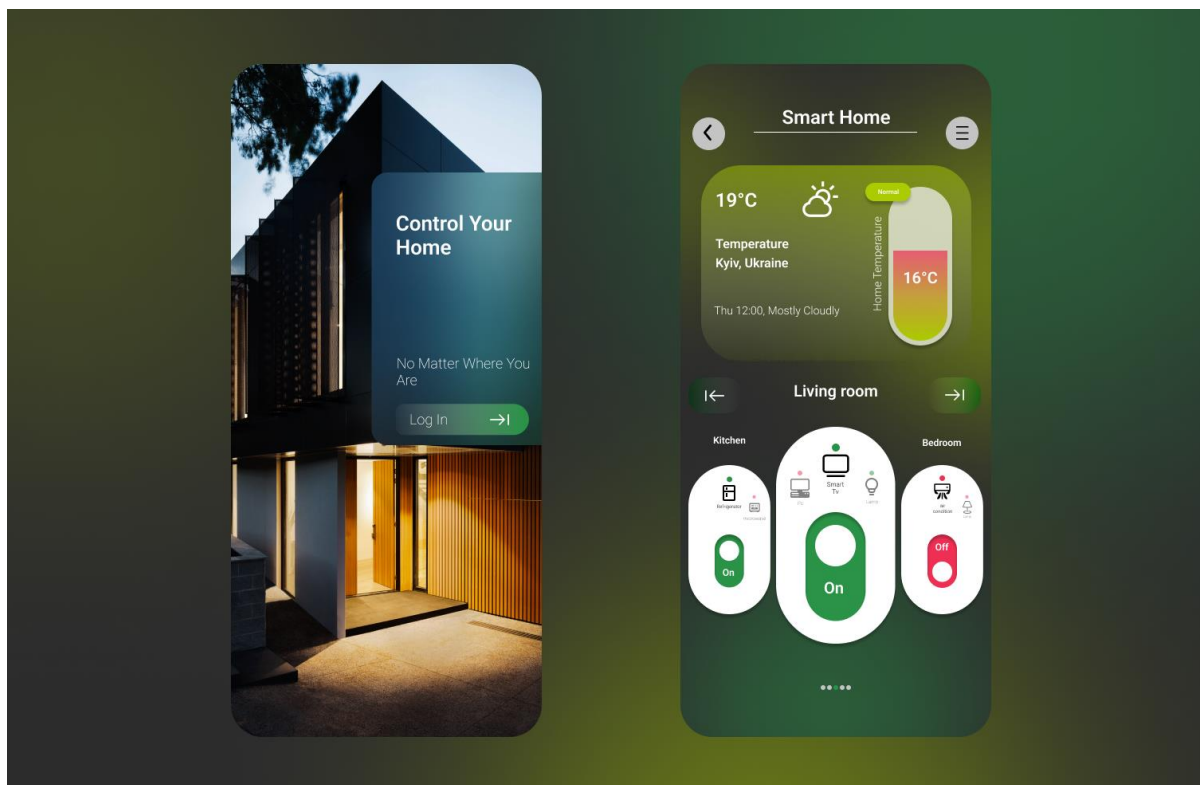


Рис. 2.2. Вигляд веб-сайту

Джерело: розроблено автором за [3].

Для підключення Рі до Інтернету потрібна точка доступу (Wi-Fi або бездротовий стільниковий роутер). Рі не потребує широкосмугового підключення, але підтримує переадресацію портів. Тому оптимальним рішенням буде використання кишенькового Wi-Fi роутеру, наприклад Huawei E5330.



**Рис. 2.3. Кишеньковий Wi-Fi роутер Huawei E5330**

Джерело: [31].

Huawei E5330 – це мобільна точка доступу Wi-Fi стандарту 4G, яка дозволяє підключати до інтернету до 10 пристроїв одночасно. Ось деякі з його ключових характеристик на основі результатів пошуку:

- 1) розміри: ширина 92,8 мм, висота 60 мм, шлибина 13,8 мм;
- 2) вага: близько 120 г (включаючи батарею);
- 3) пікова швидкість завантаження: 21,6 Мбіт/с
- 4) пікова швидкість завантаження: 5,76 Мбіт/с;
- 5) ємність акумулятора: 3,7 В, 1500 мАг;
- 6) максимальний час роботи: 6 годин;
- 7) максимальний час роботи в режимі очікування: 300 годин при вимкненому Wi-Fi;
- 8) світлодіодний дисплей/

Пропуска здатність не буде дорогою, оскільки сервер Raspberry Pi споживає дуже малий обсяг даних для підтримки роботи сервера в режимі онлайн. Крім того, немає необхідності використовувати інтернет, якщо

					<i>ITC.4KI.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6



користувач знаходиться вдома. Користувачі підключаються до точки доступу і керують приладами, не маючи жодних даних в зоні Wi-Fi.

### Arduino Uno

Arduino Uno – це плата на базі мікроконтролера ATmega328 AVR. Вона має 20 цифрових входів/виходів (з яких 6 можна використовувати як ШІМ-виходи, а 6 – як аналогові входи). Програми можуть бути завантажені в неї за допомогою простої у використанні комп'ютерної програми Arduino. Arduino має розгалужену спільноту підтримки, що робить його дуже простим способом розпочати роботу з вбудованою електронікою.



Рис. 2.4. Arduino Uno

Джерело: [4].

Для керування набором приладів (наприклад, приладами в кожній кімнаті квартири) використовується Arduino. Для керування декількома наборами приладів (декількома кімнатами) потрібно декілька Arduino. Всі

Arduino з'єднані з Raspberry-pi і генерують керуючі імпульси відповідно до сценарію оболонки, що виконується на сервері Raspberry-pi.

## **2.4. Програмна реалізація системи керування**

Весь процес можна описати наступними трьома кроками.

- 1) Отримання команди від користувача.
- 2) Ініціалізація оболонки для надсилання сигналу на Arduino.
- 3) Тригер релейного перемикача на Arduino.
- 4) Механізм перезапуску.

### **Отримання команд від користувача**

Для віддаленого або локального керування приладами користувачеві потрібно перейти за спеціальною URL-адресою (унікальною для кожного Pi, отриманою від Dataplicity) і спочатку підтвердити автентичність користувача. Потім користувач може переглянути стан всіх приладів у веб-інтерфейсі, показаному на рис. 2.2.

