

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Ігор ШЕЛЕХОВ

\_\_\_\_\_ червня 2023р. \_\_\_\_\_

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 122 – Комп'ютерних наук

освітньо-професійної програми “Інформатика”

на тему: “Апаратно-програмний комплекс керування безпекою розумного будинку”

здобувача групи ІН-94-1 Харченка Богдана Олександровича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Богдан ХАРЧЕНКО

Науковий керівник,

кандидат фізико-математичних наук,

старший викладач кафедри

комп'ютерних наук

Дмитро ВЕЛИКОДНИЙ \_\_\_\_\_

Суми - 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Ігор ШЕЛЕХОВ

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 122 - Комп'ютерних наук, освітньо-професійної програми

«Інформатика»

здобувача групи ІН-94-1 Харченка Богдана Олександровича

1. Тема роботи: «Апаратно-програмний комплекс керування безпекою розумного будинку»

затверджую наказом по СумДУ від \_\_\_\_\_

2. Термін здачі здобувачем кваліфікаційної роботи до 09 червня 2023 року

3. Вхідні дані до кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

1) огляд систем розумного будинку; 2) постановка завдання для розробки;

3) створення апаратного забезпечення розумного будинку на основі Arduino;

4) налаштування та тестування системи розумного будинку.

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

6. Консультанти до проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Керівник \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Огляд систем розумного будинку		
2	Постановка завдання для розробки		
3	Створення апаратного забезпечення розумного будинку на основі Arduino		
4	Налаштування та тестування системи розумного будинку		

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

**Записка:** с. 47, рис. 38, додаток 1, джерел 14.

**Обґрунтування актуальності теми роботи** – тема кваліфікаційної роботи є актуальною, так як присвячена створенню апаратно-програмного комплексу системи керування безпекою розумного будинку, котра зараз активно розвивається по всьому світу завдяки сучасним технологіям.

**Об’єкт дослідження** — комплекс системи керування розумним будинком.

**Мета роботи** — проектування на базі платформи Arduino апаратно-програмної системи керування безпекою розумного будинку.

**Методи дослідження** — моделювання апаратно-програмної системи керування безпекою в симуляторі Cisco Packet Tracer.

**Результати** — створено та налаштовано на основі Arduino апаратно-програмний комплекс керування безпекою розумного будинку, користуючись офіційним програмним забезпеченням для моделювання систем Cisco Packet Tracer та інтегрованим середовищем розробки Arduino IDE, а також спроектовано макет розумного будинку.

CISCO PACKET TRACER,  
КЕРУВАННЯ БЕЗПЕКОЮ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК,  
ARDUINO

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	7
1.1 Переваги створення систем розумного будинку .....	7
1.2 Системи безпеки розумного будинку .....	9
1.3 Огляд готових рішень .....	12
1.4 Постановка задачі .....	17
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ</b> .....	18
2.1 Проєктування в Cisco Packet Tracer.....	18
2.2 Характеристики та опис компонентів .....	21
<b>3 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ БЕЗПЕКИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	26
3.1 Проєктування апаратного забезпечення розумного будинку на базі платформи Arduino .....	26
3.2 Налаштування та тестування комплексу керування безпекою розумного будинку .....	36
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	42
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	43
<b>ДОДАТОК</b> .....	45

## ВСТУП

З часом технології продовжують розвиватися і тим самим змінювати наше повсякденне життя, тому інтеграція та автоматизація для дому стають більш поширеними. І як з іншими галузями IT-індустрії, цей напрям почали детально вивчати компанії на чолі з інженерами та науковцями, тому для зручності був створений термін розумний дім, але варто зазначити, що функціональність і особливості розумного будинку можуть доволі сильно відрізнятись.

Наприклад, спільним серед таких будинків є те, що більшість побутових електричних пристроїв та пристроїв освітлення і безпеки з'єднані через мережу Інтернет. Тому користувач має можливість віддалено отримувати доступ до підключених пристроїв і керувати ними через додаток на смартфоні або планшеті, котрий відправляє команди центральному пристрою розумного будинку. А ось додаткові можливості керування, наприклад, за допомогою голосу чи натискання кнопки, чи дистанційне здійснення заздалегідь вказаних дій у визначений час, наявне у систем середнього та високого рівню. До того ж, стабільність роботи та легкість налаштування цих функцій також є змінними параметрами.

Також, окрім підвищення повсякденної зручності, система розумного будинку допомагає зменшити використання електроенергії та природних ресурсів, а також може наводити більш деталізовану інформацію про використання тих чи інших ресурсів.

Тож хоч для більшості людей розумний будинок здається тимчасовим захопленням або марнотратством, насправді щорічно він захоплює все більшу частку ринку IT.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

## 1.1 Переваги створення систем розумного будинку

Історія розумного будинку почалась ще в минулому столітті. Майже 60 років тому мережеве життя почало значно розвиватися з комерційного сектора, тому з самого початку для розумного будинку були важливі такі основні параметри як базування на відкритих технічних стандартах, легке розширення і орієнтація на майбутнє. Ще в 1939 році в американському журналі «Популярна механіка» з'явилася стаття про «Електричний будинок майбутнього». У ній автор, Джордж Бухер, описує розумний дім, котрий зустрічає гостей особисто через домофон та автоматично відкриває їм двері, а внутрішнє та зовнішнє освітлення змінюється відповідно до потреб мешканців.

Але повноцінні розумні будинки почали з'являтися лише в 1970-х роках. Передумовою цього стала поява програмованого логічного контролеру з виділенням центральним процесором в 1973 році, котрий використовується для керування всією підключеною периферією [1].

Наступним важливим етапом в розвитку індустрії розумних будинків є розробка відкритого стандарту шин EIB/KNX, котра почалась в 1991 році. Через 12 років компанії-засновники цього стандарту, а саме Berker, Jung, Gira, Merten і Siemens, прийняли його як обов'язковий до виконання в своїх компаніях. Стандарт описує правила функціонування та передачі даних щодо опалення, охолодження, вентиляції, затінення та освітлення між пристроями різних виробників, котрі можуть об'єднуватися в одну мережу [2].

Серед сучасного світу людині доводиться працювати над більш об'ємними та різноманітними завданнями. У зв'язку з швидким зростанням обсягу даних, потрібно оперативно аналізувати та відсіювати зайву інформацію, щоб засвоїти лише корисну та необхідну. В такому темпі виявляється досить просто забути, не помітити або сплутати щось. З метою уникнення таких недоліків, були розроблені

органайзери. Початково, це були прості паперові блокноти, але незабаром їх замінили електронні пристрої, які перевершили своїх попередників за функціональністю.

Коли зараз говорять про розумний будинок, у багатьох спочатку надходить на думку дім, в якому все контролює комп'ютер. Ця думка не зовсім точна. Справжнє визначення розумного будинку частіше відноситься до терміну домашня автоматизація. Це означає, що системи опалення, кондиціонування, освітлення, безпеки і багатьох побутових приладів в будинку можуть працювати автономно. Бездротова мережа Wi-Fi часто використовується для віддаленого моніторингу та управління всіма цими системами.

Отже, розумний будинок - це система, яка пропонує безпеку, ефективне використання ресурсів та комфорт для всіх мешканців. Зазвичай у розумному будинку є центральний процесор. Він виявляє конкретні ситуації, що відбуваються у домі, і реагує на них, керуючи роботою інших систем за допомогою заданих алгоритмів, наприклад, включення освітлення у коридорі при відкритті входних дверей. Завдяки цьому, в розумному будинку не потрібно використовувати багато окремих пультів для кожного пристрою, а також не потрібно шукати вимикачі світла в темряві.