Користувач може керувати всіма домашніми приладами з цього графічного інтерфейсу. Якщо користувач натискає кнопку ON/OFF, сигнал надсилається на Pi. Стани приладів зберігаються в базі даних SQL на сервері Pi. Ця база даних синхронізується з веб-сайтом. Користувач також може використовувати голосові команди (наприклад, кімната № 1, світло № 2 вимкнути) без натискання кнопок.

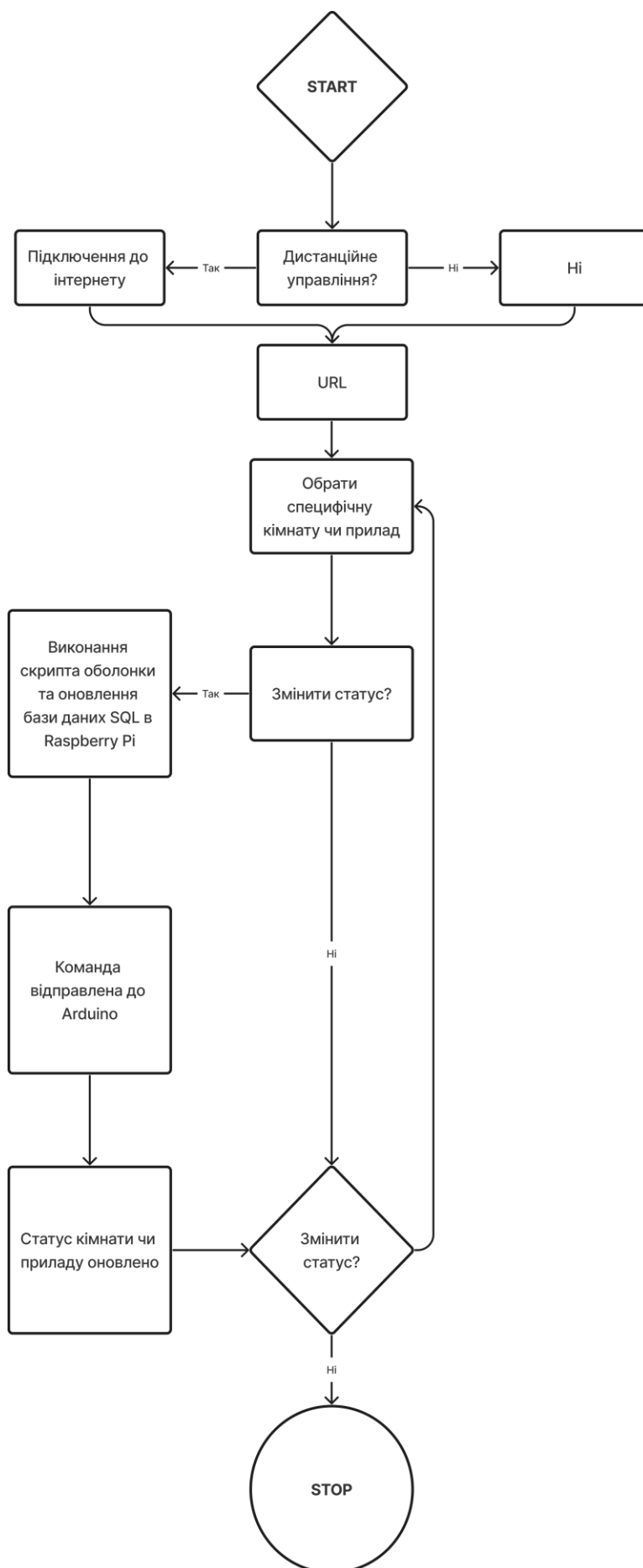




Рис. 2.5. Блок-схема

Джерело: розроблено автором за [1; 2; 3].

Для створення веб-інтерфейсу ми можемо використовувати Flask, легкий веб-фреймворк для Python.

```
from flask import Flask, render_template, request
app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def index():
    return render_template('index.html')

@app.route('/send_command', methods=['POST'])
def send_command():
    appliance_id = request.form['appliance_id']
    command = request.form['command']
    # Send command to Arduino
    return "success"

if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)
```

Рис. 2.6. Створення веб-інтерфейсу Flask

Джерело: розроблено автором за [23].

Веб-інтерфейс матиме кнопки для кожного приладу, що дозволить користувачеві увімкнути або вимкнути його. У цьому коді ми використовуємо Flask для створення веб-інтерфейсу для керування домашніми пристроями. Маршрут / route рендерить шаблон index.html, який відображає стан пристроїв і надає кнопки для керування. Маршрут /control обробляє POST-запити від кнопок і відповідно оновлює стан пристроїв (Додаток А).

Функція send\_signal надсилає сигнали до Arduino на основі вказаного пристрою та дії. Вона використовує бібліотеку послідовного з'єднання для встановлення послідовного з'єднання з Arduino і надсилає команди у вигляді байтів.

## Виконання оболонки для надсилання сигналу на Arduino

Після отримання сигналу від користувача в Pi виконується командна оболонка python. Ця команда оболонки надсилає сигнал до Arduino. Arduino з'єднаний з Pi за допомогою послідовного зв'язку. За допомогою цього послідовного зв'язку Pi може відправити будь-яку команду на Arduino.

```
import serial
# ...

def send_command():
    # ...
    ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600) # Replace with the correct port
    ser.write(f"{appliance_id}:{command}".encode())
    ser.close()
    return "success"
```

Рис. 2.7. Відправлення команд через Pyresial

Джерело: розроблено автором за [23].

Ми також можемо використовувати бібліотеку pyserial для надсилання команд до Arduino через послідовний зв'язок.

## Спрацьовує релейний перемикач на Arduino

Arduino запускає релейний перемикач відповідно до команди, отриманої від Pi. Нам потрібно буде зчитувати команди з послідовного зв'язку і запускати відповідні реле.

```
int appliance1Pin = 2;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(appliance1Pin, OUTPUT);
}

void loop() {
    if (Serial.available() > 0) {
        String command = Serial.readStringUntil('\n');
        if (command == "appliance_1:ON") {
            digitalWrite(appliance1Pin, HIGH);
        } else if (command == "appliance_1:OFF") {
            digitalWrite(appliance1Pin, LOW);
        }
    }
}
```

## Рис. 2.8. Тригерний релейний перемикач на Arduino

Джерело: розроблено автором за [22; 24].

Arduino скидається після кожного послідовного з'єднання. Щоб запобігти цій проблемі, використовується конденсатор, який не дозволяє перезавантажити систему після кожного послідовного з'єднання.

Надалі ми можемо ще більше вдосконалити його, додавши більше приладів, включивши голосові команди та впровадивши додаткові функції, такі як камери спостереження та пожежна сигналізація.

### Механізм перезавантаження

Всі прилади підключені до Arduino. Отже, якщо перезавантажити Arduino, всі прилади автоматично вимкнуться. Коли вимкнеться живлення, вимкнеться і Pi. Це означає, що сервер перейде в автономний режим. Пристрої не повернуться до попереднього стану після перезавантаження сервера. Для запобігання цієї проблеми використовується скрипт на python. Коли сервер перезавантажиться, цей скрипт запуститься автоматично і відновить попередній стан (Додаток А).

Таким чином, запропонована система є економічною, зручною та простою у використанні. Вся система розроблена таким чином, що її можна масштабувати за бажанням користувача. Крім того, людина з обмеженими можливостями може легко керувати цією системою за допомогою голосових команд.

Удосконалення цієї системи може бути досягнуто шляхом інтеграції з більшою кількістю функцій, таких як додавання камери безпеки, розумного дверного замка, сповіщення про пожежну тривогу та багато інших речей.

## РОЗДІЛ 3

### ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

#### 3.1. Підготовка перед початком експлуатації системи

Перш ніж використовувати запропоновану систему дистанційного керування домашньою технікою за допомогою Raspberry Pi, необхідно виконати кілька підготовчих заходів для забезпечення безперебійної роботи та ефективної функціональності. Ця підготовка включає в себе налаштування основних компонентів та встановлення надійного мережевого з'єднання.

По-перше, необхідно придбати надійне джерело інтернет-з'єднання, наприклад, бездротове інтернет-з'єднання або кишеньковий роутер (див. розділ 2.3), щоб забезпечити необхідний доступ до інтернету для Raspberry Pi. Це з'єднання служить життєво важливим зв'язком між користувачем і системою, дозволяючи дистанційно керувати і контролювати домашню техніку. Стабільність і міцність інтернет-з'єднання безпосередньо впливають на швидкість реагування і надійність системи.

По-друге, потрібен пристрій Raspberry Pi, який слугуватиме центральним компонентом системи. Raspberry Pi функціонує як веб-сервер, SQL-сервер і блок управління, полегшуючи виконання команд, отриманих від користувача, і передаючи сигнали управління на Arduino.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3  ОСОБЛИВСТІ  ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ			Літ.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Борзяк О.С.								6	31	
Керівник		Донченко В.Ю.						ЛНУ  Кафедра ІТС, Гр.4КІ				
Реценз.		Козуб Ю.Г.										
Н. Контр.												
Зав. каф.		Семенов М.А.										

Для забезпечення віддаленого доступу до Raspberry Pi можна скористатися таким сервісом, як Dataplicity. Dataplicity дозволяє користувачам встановлювати віддалені з'єднання з Raspberry Pi з будь-якої точки світу, без необхідності складних конфігурацій, таких як DynDNS, VPN, статичні IP-адреси або перенаправлення портів.

Крім того, система потребує розробки веб-графічного інтерфейсу користувача (GUI), який дозволяє користувачам віддалено керувати та контролювати прилади. Цей інтерфейс, доступний за унікальною URL-адресою, присвоєною кожному Raspberry Pi, забезпечує інтуїтивно зрозумілу та зручну платформу для управління станом приладів та виконання команд. Графічний інтерфейс повинен також включати механізми автентифікації для забезпечення безпечного доступу та захисту системи від несанкціонованого управління.

У поєднанні з Raspberry Pi, Arduino використовується для керування релейними перемикачами, що відповідають за вмикання та вимикання електроживлення побутових приладів. Arduino взаємодіє з Raspberry Pi через послідовний зв'язок, що дозволяє Pi ефективно передавати команди та інструкції на Arduino. Релейні перемикачі діють як посередники між Arduino та приладами, дозволяючи системі контролювати потік живлення до кожного пристрою на основі команд користувача.

Крім того, для вирішення потенційних проблем, спричинених скиданням Arduino під час послідовного зв'язку, використовується конденсатор, який запобігає ненавмисному скиданню. Завдяки включенню конденсатора в ланцюг, система гарантує, що Arduino залишається стабільною і зберігає свій стан навіть після кожного циклу послідовного зв'язку.

Нарешті, дуже важливо реалізувати механізм перезапуску для забезпечення надійності системи та збереження попереднього стану пристроїв у разі збоїв живлення або перезавантаження сервера.

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовується скрипт на мові Python, який автоматично запускається після перезавантаження сервера, відновлюючи попередній стан пристроїв. Цей механізм захищає від перебоїв у роботі та забезпечує безперебійний користувацький досвід, гарантуючи, що пристрої зберігають бажані конфігурації навіть після несподіваних перезавантажень системи.

Здійснивши цю необхідну підготовку, пропонована система може бути ефективно розгорнута для дистанційного керування домашньою технікою. Завдяки своїй економічності, зручності та простоті використання, система пропонує можливості масштабування та інтеграції, що дозволяє включати додаткові функції, такі як камери спостереження, розумні дверні замки та сповіщення про пожежну тривогу. Такі нововведення надають користувачам всебічний контроль над своїми електричними пристроями, забезпечуючи підвищену зручність, безпеку та можливості автоматизації.

Окрім вищезгаданих підготовчих заходів, є ще кілька аспектів, які можна врахувати для підвищення функціональності та продуктивності пропонованої системи дистанційного керування домашньою технікою за допомогою Raspberry Pi. Ці аспекти включають заходи безпеки, розширюваність та інтеграцію з додатковими функціями.