Систему розумного будинку можна розглядати як окремі компоненти, що включають автоматизацію, ручне керування, мультимедіа та безпеку [3].

Автоматизація означає налаштування системи таким чином, щоб вона працювала, спираючись на рівень освітленості, час доби, температуру зовні та всередині приміщення.

Ручне керування включає в себе віддалене керування за допомогою комп'ютера, телефону, додатку для бездротового управління електронікою та можливості використання одного пульта керування для всіх пристроїв.

Мультимедіа складається із бездротового аудіо та відео і системи спостереження.



Безпека є одним з найважливіших параметрів під час вибору розумного будинку. Додаткові можливості встановити звукову сирену чи імітувати присутність господарів є дуже корисними [4].

## 1.2 Системи безпеки розумного будинку

Система розумного будинку може включати наступні компоненти:

- центральний пульт управління, який керує всіма датчиками та пристроями;
- внутрішні та зовнішні камери спостереження, детектори звуку та руху;
- термостати для управління системами опалення та охолодження, кнопки виклику служб екстреного реагування;
- системи управління якістю повітря та фільтрацією води;
- системи попередження про наявність диму та пожежі;
- системи попередження про наявність витoku води або загрозу замерзання, управління системою гарячого водопостачання;
- мобільний додаток, що дозволяє налаштовувати, перевіряти та обслуговувати систему.

Основні складові системи керування кліматом - це центральний термостат (рис. 1.1). Він керує окремими пристроями або проводить загальне керування в залежності від результатів роботи датчиків.



Рисунок 1.1 – Термостат

Також в системі керування кліматом використовуються компоненти нижчих рівнів, тобто термостати для окремих кімнат, певні контролери та виконавчі пристрої. Ці компоненти призначені для регулювання подачі теплоносія до радіаторів, водяних систем "теплих підлог" та інших пристроїв. За допомогою цього обладнання можна також контролювати роботу центральних кондиціонерів або локальних систем кондиціонування.

Більша частина термостатів вміє адаптуватися автоматично, налаштовуючись під умови зовнішнього середовища. Наприклад, якщо вранці температура зовні становила близько  $+3^{\circ}\text{C}$ , а згідно прогнозу наступного дня очікується  $-2^{\circ}\text{C}$ , термостат визначає, що для підтримки комфортної температури всередині будинку потрібно включити нагрів раніше.

Термостати дозволяють не обігрівати без потреби або не охолоджувати приміщення, якщо в будинку нікого немає. Наприклад, якщо мешканець затримується, то система отримує інформацію про те, що керуючий пристрій не знаходиться в зоні дії термостата. Тому в разі, якщо термостат визначить, що температура знизилась нижче встановленого мінімуму, котрий заздалегідь визначив власник для підтримання мінімальної температури всередині житла, то вмикається режим мінімальної підтримки температури, доки не прийде господар. Щойно він перетинає певний радіус, котрий також встановлений мешканцем, і наближається до будинку, всі функції розумного будинку активуються. Таким чином, до повернення додому підтримується певна температура, тому комфорт проживання підвищується і енергоресурси використовуються більш раціонально. Але такий функціонал присутній в більш функціональних термостатах, частіш за все вони виготовляються корпораціями, котрі спеціалізуються саме в сфері діяльності розумних будинків [5].

Сучасні системи розумного будинку дозволяють змінювати освітлення в залежності від рівня зовнішнього та внутрішнього освітлення або потреб мешканців, враховуючи, що і протягом дня може виникнути необхідність у коригуванні освітлення в окремих приміщеннях (рис. 1.2). Також можливо

налаштувати розклад зміни освітлення відповідно до годин дня, або в залежності від показників датчиків руху та освітленості. У цьому випадку освітлювальні прилади будуть активуватися в залежності від присутності людей або необхідності освітлення приміщень.

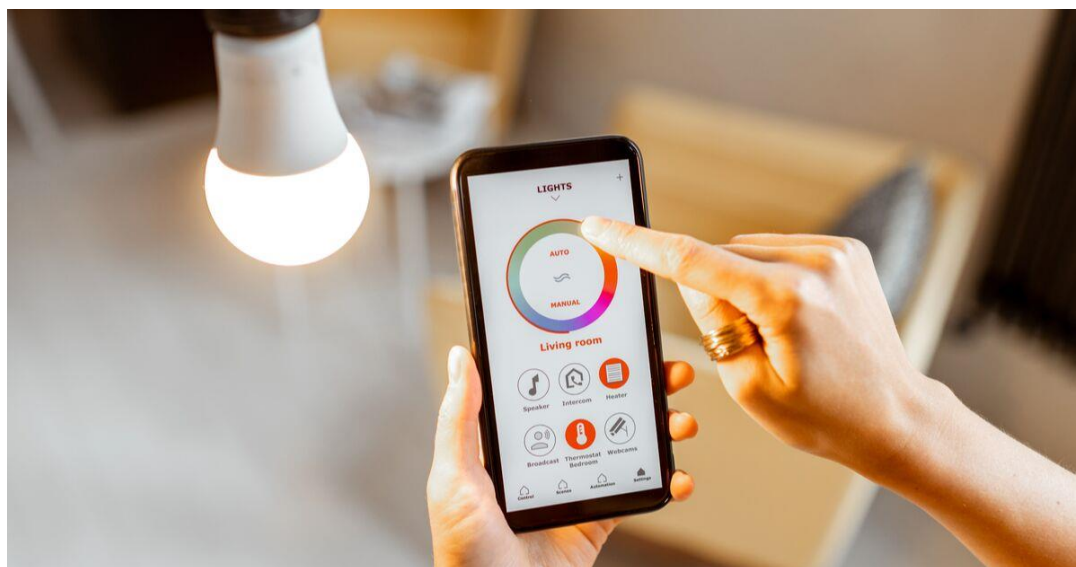


Рисунок 1.2 – Розумна лампа

Управління освітленням також може здійснюватися за допомогою сканера відбитку пальців, який розпізнає одного з господарів, що входить до помешкання, і на основі його вподобань система автоматично регулює рівень освітлення. Наприклад, якщо в приміщенні знаходиться кілька людей, система може автоматично збільшити світловий потік для забезпечення комфортного освітлення для всіх присутніх.

Керування освітленням в системі розумного будинку також пов'язане з управлінням шторами чи ролетами. Наприклад, відкриття штор або підняття ролет на сонячній стороні в спекотний день може значно збільшити навантаження на систему кондиціонування. У таких випадках для забезпечення комфортної температури буде потрібно подавати в приміщення повітря зниженої температури. Навпаки, закриття ролет або опускання штор дозволяє підвищити температуру подаваного повітря [6].

Система розумного будинку дає змогу контролювати освітлення всієї будівлі повністю. Крім того, можна перевірити і вимкнути освітлювальні прилади віддалено, наприклад, якщо мешканець у поспіху забув це зробити перед від'їздом.

### 1.3 Огляд готових рішень

Одним з популярних рішень на ринку є продукти компанії Ajax, наприклад, комплект для початківців StarterKit. Комплекс складається з центрального хаба, брелока з кнопкою увімкнення тривоги і двох датчиків: руху і відкриття дверей (рис. 1.3). Цього достатньо, щоб початково ознайомитись з роботою системи та базово контролювати невелике приміщення. Для старту центральний пристрій досить під'єднати до електричної мережі та мережі Інтернет [7]. Також комплект можливо розширити пристроями з лінійки бренду Ajax або інших виробників.