Одним з найважливіших аспектів є безпека системи. Оскільки система передбачає віддалений доступ і керування домашньою технікою, важливо впровадити надійні заходи безпеки, щоб запобігти несанкціонованому доступу та забезпечити конфіденційність і безпеку користувачів. Цього можна досягти шляхом впровадження безпечних механізмів автентифікації, таких як перевірка імені користувача та пароля, або навіть більш просунутих методів, таких як двофакторна автентифікація. Крім того, впровадження протоколів шифрування для передачі даних між інтерфейсом користувача і Raspberry Pi може захистити від потенційного підслуховування або маніпулювання даними.

					<i>ITS.4KI.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб забезпечити розширюваність і відповідати майбутнім потребам, архітектура системи повинна бути модульною і легко масштабованою. Це означає, що базові програмні та апаратні компоненти повинні бути адаптивними і здатними включати в себе додаткові пристрої або функції без значних змін в існуючій системі. Така гнучкість дозволяє користувачам легко інтегрувати нові пристрої або функції в систему в міру того, як змінюються їхні вимоги.

Крім того, інтеграція запропонованої системи з додатковими технологіями та функціями може відкрити додаткові переваги та можливості автоматизації. Наприклад, включення датчиків температури, вологості або виявлення руху може дозволити системі інтелектуально реагувати на умови навколишнього середовища або присутність користувача. Інтеграція з системою камер відеоспостереження може забезпечити моніторинг приміщень у режимі реального часу та підвищити загальний рівень безпеки. Крім того, підключення системи до розумного механізму дверного замка може дозволити користувачам дистанційно керувати доступом до свого будинку або навіть налаштувати автоматизовані протоколи входу.

Крім того, включення в систему алгоритмів машинного навчання або штучного інтелекту може забезпечити розширені можливості автоматизації та прогнозування. Аналізуючи шаблони користувачів, дані про використання приладів та фактори навколишнього середовища, система може навчатися та адаптуватися до вподобань користувача, оптимізувати енергоспоживання та пропонувати персоналізовані програми автоматизації.

Слід також приділити увагу моніторингу системи та обробці помилок. Впровадження механізмів реєстрації системних подій, моніторингу продуктивності Raspberry Pi та Arduino, а також генерування попереджень або сповіщень у разі виникнення помилок або несправностей

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

допоможе забезпечити надійну роботу системи. Це дозволяє своєчасно усувати несправності та проводити технічне обслуговування, мінімізувати час простою та підвищити задоволеність користувачів.

Нарешті, надання чіткої документації, посібників користувача та інструкцій з усунення помилок може значно допомогти користувачам зрозуміти та ефективно використовувати систему. Ця документація повинна охоплювати такі аспекти, як інструкції з початкового налаштування, конфігурація системи, усунення поширених несправностей, а також вказівки щодо інтеграції додаткових функцій або пристроїв. Чітка та вичерпна документація покращує досвід користувача, сприяє адаптації системи та спрощує процеси обслуговування та підтримки.

Враховуючи ці додаткові аспекти, запропонована система може стати ще більш комплексним і надійним рішенням для дистанційного керування домашньою технікою. Вона дозволяє користувачам мати більший контроль, автоматизацію та безпеку в управлінні домашнім середовищем, забезпечуючи зручність, енергоефективність та душевний спокій.

Досвід впровадження показує, що запропонована система зручніша, простіша у використанні, дешевша, ніж існуючі на сьогоднішній день. Наша система потребує дуже низької пропускної здатності для синхронізації з користувачем. Тут Raspberry Pi працює як вбудований веб-сервер для розміщення панелі керування пристроєм через Dataplicity. Можливість переадресації портів досягається за допомогою Datplicity. Це більш ефективний спосіб, ніж інші методи переадресації портів, надійний і майже безкоштовний. При використанні переадресації портів для доступу до пристроїв у локальній мережі без Інтернету, кожному з них потрібен окремий вхідний TCP-порт через роутер. Для Dataplicity це не потрібно. При увімкненні Wormhole веб-сервіс, розміщений на Pi, буде виведено безпосередньо в глобальну мережу Інтернет. Після цього виникне питання

					<i>ITC.4KI.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4



про безпеку. У цьому випадку NGINX працює на порту 80 безпосередньо з вашого Pi. Червоточина слухає тільки на localhost, тому нам не потрібно відкривати порт 80 безпосередньо з Pi у світ, навіть якщо це не є небезпечним за своєю суттю.

Крім того, запропонована система дає кращу продуктивність, оскільки до нашого пристрою можна отримати доступ без Інтернету локально через локальну мережу. Крім того, система є достатньо безпечною, оскільки всі дані зберігаються та маніпулюються через Raspberry Pi.

Якщо, на жаль, відключили електроенергію, і коли вона повернеться, наш сервер автоматично буде онлайн протягом короткого часу (від 45 до 90 секунд). Однак, використовуючи лише 5-вольтову резервну батарею, сервер завжди можна підтримувати в робочому стані.

### **3.2. Організація процесу роботи системи у багатоквартирному будинку**

Впровадження запропонованої системи дистанційного керування побутовою технікою за допомогою Raspberry Pi в багатоквартирному будинку вимагає ретельного підходу до організації та координації її роботи. Система повинна бути спроектована з урахуванням специфічних потреб і динаміки багатоквартирного будинку, включаючи кілька квартир, мешканців і місць загального користування. Нижче наведено огляд організації процесу експлуатації системи в багатоквартирному будинку.

Для успішної реалізації запропонованої системи дистанційного керування побутовою технікою в багатоквартирному будинку вирішальне значення має ретельне планування інфраструктури системи. Цей етап планування включає в себе оцінку кількості квартир і місць загального користування в будинку, визначення центрального місця для розміщення сервера Raspberry Pi та іншого обладнання, а також організацію установки

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мережевої інфраструктури для встановлення надійного і високошвидкісного мережевого з'єднання в усьому будинку. Крім того, слід врахувати будь-які додаткові вимоги до обладнання для забезпечення належного покриття Wi-Fi у всіх приміщеннях.

Для цього необхідно провести ретельну оцінку багатоквартирного будинку, щоб визначити кількість окремих квартир і місць загального користування, таких як вестибюлі, спортзали, пральні або зони загального користування.

Така оцінка дасть уявлення про масштаб і сферу застосування системи, що дозволить здійснити відповідне планування та розподіл ресурсів.