Рисунок 1.3 - Система Ajax StarterKit

Основні характеристики комплекту:

- мобільні застосунки: iOS 13.0+ та Android 5.0+;
- дальність зв'язку з датчиками: до 2000 м на відкритому просторі через бездротовий протокол Jeweller;

- блочне шифрування, засноване на алгоритмі AES;
- період опитування датчика: 12 - 300 секунд;
- тип з'єднання пристроїв: дротовий, бездротовий;
- канали зв'язку: Ethernet, GSM.

Центральний хаб Ajax є головним пристроєм. Він через захищений бездротовий протокол Jeweller з'єднує датчики між собою та контролює їх роботу (рис. 1.4). При виникненні небезпеки хаб надсилає СМС чи push-сповіщення або телефонує мешканцю будинку.



Рисунок 1.4 – Центральний пристрій Ajax

Параметри хабу:

- підтримка декількох каналів зв'язку: Ethernet, Wi-Fi, 2G/3G/LTE;
- максимальна кількість користувачів: 200;
- максимальна тривалість роботи при відключенні електроенергії: до 16 годин роботи;
- максимальна кількість пристроїв у системі: до 200.

Різноманітні датчики Ajax можуть розпізнавати відкриття дверей, рух та розбиття вікон, виявляти дим, різку зміну температури та витік води (рис. 1.5). Також вони додатково вимірюють температуру навколо себе.

Характеристики датчиків:

- використання зашифрованого радіоканалу;
- захист від глушіння та підміни;
- робота від батарей, котрі встановлюються при виготовленні - до 7 років.



Рисунок 1.5 – Датчики Ajax

Сирени призначені для голосного повідомлення мешканців та оточуючих людей про спрацювання датчиків (рис. 1.6). Також вони можуть відлякати зловмисників. Для використання зовні є окрема модель із захистом від впливу спеки, морозу та дощу. Тривалість звукового сигналу тривоги та його рівень гучності можливо налаштувати за допомогою програмного забезпечення для смартфона чи інших користувацьких пристроїв.

Параметри сирен:

- максимальна гучність звукового повідомлення: до 113 дБ;
- робота від батарей, котрі встановлюються при виготовленні - до 5 років;
- захист від вологи та пилу та низьких температур.



Рисунок 1.6 – Сирени Ajax

Компанія Domos також займається проектуванням та інтеграцією технологій розумного будинку. В її асортименті є багато різноманітних пристроїв для забезпечення безпеки, керуванням освітленням та опаленням. Також є і готові комплекти, наприклад, комплект для управління опалювальними системами різних виробників, котрі складаються з газових або електричних котлів, теплових насосів та систем теплої підлоги (рис. 1.7). Він складається з контролеру, датчику вологості та температури і багатофункціонального реле. За допомогою мережі Zigbee комплект може працювати на відстані тривалий час завдяки малому споживанню електроенергії. Також комплект не складно встановити навіть у важкодоступних місцях [8]. Завдяки можливості віддаленого контролю за системою з мобільних пристроїв, мешканець будинку може миттєво отримувати push-сповіщення про виникнення небезпечної ситуації та приймати рішення про наступні дії як самостійно, так і автоматично згідно встановлених сценаріїв без безпосереднього втручання.

Характеристики комплекту:

- шифрування сигналу: AES128;
- максимальна кількість пристроїв: 50;

- бездротова потужність передачі: до 20 дБм;
- робоча температура: 0 - 60°C;
- протокол зв'язку: ZigBee.



Рисунок 1.7 – Система для керування опалювальними системами Domos

Комплект безпеки для розумного будинку Xiaomi Mi Home Mijia складається з датчиків відкриття вікон і дверей, руху, бездротової кнопки, розумної розетки та центрального хабу (рис. 1.8). Система налаштована таким чином, що відправляє власникові будинку повідомлення, якщо за його відсутності двері та вікна є відчиненими або спостерігається рух. Одночасно з цим запускається сирена, котра вбудована в центральний хаб [9]. Також повідомлення може містити інформацію про раптову зміну напруги в мережі або витрату електроенергії пристроями, котрі підключені до розумної розетки.

Параметри комплекту:

- сумісні версії ОС: Android 4.4 або iOS 10+ ;
- протокол зв'язку: ZigBee;
- живлення датчиків: батарейки CR2450 та CR123A;
- живлення центрального пристрою: мережа 220В;
- робоча температура: 0 - 40°C.





Рисунок 1.8 - Комплект системи безпеки Xiaomi Mi Home Mijia

#### 1.4 Постановка задачі

На базі зібраної та проаналізованої інформації можна визначити етапи виконання переддипломної практики:

1. Аналіз готових рішень від виробників на ринку сервісів розумного будинку;
2. Проектування апаратно-програмного забезпечення розумного будинку з акцентом на забезпечення безпеки;
3. Моделювання системи розумного будинку в симуляторі Cisco Packet Tracer;
4. Створення на базі Arduino апаратно-програмного комплексу, що забезпечує сервіси безпеки.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ

### 2.1 Проєктування в Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer - це багатофункціональне програмне забезпечення, котре надає можливість моделювання та візуалізації як електричних та мережевих схем, так і вузькоспрямованих ситуацій з пристроями різної направленості в рамках інтерактивного середовища.

Переваги Cisco Packet Tracer:

- реалістичне середовище моделювання, що дозволяє спостерігати за внутрішніми процесами пристроїв та мереж у реальному часі;
- забезпечує можливість спільної роботи декількох користувачів;
- надає можливість проєктувати, будувати, налаштовувати та усувати помилки в складених мережах [10].

Packet Tracer має різноманітні пристрої, котрі погруповані за двома основними видами: кінцеві пристрої та компоненти. В свою чергу вони містять кілька підвидів:

- перший вид складається з домашніх та індустріальних пристроїв, пристроїв розумного міста та пристроїв енергосистеми (рис. 2.1);
- другий вид складається з плат, виконавчих механізмів та сенсорів (рис. 2.2).

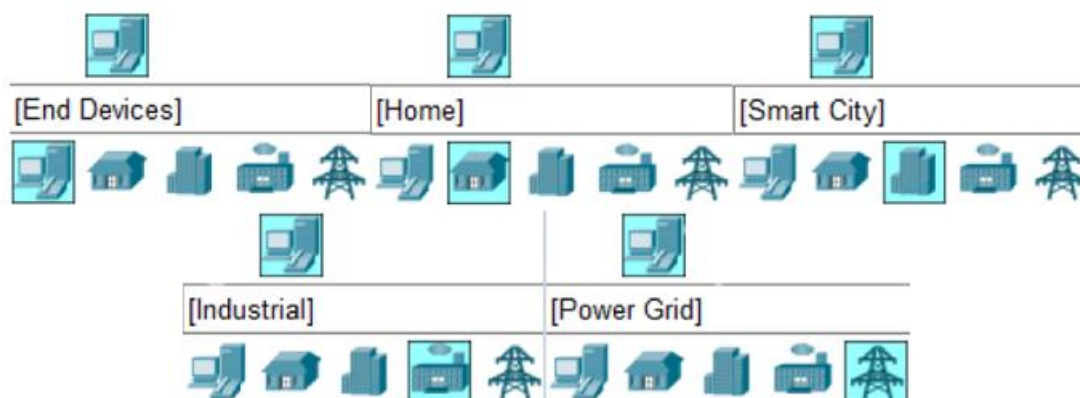


Рисунок 2.1 – Підвиди кінцевих пристроїв

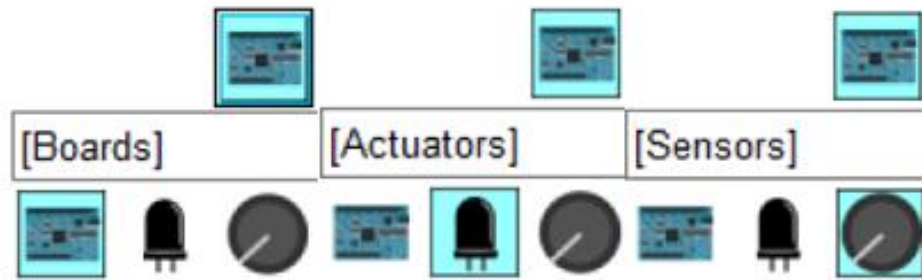


Рисунок 2.2 – Підвиди компонентів

Загалом система містить 5 основних модулів (рис. 2.3 – 2.4):