Після цього необхідно визначити центральне місце в будівлі для розміщення сервера Raspberry Pi та іншого необхідного обладнання. Центральне місце розташування має бути легкодоступним і добре сполученим, забезпечуючи ефективний зв'язок з усіма підрозділами в будівлі. При виборі центрального приміщення рекомендується враховувати такі фактори, як фізична безпека, контроль температури та наявність джерел живлення.

Подальше планування мережевої інфраструктури охоплює наступні кроки:

1. Планування встановлення компонентів мережевої інфраструктури, включаючи маршрутизатори, комутатори та кабелі, щоб створити міцну та надійну мережу в будівлі.

2. Визначення оптимальне розміщення мережевих пристроїв для забезпечення максимального покриття та зв'язку. Для цього необхідно врахувати особливості планування будівлі, потенційні фактори перешкод (наприклад, стіни, підлога) та кількість пристроїв, які будуть підключені до мережі.

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Мережева інфраструктура повинна бути забезпечувати надійне та високошвидкісне підключення до Інтернету для всіх підрозділів у будівлі. Тому, необхідним стає оцінити пропуску здатність, виходячи з кількості мешканців, потенційного одночасного використання та типу приладів.

У цьому контексті доречним буде використання оптоволоконних з'єднань або високошвидкісних широкосмугових послуг для підтримки продуктивності системи.

Ретельно спланувавши системну інфраструктуру, багатоквартирний будинок може створити надійне та надійне мережеве середовище для підтримки дистанційного керування домашніми приладами. Цей етап планування гарантує, що сервер Raspberry Pi та інше необхідне обладнання буде розташоване в центрі, доступне і добре підключене, а також враховує такі фактори, як покриття мережі та вимоги до пропускну здатності. Добре продумана інфраструктура системи створює основу для безперебійного зв'язку та оптимальної функціональності, покращуючи загальний досвід мешканців та сприяючи ефективному контролю над їхніми домашніми приладами.

Реалізація запропонованої системи дистанційного керування побутовою технікою в багатоквартирному будинку також вимагає спеціалізованого встановлення та налаштування пристроїв Raspberry Pi в кожній квартирі. Ці пристрої виконують функції блоків управління та веб-серверів, що дозволяє мешканцям дистанційно керувати своїми побутовими приладами та отримувати доступ до функцій системи. Нижче описано процес налаштування пристроїв Raspberry Pi у квартирах.

Кожна квартира обладнана пристроєм Raspberry Pi, стратегічно встановленим у центральному місці, що забезпечує зручний доступ для мешканців. Важливо забезпечити надійне кріплення пристрою Raspberry Pi, щоб захистити його від фізичного пошкодження або несанкціонованого

					<i>ITC.4KI.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

втручання. Пристрої Raspberry Pi підключені до мережевої інфраструктури багатоквартирного будинку, що полегшує підключення до Інтернету.

Кабелі Ethernet або Wi-Fi з'єднання використовуються в залежності від конкретних налаштувань мережі, доступних у кожній квартирі. Мережеве з'єднання має бути надійним і стабільним, забезпечуючи безперебійний зв'язок з центральним сервером.

Для встановлення безпечного доступу та зв'язку між пристроями Raspberry Pi та центральним сервером застосовуються надійні заходи безпеки. Брандмауери, протоколи шифрування та контроль доступу використовуються для захисту системи від несанкціонованого доступу та потенційних загроз. Для шифрування даних, що передаються між пристроями Raspberry Pi та центральним сервером, використовуються захищені протоколи зв'язку, такі як HTTPS.

Інтерфейс користувача на кожному пристрої Raspberry Pi ретельно налаштований, щоб забезпечити мешканцям безперешкодний контроль над їхніми домашніми приладами та доступ до системних функцій. Розширені функції, включаючи моніторинг стану, можливості планування та відстеження енергоспоживання, інтегровані для покращення загального користувацького досвіду.

Побутова техніка в кожній квартирі підключається до пристроїв Raspberry Pi, встановлюючи необхідні канали управління та зв'язку. Залежно від типу приладу, для забезпечення сумісності та безперешкодної інтеграції можуть використовуватися прямі з'єднання з пристроями Raspberry Pi або проміжні пристрої, такі як реле або розумні вилки.

Завдяки реалізації цих кроків кожна квартира в будинку обладнана пристроєм Raspberry Pi, який виконує функції блоку управління та веб-сервера. Це дає змогу мешканцям дистанційно керувати своїми домашніми приладами та отримувати доступ до системних функцій. Пристрої Raspberry Pi надійно підключені до мережевої інфраструктури будинку,

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

що забезпечує надійний доступ та зв'язок. Налаштовуючи зручні інтерфейси, мешканці можуть легко взаємодіяти з системою, підвищуючи зручність та забезпечуючи ефективний і безперебійний користувацький досвід.

Окрім окремих квартир, важливо враховувати облаштування місць загального користування в будівлі, таких як вестибюлі, спортзали або пральні, де може знадобитися централізоване управління та моніторинг приладів.

Для початку проведемо комплексну оцінки будівлі, щоб визначити конкретні місця загального користування, де потрібен централізований контроль і моніторинг приладів. Прикладами таких приміщень можуть бути вестибюлі, спортзали, пральні та інші місця загального користування. Важливо визначити конкретні прилади в цих місцях загального користування, які необхідно інтегрувати в систему.

Щоб уможливити централізований контроль і моніторинг, у визначених місцях спільного користування встановлюються додаткові пристрої Raspberry Pi або спеціальні панелі керування. Ці блоки управління слугують інтерфейсом, за допомогою якого мешканці можуть отримати доступ до приладів у цих зонах та керувати ними. Розміщення блоків управління повинно бути ретельно продумано, щоб забезпечити доступність і зручність для мешканців, які користуються цими спільними об'єктами.

Між блоками управління в загальних приміщеннях і головним сервером встановлюється надійне і безпечне з'єднання. Це з'єднання полегшує синхронізацію між блоками керування та головним сервером, забезпечуючи узгодженість станів приладів та команд користувача. Протоколи зв'язку, такі як MQTT або WebSocket, забезпечують обмін даними в режимі реального часу та безперебійну передачу команд.

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пульти управління в місцях спільного користування оснащені зручним інтерфейсом, який дозволяє мешканцям інтуїтивно отримувати доступ до приладів і керувати ними. Дизайн інтерфейсу враховує специфічні вимоги кожного спільного простору, наприклад, різні типи приладів або спеціалізовані опції керування. Адаптуючи користувацький інтерфейс відповідним чином, мешканці можуть легко орієнтуватися в системі та взаємодіяти з нею для ефективного керування спільними приладами.

У приміщеннях спільного користування також повинно бути впроваджено можливості моніторингу для відстеження стану та використання приладів. Ця система моніторингу надає цінні дані для управління об'єктом і технічного обслуговування, уможливорюючи проактивне технічне обслуговування та забезпечуючи оптимальну роботу приладів спільного користування. Регулярне технічне обслуговування та оновлення проводяться для забезпечення надійності та функціональності блоків управління в місцях спільного користування.

Механізми автентифікації користувачів та контролю доступу відіграють вирішальну роль у забезпеченні безпеки системи та збереженні конфіденційності користувачів. Наступні міркування є важливими в цьому відношенні. Надійний механізм автентифікації використовується для перевірки особи користувачів перед наданням доступу до системи. Це може включати різні методи, такі як автентифікація за іменем користувача/паролем, двофакторна автентифікація або інтеграція з існуючими системами управління користувачами для забезпечення найвищого рівня безпеки.

Необхідні розробити різні рівні доступу та дозволи залежно від їхніх ролей та обов'язків. Це гарантує, що доступ до певних функцій або конфіденційної інформації обмежений лише для уповноваженого

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

персоналу. Для підтримання належних привілеїв доступу проводяться регулярні перевірки та оновлення прав доступу користувачів.

Для шифрування даних, що передаються між інтерфейсом користувача та сервером, використовуються захищені канали зв'язку, такі як HTTPS. Це забезпечує захист конфіденційної інформації, включаючи облікові дані користувача та командні дані, від несанкціонованого перехоплення або підробки.

Впроваджено функції управління обліковими записами, що дозволяють користувачам безпечно створювати свої облікові записи та керувати ними. Крім того, для цілей аудиту ведеться повний журнал дій і команд користувачів, що підвищує підзвітність і полегшує відстеження.

Враховуючи міркування, пов'язані з налаштуванням спільного простору, автентифікацією користувачів та контролем доступу, запропонована система може ефективно забезпечити безпечне та зручне середовище для мешканців для керування приладами у спільних приміщеннях. Належна установка блоків управління в цих зонах, синхронізація з головним сервером і впровадження надійних механізмів автентифікації користувачів забезпечують безперебійну роботу користувачів, одночасно підвищуючи загальну функціональність і ефективність системи. Враховуючи ці міркування, пов'язані з налаштуванням спільного простору, автентифікацією користувачів і контролем доступу, система може забезпечити безпечне і зручне середовище для мешканців для управління електроприладами в місцях спільного користування. Правильна установка блоків управління в цих зонах, синхронізація з головним сервером і впровадження механізмів автентифікації користувачів забезпечують безперебійну роботу користувачів і підвищують загальну функціональність і ефективність системи.

Отже, організувавши процес експлуатації системи в багатоквартирному будинку, мешканці можуть користуватися перевагами дистанційного керування приладами, енергоефективності та підвищеної зручності. Система забезпечує централізовану та зручну платформу для управління приладами, сприяючи створенню більш комфортного та ефективного середовища проживання для всіх мешканців, а також ефективному управлінню енергоспоживанням та оптимізації ресурсів у будівлі.

					<i>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



## ВИСНОВКИ

Виходячи з нашого досвіду, очевидно, що запропонована система пропонує чудову зручність, простоту використання та економічну ефективність у порівнянні з існуючими сучасними рішеннями. Наша система вимагає мінімальної пропускної здатності для синхронізації з користувачем, використовуючи Raspberry Pi як вбудований веб-сервер для розміщення панелі управління пристроями через Dataplicity. Використання Dataplicity полегшує переадресацію портів більш ефективним, надійним і економічно вигідним способом, ніж інші методи.

На відміну від традиційного перенаправлення портів, яке вимагає окремих вхідних TCP-портів для кожного пристрою в локальній мережі, Dataplicity усуває цю вимогу. Увімкнувши Wormhole, веб-сервіс, розміщений на Pi, стає безпосередньо доступним через Інтернет. Однак у цьому сценарії виникають проблеми з безпекою. Щоб вирішити цю проблему, NGINX запускається на порту 80 безпосередньо з Pi, а wormhole слухає тільки на localhost, усуваючи необхідність відкривати порт 80 для зовнішнього світу. Хоча це може здатися небезпечним, конфігурація NGINX дозволяє базову автентифікацію HTTP, що гарантує, що для доступу до веб-сайтів потрібен пароль.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наскільки нам відомо, найбільш поширена конфігурація технології розумного будинку передбачає використання Microsoft Azure. У подібних системах бази даних зберігаються в хмарі Microsoft Azure, що робить її недоступною без підключення до Інтернету. Це обмеження знижує її ефективність та доступність. На противагу цьому, запропонована нами система пропонує підвищену продуктивність, оскільки доступ до неї можна отримати локально через локальну мережу, не покладаючись на інтернет. Крім того, наша система забезпечує достатній рівень безпеки, оскільки все зберігання даних і маніпуляції з ними здійснюються через Raspberry Pi.

У разі відключення електроенергії наш сервер автоматично перезавантажиться протягом короткого періоду часу (зазвичай від 45 до 90 секунд). Швидкість цього процесу залежить від початкової реакції Dataplicity. Завдяки включенню 5-вольтової резервної батареї наша система залишається економічною, зручною та простою у використанні. Більше того, вся система розроблена таким чином, щоб її можна було масштабувати відповідно до вимог користувача. Крім того, люди з обмеженими можливостями можуть легко керувати системою за допомогою голосових команд.