- модуль безпеки та вуличного освітлення складається з детектору руху, зчитувача RFID-карток, входної двері та двох ламп. При піднесенні невірної карти до зчитувача дверний замок залишається заблокованим. Якщо використати вірну ключ-карту зі зчитувачем, то замок відкривається. Увімкнення та вимкнення двох ламп залежить від показників детектору руху;
- модуль запобігання проникнення чадного газу складається з датчику CO, автомобіля та двох вікон. Якщо двигун автомобіля працює деякий час і показники датчику чадного газу перевищують небезпечний рівень, то вікна зачиняються;
- центральний шлюз, котрий забезпечує взаємодію всіх пристроїв між собою та надає можливість керувати параметрами для господарів будинку;
- RFID-картка, котра має унікальний код. Перед використанням електронного ключа цей код необхідно внести до зчитувача, щоб він розпізнавав його як вірний;
- кінцевий пристрій користувача, котрий може бути представлений ноутбуком чи ПК. Він пов'язує всю систему розумного будинку з її користувачами через вікна показників датчиків та налаштувань на екрані пристрою [11].

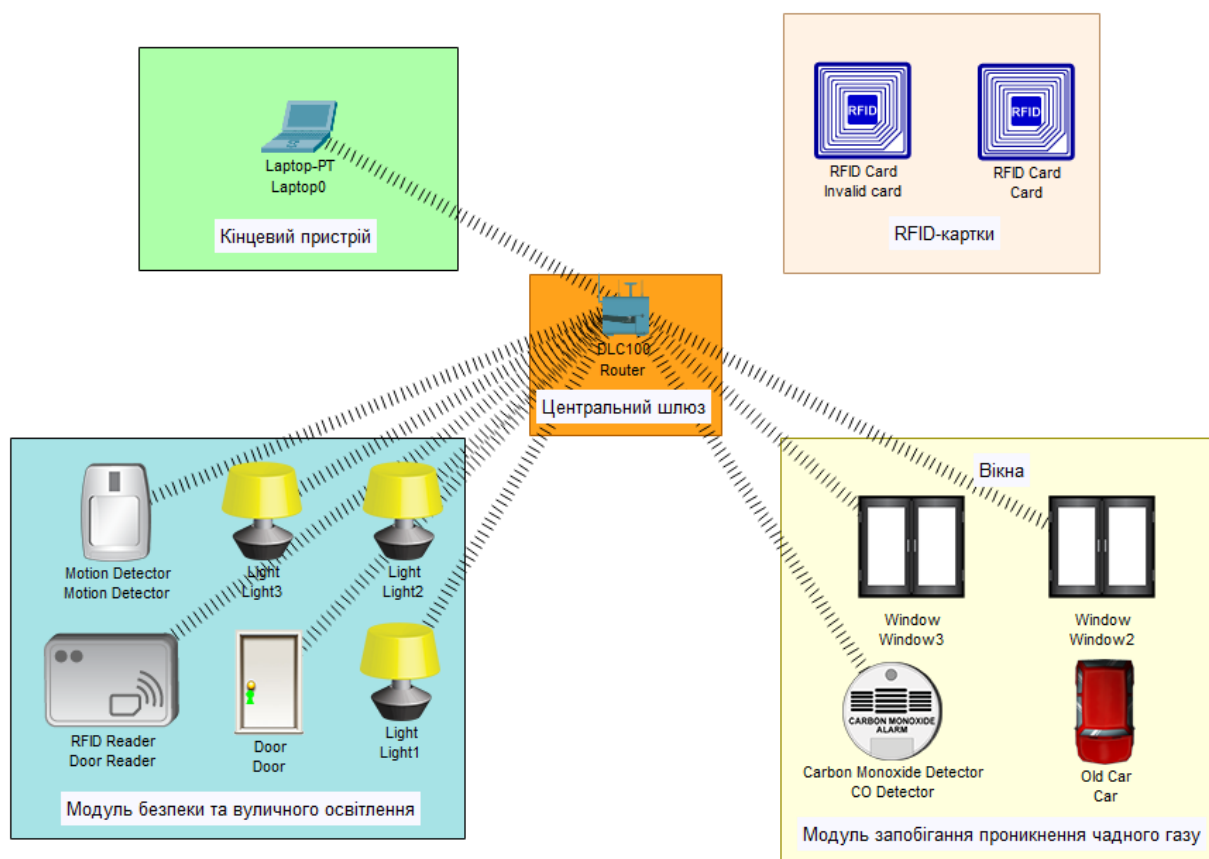


Рисунок 2.3 – Логіка роботи розумного будинку



Рисунок 2.4 - Розташування пристроїв розумного будинку

## 2.2 Характеристики та опис компонентів

Апаратна частина розумного будинку складається з різноманітних пристроїв та датчиків, котрі об'єднані між собою для спільної роботи один з одним.

Було розглянуто наступні пристрої:

1) плата Arduino UNO є гарним початком для ознайомлення з електронікою та програмуванням. Ця універсальна плата містить популярні мікроконтролери ATmega328P і ATmega16U2. Вона забезпечує чудову можливість отримати практичний досвід роботи з Arduino [12]. Плата має цифрові та аналогові входи і виходи. (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Плата Arduino Uno R3

Характеристики:

- напруга живлення: 6-20 В;
- кількість цифрових входів/виходів: 14 шт. ;
- кількість аналогових входів/виходів: 6 шт. ;
- розміри плати: 68 x 52 мм;
- вага: 25г.

2) Інфрачервоний датчик перешкод YL-63 є популярним елементом виявлення перешкод і уникнення їх (рис. 2.6). Робота датчика основана на вимірюванні інтенсивності інфрачервоного променя, який випромінюється передавачем і отримується приймачем [13]. На платі датчика також є компаратор, який порівнює сигнал. При перевищенні сигналом встановлених значень компаратор буде видавати помилку.



Рисунок 2.6 – ІЧ-датчик YL-63

Основні характеристики:

- тип : дифузний;
- відстань: від 2 до 30 см;
- кут: 35°;
- індикація спрацювання;
- розміри: 43 x 16 x 7 мм.

3) RFID-модуль RC522 працює на частоті 13,56 МГц (рис. 2.7). У комплекті з модулем йдуть два ключа. Цей модуль може бути використаний для різних застосувань, зокрема автоматичної ідентифікації, контролю доступу, робототехніки, платіжних систем тощо.



Рисунок 2.7 - RFID-модуль RC522

Характеристики:

- напруга: 3.3V;
- частота: 13.56 МГц;
- дальність: 0-60 мм;
- розмір: 40мм x 60мм.