Для подальшого розширення можливостей цієї системи може бути реалізована інтеграція з додатковими функціями, такими як камери спостереження, розумні дверні замки, сповіщення про пожежну тривогу та інші пристрої. Такий комплексний контроль над кожним електричним пристроєм дає можливість користувачам ефективно та раціонально керувати своїм середовищем

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дворяк Д. В., Пилипенко Ю. М. Розумний будинок на основі мікропроцесорної платформи Arduino : thesis. 2021. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19207> (дата звернення: 02.06.2023).
2. Дударенко В. О. Розумний будинок на платформі Arduino : thesis. 2016. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/49041> (дата звернення: 02.06.2023).
3. Дужак І. О. «Розумний будинок». *Automation technological and business - processes*. 2014. Т. 13, № 13-14. URL: <https://doi.org/10.15673/2312-3125.13-14/2010.32920> (дата звернення: 02.06.2023).
4. Учасники проєктів Вікімедіа. Arduino uno – вікіпедія. *Vikimedia*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino\\_Uno](https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno) (дата звернення: 02.06.2023).
5. Чернявський П. О. Розробка користувацького інтерфейсу системи „Розумний будинок” : автореф. Thesis Abstract. 2018. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27162> (дата звернення: 02.06.2023)..
6. A., Adak A., Bhattacharjee S. Bluetooth based home automation system. *Ijireeice*. 2019. Vol. 7, no. 5. P. 8–10. URL: <https://doi.org/10.17148/ijireeice.2019.7502> (date of access: 02.06.2023)

**ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ**

					<b>ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Борзяк О.С.			<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>		
Керівник		Донченко В.Ю.					
Реценз.		Козуб Ю.Г.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Семенов М.А.					
						Літ.	Арк.
							69
						Акрушів	
						5	
						ЛНУ	
						Кафедра ІТС, Гр.4КІ	

7. Kubla F., Prehofer C., Gulp J. V. Towards a common sensor network API: practical experiences. *2008 international symposium on applications and the internet*, Turku, Finland, 28 July – 1 August 2008. 2008. URL: <https://doi.org/10.1109/saint.2008.60> (date of access: 02.06.2023).
8. A comparison of the popular home automation technologies / C. Withanage et al. *2014 IEEE innovative smart grid technologies - asia (ISGT ASIA)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 20–23 May 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1109/isgt-asia.2014.6873860> (date of access: 02.06.2023).
9. Ahmad S. Smart metering and home automation solutions for the next decade. *2011 international conference on emerging trends in networks and computer communications (ETNCC 2011)*, Udaipur, 22–24 April 2011. 2011. URL: <https://doi.org/10.1109/etncc.2011.5958516> (date of access: 02.06.2023).
10. Alheraish A. Design and implementation of home automation system. *IEEE transactions on consumer electronics*. 2004. Vol. 50, no. 4. P. 1087–1092. URL: <https://doi.org/10.1109/tce.2004.1362503> (date of access: 02.06.2023).
11. Bhargava B. Home automation using internet of things (IOT). *International journal for research in applied science and engineering technology*. 2019. Vol. 7, no. 4. P. 3648–3649. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.4611> (date of access: 02.06.2023).
12. Dataplicity. *Dataplicity: Remotely control your Raspberry Pi*. URL: <https://www.dataplicity.com/> (date of access: 02.06.2023).
13. Dawoud D. S., Dawoud P. INSTEON technology. *Serial communication protocols and standards*. New York, 2022. P. 451–486. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003339496-11> (date of access: 02.06.2023).

					<b>ITC.4KI.0323.03-ПЗ</b>	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 14.Design and implementation of smart cart using labview.*International journal of engineering and advanced technology*. 2019. Vol. 9, no. 2. P. 946–948. URL: <https://doi.org/10.35940/ijeat.a2056.129219> (date of access: 02.06.2023).
- 15.Energy management and smart control of home appliances / V. Nandhini et al. *Journal of physics: conference series*. 2020. Vol. 1706. P. 012087. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1706/1/012087> (date of access: 02.06.2023).
- 16.Fontichiaro K., Severance C. R. Raspberry pi. Cherry Lake Publishing, 2014.
- 17.Frenzel L. E. EnOcean. *Handbook of serial communications interfaces*. 2016. P. 289–290. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800629-0.00076-0> (date of access: 02.06.2023).
- 18.GitHub - pyserial/pyserial: python serial port access library. *GitHub*. URL: <https://github.com/pyserial/pyserial> (date of access: 02.06.2023).
- 19.Home appliance control system over bluetooth with a cellular phone / H. Kanma et al. *IEEE transactions on consumer electronics*. 2003. Vol. 49, no. 4. P. 1049–1053. URL: <https://doi.org/10.1109/tce.2003.1261194> (date of access: 02.06.2023).
- 20.Implementing an advanced meter reading infrastructure using a z-wave compliant wireless sensor network. *IEEE Xplore*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6028316> (date of access: 02.06.2023).
- 21.Liu W.-H. E., Liu K., Pearson D. Consumer-centric smart grid. *2011 IEEE PES innovative smart grid technologies (ISGT)*, Anaheim, CA, USA, 17–19 January 2011. 2011. URL: <https://doi.org/10.1109/isgt.2011.5759170> (date of access: 02.06.2023).

22. Membrey P., Hows D. Managing your pi. *Learn raspberry pi with linux*. Berkeley, CA, 2013. P. 129–148. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4822-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4822-4_7) (date of access: 02.06.2023).
23. Reza Khan S., Sultana Dristy F. Android based security and home automation system. *The international journal of ambient systems and applications*. 2015. Vol. 3, no. 1. P. 15–24. URL: <https://doi.org/10.5121/ijasa.2014.3102> (date of access: 02.06.2023).
24. Seamless integration of heterogeneous devices and access control in smart homes and its evaluation / J. E. Kim et al. *Intelligent buildings international*. 2015. Vol. 9, no. 1. P. 23–39. URL: <https://doi.org/10.1080/17508975.2015.1018116> (date of access: 02.06.2023).
25. Sha S., Kaur H. Simulation study of zigbee and enocean home automation standards. *International journal of advanced research in electrical, electronics and instrumentation engineering*. 2014. Vol. 03, no. 09. P. 11711–11719. URL: <https://doi.org/10.15662/ijareeie.2014.0309004> (date of access: 02.06.2023).
26. Shovic J. C. Sensing your IOT environment. *Raspberry pi iot projects*. Berkeley, CA, 2016. P. 9–61. URL: [https://doi.org/10.1007/978-1-4842-1377-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4842-1377-3_2) (date of access: 02.06.2023).
27. Smart House Control using LabVIEW / S. Angalaeswari et al. *Journal of physics: conference series*. 2020. Vol. 1716. P. 012004. URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1716/1/012004> (date of access: 02.06.2023).
28. Smith W. A. Ultimate arduino uno hardware manual. Elektor International Media BV, 2020. 195 p.
29. Uno плати ардуино. *Ардуино в Україні*. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (дата звернення: 02.06.2023).