4) Датчик вогню призначений для виявлення його наявності (рис. 2.8). Його чутливість можна налаштувати [14]. Датчик можливо застосовувати в різноманітних цілях: пожежна безпека, розумний будинок та інші.

Параметри:

- діапазон чутливості: 760-1100 nm;
- напруга живлення: 5 В;
- вага: 5г;
- перший вихід - цифровий сигнал;
- другий вихід – живлення;
- третій вихід – заземлення.

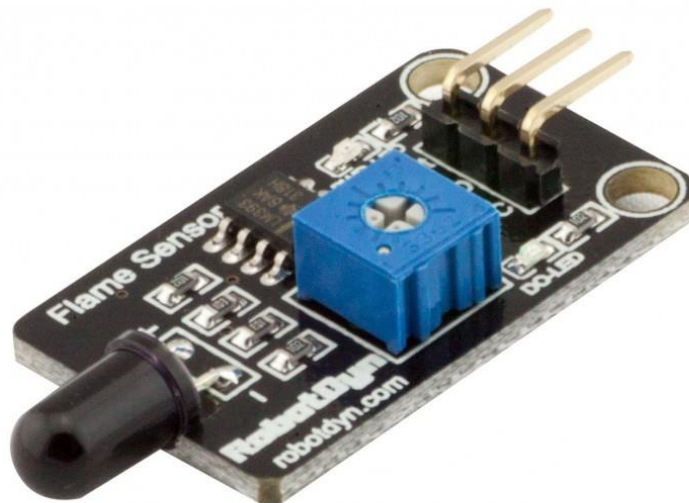


Рисунок 2.8 – Датчик вогню

5) дроти, котрі використовуються з макетними платами і мають різний колір (рис. 2.9). Зазвичай довжина дротів згідно стандартів є 10 см та 20 см.



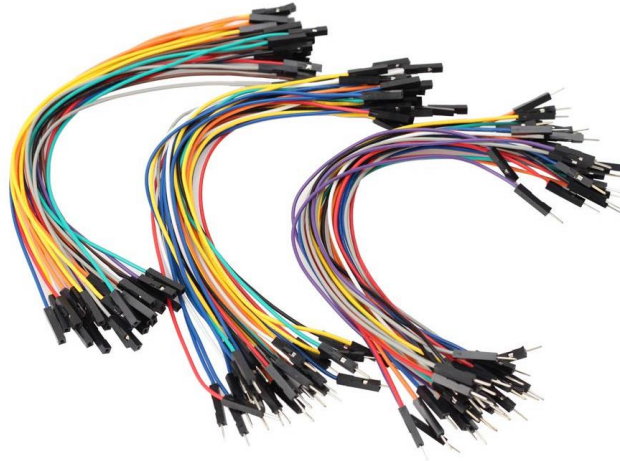


Рисунок 2.9 – Дроти для швидкого з'єднання

б) rgb світлодіод – це пристрій, котрий використовується для світлової індикації (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 - RGB-світлодіод

## 3 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ БЕЗПЕКИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 3.1 Проектування апаратного забезпечення розумного будинку на базі платформи Arduino

Для подальшого проектування та побудови апаратно-програмного комплексу керування безпекою розумного будинку були придбані наступні пристрої та компоненти:

1) плата Arduino Uno R3. Вона побудована на популярному мікроконтролері ATmega328P та має перетворювач інтерфейсу USB-UART CH340G, котрий при підключенні до ПК створює віртуальний COM-порт. Також однією з особливостей цієї плати є наявність місць для встановлення роз'ємів для шин UART, I2C, а також цифрових і аналогових виводів. На платі розташована шина I2C для підключення модулів. Ця плата є останньою версією базової плати Arduino та є доволі популярною (рис. 3.1).

Характеристики:

- напруга живлення: 6-20 В;
- мікроконтролер: ATmega328P;
- кількість цифрових входів/виходів: 14 шт. ;
- кількість аналогових входів/виходів: 6 шт. ;
- сила струму цифрових виходів: 20 мА;
- сила струму виводу 3.3V: 50 мА;
- тактова частота: 16 МГц;
- flash пам'ять: 32 КБ;
- SRAM пам'ять: 2 КБ;
- EEPROM: 1 КБ;
- розміри плати та вага: 68 x 52 мм;
- вага: 25г.

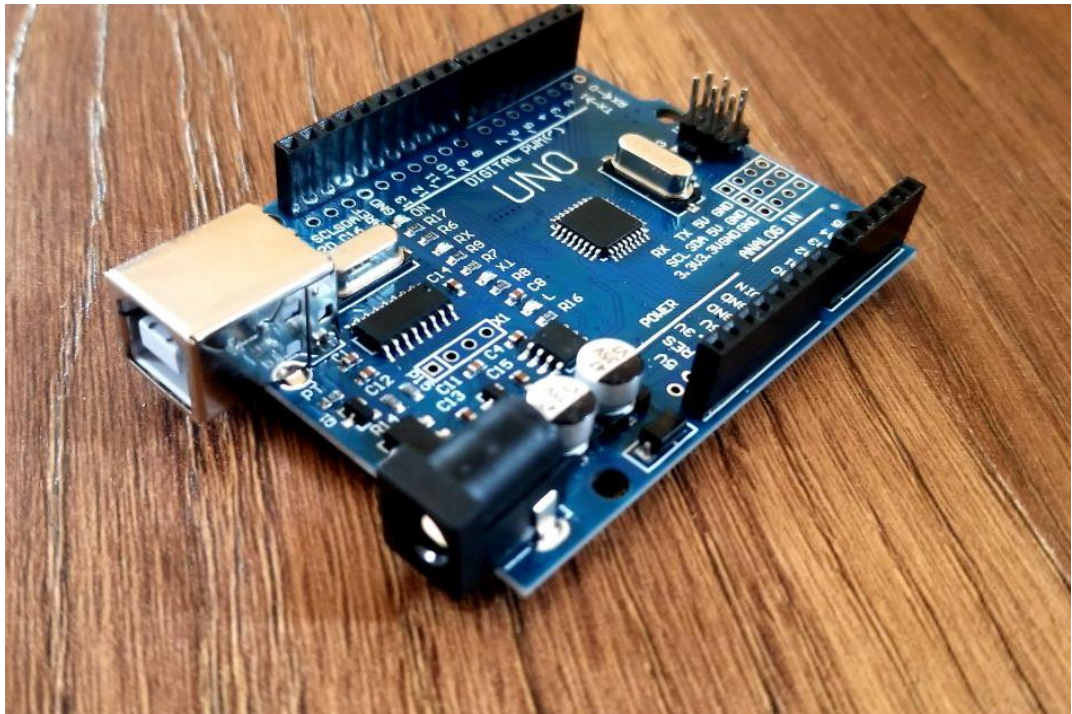


Рисунок 3.1 – Плата Arduino Uno R3

2) інфрачервоний датчик руху HC-SR501 може виявляти рух на відстані до 7 метрів (рис. 3.2). Плата модуля розроблена на базі мікросхеми управління BISS0001, котрий отримує випромінюючий сигнал з датчика і обробляє отриману інформацію для подальшого використання в аналоговому чи цифровому вигляді. Модуль HC-SR501 має два режими роботи, які можна змінювати за допомогою джампера, котрий знаходиться на зворотному боці модуля. У режимі HIGH імпульс на виході модуля припиняється, якщо в зоні сканування відсутній рух протягом встановленого часу. У режимі LOW на виході з'являється логічний сигнал під час спрацювання модуля. Також за допомогою потенціометра SX можна змінювати чутливість датчика на різних відстанях, а потенціометр TX дозволяє налаштувати час, протягом якого буде передаватися сигнал логічної одиниці при виявленні руху в зоні датчика.

Параметри:

- напруга живлення: 4,5-20 В;
- максимальний струм, що споживається: 0,6 мА;

- вихідна напруга: 3,3 В;
- відстань виявлення: 3-7м;
- кут виявлення: 145° ;
- час затримки показань: 5-300с;
- робоча температура: -20 - +80°C.



Рисунок 3.2 – Інфрачервоний датчик HC-SR501

3) RFID-модуль RC522 виконаний на мікросхемі MFRC522 компанії NXP, котра забезпечує роботу з високочастотними мітками 13,56 МГц (рис. 3.3). У комплекті з модулем йдуть дві мітки: одна у форм-факторі картки, інша у вигляді брелока.

Характеристики:

- напруга живлення: 3.3V;
- споживаний струм: 13-26 mA;
- споживаний струм у режимі очікування: 10-13 mA;
- споживаний струм к сплячому режимі: менше 80 мкА;

- робоча частота: 13.56 MHz;
- дальність зчитування міток: 0 ~ 60 мм;
- інтерфейс: SPI;
- максимальна швидкість передавання: 10Мбіт/с;
- розмір: 40мм x 60мм.

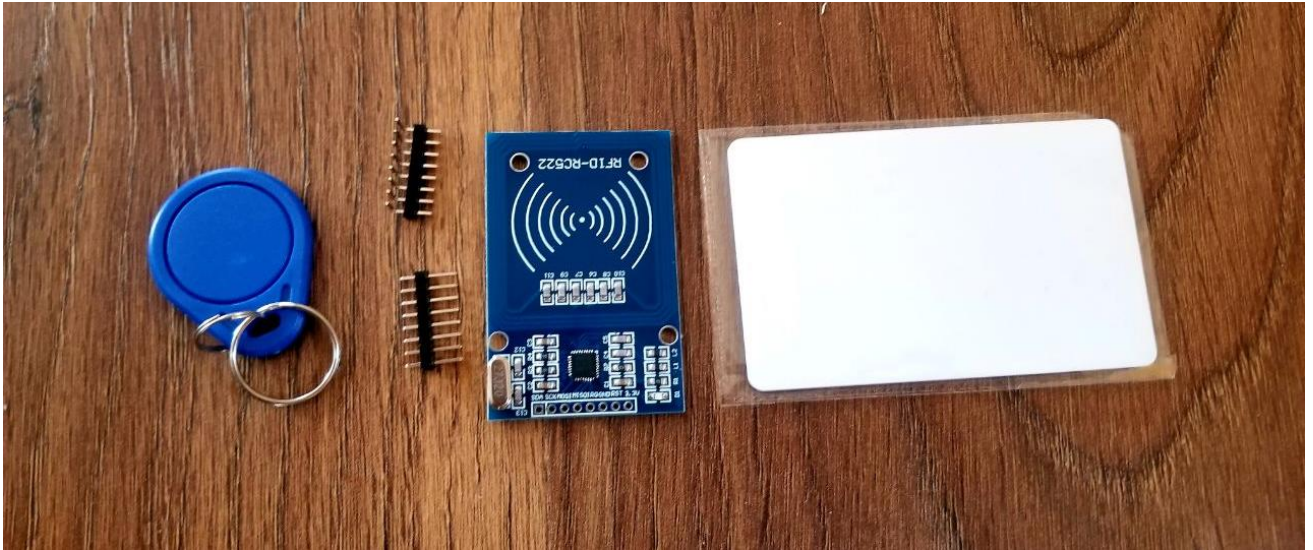


Рисунок 3.3 - RFID-модуль RC522

4) датчик MQ-2 використовується для детектування горючого газу і диму (рис. 3.4). Його перевагами є невеликий час спрацювання, висока чутливість, стабільна робота і легке підключення.

Характеристики:

- діапазон чутливості: 300-10000 ppm;
- опір чутливого елемента  $R_s$ : 1-20 кОм 50ppm;
- час відгуку:  $\leq 10$ с;
- чутливість  $R$  у повітрі/ у присутності газу:  $\geq 5$ с;
- опір нагрівача  $R_h$ :  $31\Omega \pm 3\Omega$ ;
- струм нагрівача  $I_h$ :  $\leq 180$ мА;
- напруга нагрівача  $V_h$ :  $5V \pm 0,2V$ ;
- потужність нагрівача  $P_h$ :  $\leq 900$ мВт;

- напруга схеми  $V_c$ :  $\leq 24V$ ;
- температурні умови:  $-10 \sim +50^\circ C$ ;
- вологість:  $\leq 95\%RH$ ;
- концентрація кисню: 21%.



Рисунок 3.4 – Датчик диму MQ-2

5) Сервопривід – це такий пристрій, що має спеціальний механізм з дистанційним керуванням. За допомогою нього можна повертати механічний привід, в котрому встановлюється власний кут оберту, а саме від 0 до 180 градусів (рис. 3.5). Також даний сервопривід дає змогу обирати, з якою швидкістю здійснювати оберт як в одному, так і в протилежному напрямках. У набір входить безпосередньо двигун, а також додаткові гвинтові насадки для закріплення на ньому.

Параметри:

- напруга живлення: 4.8В - 6В;
- низьке споживання струму;
- швидкість спрацьовування: 0,12 с/60о при 4,8 В;
- момент замикання при 4,8 В: 1,8 кгс\*см;
- частота ШІМ: 50 Гц;

- робоча температура:  $-30^{\circ}\text{C}$  -  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
- розміри: 21,5 x 11,8 x 22,7 мм.



Рисунок 3.5 – Сервопривід micro servo 9g

б) комплект дротів різної довжини з роз'ємами BLS на кінцях, які призначені для використання з макетними платами та датчиками (рис. 3.6). Дроти мають різне кольорове маркування для легшого визначення їхнього призначення. Довжина дротів також є різною: від 10 см та більше. Такі дроти дозволяють легко і швидко приєднувати компоненти між собою без необхідності жорсткого нерозривного з'єднання.

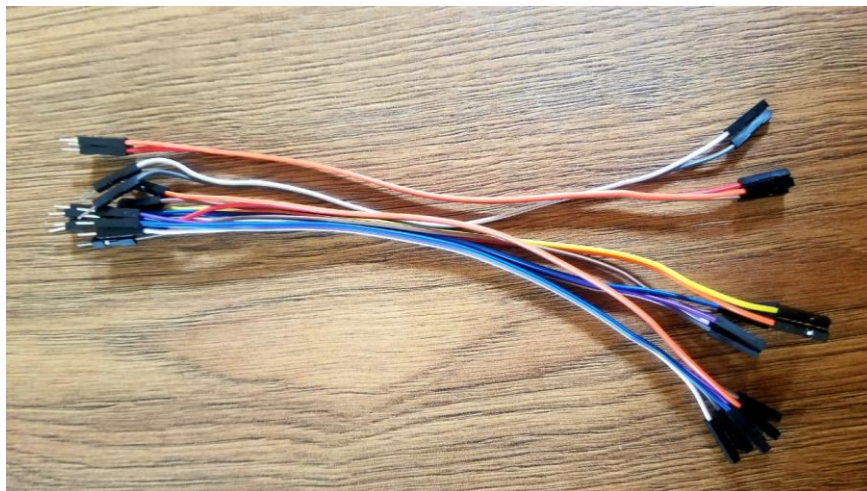


Рисунок 3.6 – Дроти для швидкого з'єднання

7) світлодіод із білим кольором свічення має два контакти, анод та катод, котрі використовуються для живлення та заземлення (рис. 3.7).