30. Welcome to python.org. *Python.org*. URL: <https://www.python.org/> (date of access: 02.06.2023).

31. Wi-Fi роутер huawei E5330. URL: <https://3gstar.com.ua/wifi-router-huawei-e5330-p-594.html>.

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Підключення веб-інтерфейсу через Flask та Pyresial

```
from flask import Flask, render_template, request
import serial

# Initialize Flask app
app = Flask(__name__)

# Initialize serial connection to Arduino
ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600) # Replace with your Arduino's serial
port

# Home devices dictionary
devices = {
    'light_1': False,
    'light_2': False,
    'fan': False
}

# Home page route
@app.route('/')
def home():
    return render_template('index.html', devices=devices)

# Device control route
@app.route('/control', methods=['POST'])
def control():
    device = request.form['device']
```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



```

action = request.form['action']

if device in devices:
    if action == 'on':
        devices[device] = True
        send_signal(device, 'on')
    elif action == 'off':
        devices[device] = False
        send_signal(device, 'off')

return render_template('index.html', devices=devices)

```

# Function to send signals to Arduino

```
def send_signal(device, action):
```

```
    if device == 'light_1':
```

```
        if action == 'on':
```

```
            ser.write(b'1')
```

```
        elif action == 'off':
```

```
            ser.write(b'2')
```

```
    elif device == 'light_2':
```

```
        if action == 'on':
```

```
            ser.write(b'3')
```

```
        elif action == 'off':
```

```
            ser.write(b'4')
```

```
    elif device == 'fan':
```

```
        if action == 'on':
```

```
            ser.write(b'5')
```

```
        elif action == 'off':
```

```
            ser.write(b'6')
```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
# Run the Flask app
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)
```

					ITC.4Kl.0323.03-ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Б. Підключення веб-інтерфейсу через Dataplicity

```
import requests
import serial
from flask import Flask, render_template, request

# Initialize Flask app
app = Flask(__name__)

# Initialize serial connection to Arduino
ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0', 9600) # Replace with your Arduino's serial
port

# Dataplicity URL for remote access
dataplicity_url = 'https://your_dataplicity_url'

# Home devices dictionary
devices = {
    'light_1': False,
    'light_2': False,
    'fan': False
}

# Home page route
@app.route('/')
def home():
    return render_template('index.html', devices=devices)

# Device control route
@app.route('/control', methods=['POST'])
```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

def control():
    device = request.form['device']
    action = request.form['action']

    if device in devices:
        if action == 'on':
            devices[device] = True
            send_signal(device, 'on')
        elif action == 'off':
            devices[device] = False
            send_signal(device, 'off')

    return render_template('index.html', devices=devices)

```

# Function to send signals to Arduino

```
def send_signal(device, action):
```

```
    if device == 'light_1':
```

```
        if action == 'on':
```

```
            ser.write(b'1')
```

```
        elif action == 'off':
```

```
            ser.write(b'2')
```

```
    elif device == 'light_2':
```

```
        if action == 'on':
```

```
            ser.write(b'3')
```

```
        elif action == 'off':
```

```
            ser.write(b'4')
```

```
    elif device == 'fan':
```

```
        if action == 'on':
```

```
            ser.write(b'5')
```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

elif action == 'off':
    ser.write(b'6')

# Function to authenticate with Dataplicity
def authenticate():
    auth_url = dataplicity_url + '/authenticate'
    response = requests.get(auth_url)
    return response.json()['token']

# Run the Flask app
if __name__ == '__main__':
    # Authenticate with Dataplicity
    token = authenticate()
    print('Authenticated with Dataplicity')

    # Open a tunnel to the local Flask app using Dataplicity
    tunnel_url = dataplicity_url + '/tunnels/{ }'.format(token)
    response = requests.post(tunnel_url)
    if response.status_code == 200:
        print('Tunnel opened successfully')
    else:
        print('Failed to open tunnel')

app.run(debug=True)

```

## Додаток В. CSS стилістика для елементів веб-інтерфейсу (iPhone-версія)

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>Web Interface</title>
  <style>
    /* CSS styles */
    /* Ellipse 14 */
    .ellipse-14 {
      position: absolute;
      width: 933px;
      height: 933px;
      left: 768px;
      top: -393px;
      background: rgba(43, 147, 72, 0.5);
      background-blend-mode: overlay;
      filter: blur(200px);
    }

    /* Ellipse 16 */
    .ellipse-16 {
      position: absolute;
      width: 693px;
      height: 693px;
      left: 605px;
      top: 725px;
      background: rgba(170, 204, 0, 0.5);
      background-blend-mode: overlay;
```

					ITC.4Kl.0323.03-ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
filter: blur(200px);  
}
```

```
/* Ellipse 17 */
```

```
.ellipse-17 {  
    position: absolute;  
    width: 693px;  
    height: 693px;  
    left: -278px;  
    top: -153px;  
    background: rgba(170, 204, 0, 0.2);  
    background-blend-mode: overlay;  
    filter: blur(200px);  
}
```

```
/* iPhone 13 / 13 Pro - 3 */
```

```
.iphone-3 {  
    position: absolute;  
    width: 390px;  
    height: 844px;  
    left: 281px;  
    top: 69px;  
    background: #FFFFFF;  
    border-radius: 40px;  
}
```

```
/* iPhone 13 / 13 Pro - 4 */
```

```
.iphone-4 {  
    position: absolute;
```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

```

width: 390px;
height: 844px;
left: 845px;
top: 69px;
background: linear-gradient(0deg, #2C2C2C, #2C2C2C), #FFFFFF;
border-radius: 40px;
}
</style>
</head>
<body>
<!-- HTML structure -->
<div class="ellipse-14"></div>
<div class="ellipse-16"></div>
<div class="ellipse-17"></div>
<div class="iphone-3"></div>
<div class="iphone-4"></div>
</body>
</html>

```

					ITC.4Kl.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9