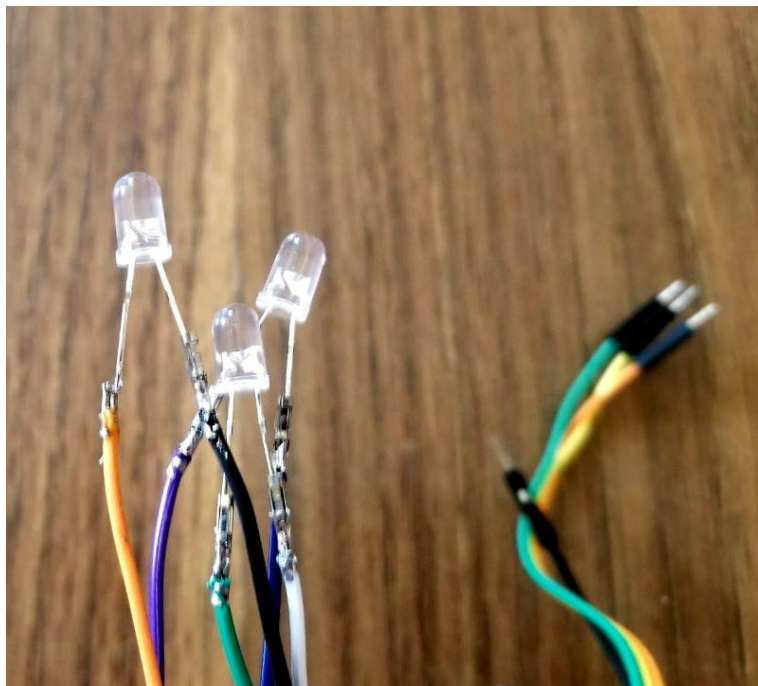


Рисунок 3.7 – Білий світлодіод

8) rgb світлодіод призначений для світлової індикації (рис. 3.8).

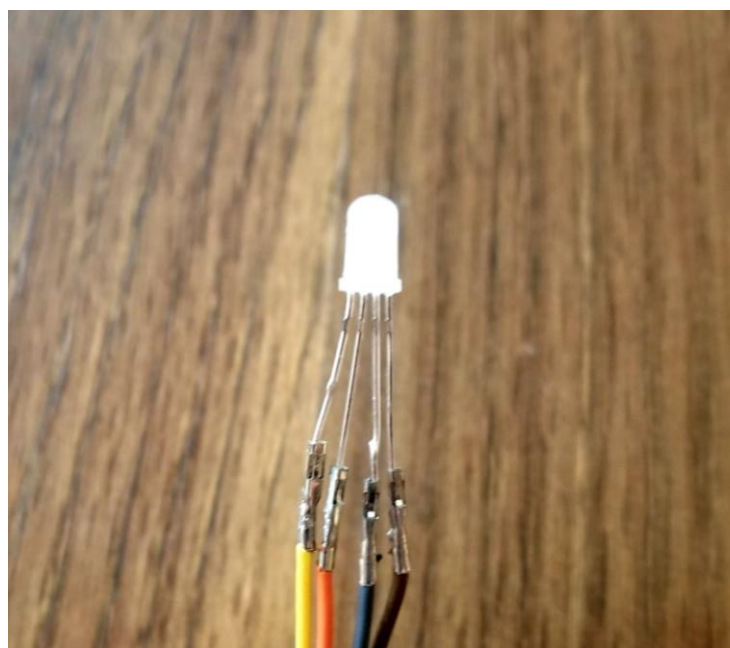


Рисунок 3.8 – RGB-світлодіод



На перший погляд, RGB-світлодіод зовні схожий на звичайний світлодіод, але насправді він побудований таким чином, що може світитись трьома різними кольорами: червоний, зелений і синій. Змінюючи яскравість кожного з цих кольорів, можливо контролювати загальний колір, котрим світиться світлодіод. У RGB-світлодіода є 4 контакти: 3 з них відповідають за кольори, тобто за червоний, зелений та синій, а 4 контакт є загальним та призначений для підключення до піну 5В або заземлення, в залежності від типу цього контакту – загальний анод чи загальний катод.

9) спікери, котрий призначений для проведення звукового сигналу при певних ситуаціях (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 - Спікери

10) макет розумного будинку, в котрому встановлені центральна плата та всі датчики та пристрої комплексу (рис. 3.10-3.13).

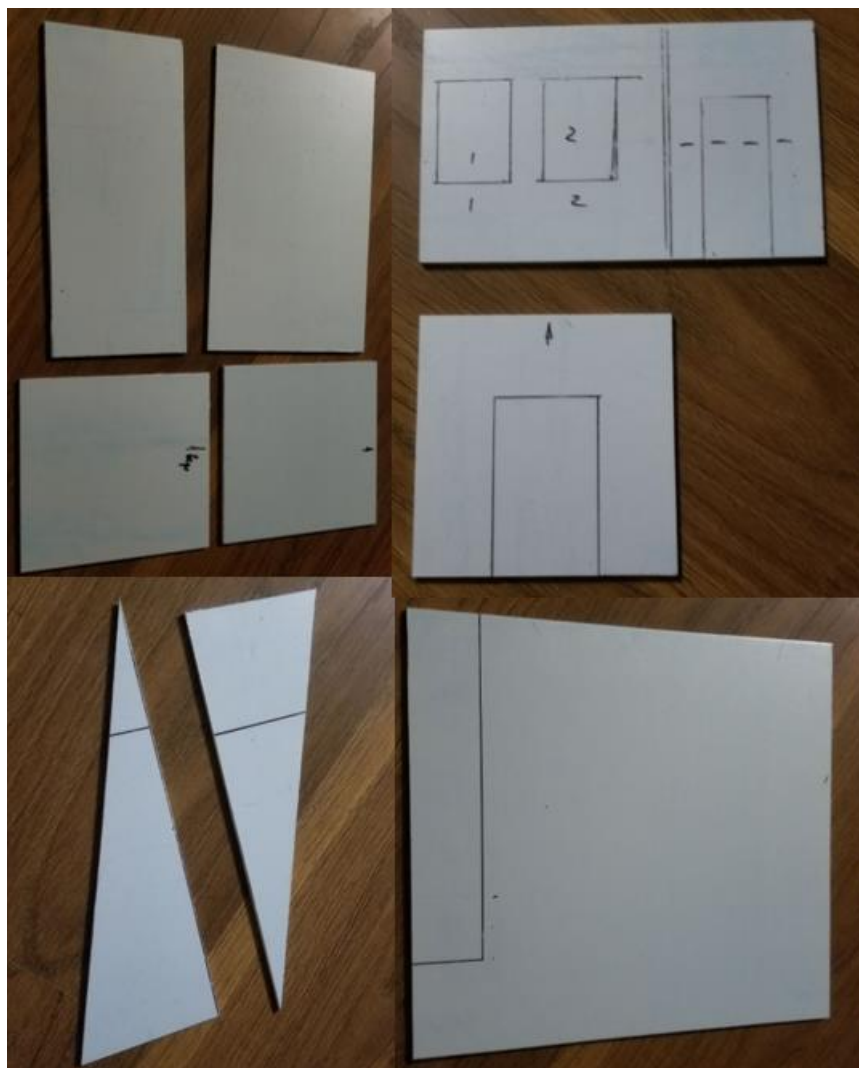


Рисунок 3.10 – Частини макету розумного будинку



Рисунок 3.11 – Розташування світлодіодів та датчику руху

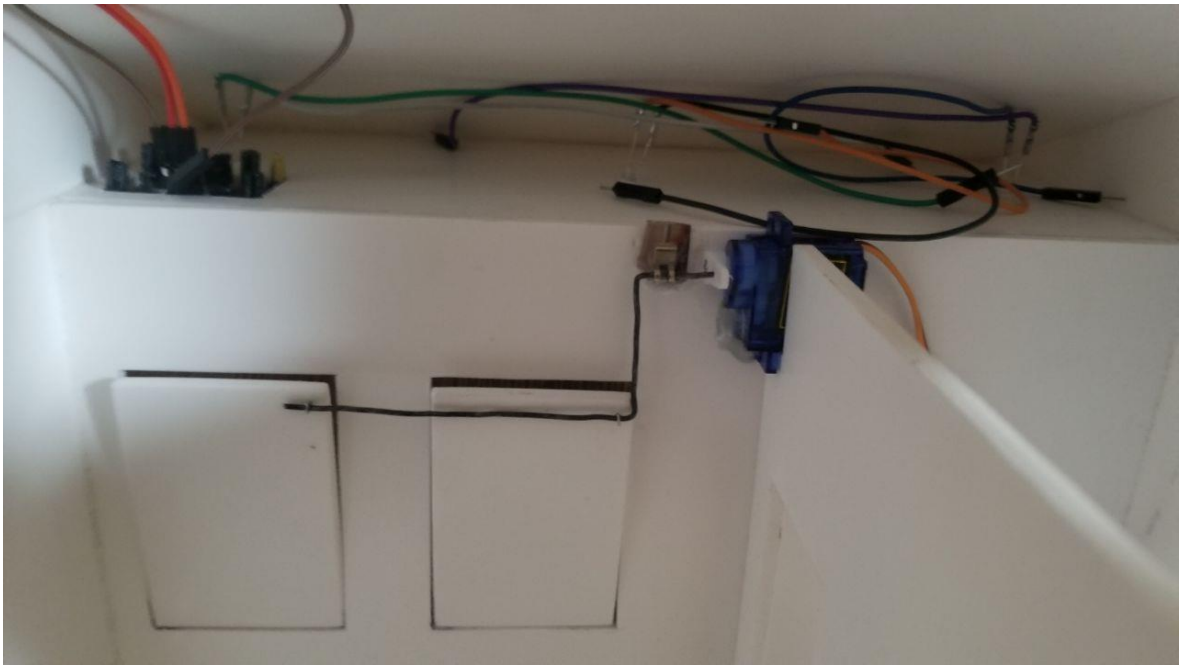


Рисунок 3.12 – Розташування сервоприводу



Рисунок 3.13 – Загальний вигляд макету розумного будинку

### 3.2 Налаштування та тестування комплексу керування безпекою розумного будинку

Після аналізу великої кількості інформації про систему розумний будинок було підбрано датчики та компоненти, які призначені саме для проектування та налаштування системи керування безпекою розумного будинку. Серед них основним пристроєм є центральна плата Arduino Uno R3. Саме до цифрових та аналогових входів і виходів плати під'єднуються всі датчики та пристрої, як продемонстровано нижче на рисунках 3.14-3.20.

RGB-світлодіод, котрий належить до типу загальний анод, підключений до цифрових входів через резистори номіналом 220 Ом, а основний контакт під'єднаний до виходу 5 В (рис. 3.14). Резистори необхідні для обмеження струму до стандартизованих значень, таким чином збільшується термін роботи елемента.

Однокольорові світлодіоди мають лише 2 контакти: катод підключається до заземлення, анод підключається до цифрового порту через резистор 220 Ом (рис. 3.15).

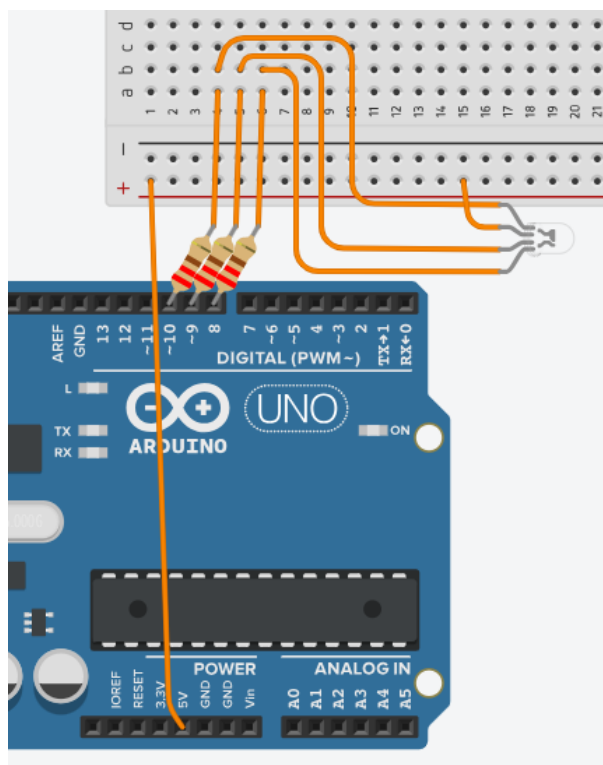


Рисунок 3.14 – Логіка з'єднання RGB-світлодіоду

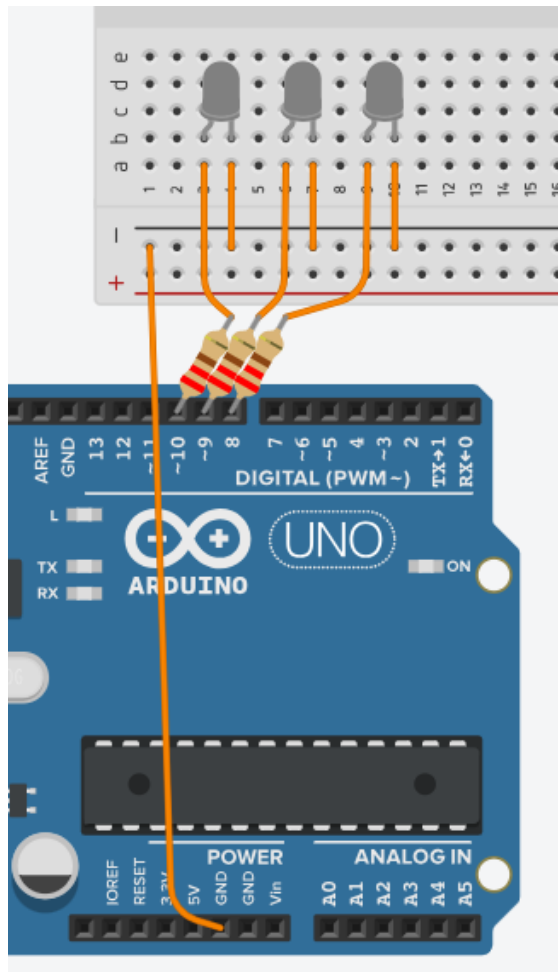


Рисунок 3.15 – Логіка з'єднання однокольорових світлодіодів

Спікер підключається до центральної плати через 2 контакти: перший використовується для подачі живлення 5 В через цифровий вихід задля керування пристроєм, а другий – для заземлення (рис. 3.16).

Датчик диму підключений до Arduino за допомогою 4 контактів: 2 з них призначені для живлення 5 В та заземлення, а третій та четвертий, A0 та D0, для передачі інформації про вимірний рівень диму на аналоговий чи цифровий вхід плати (рис. 3.17).

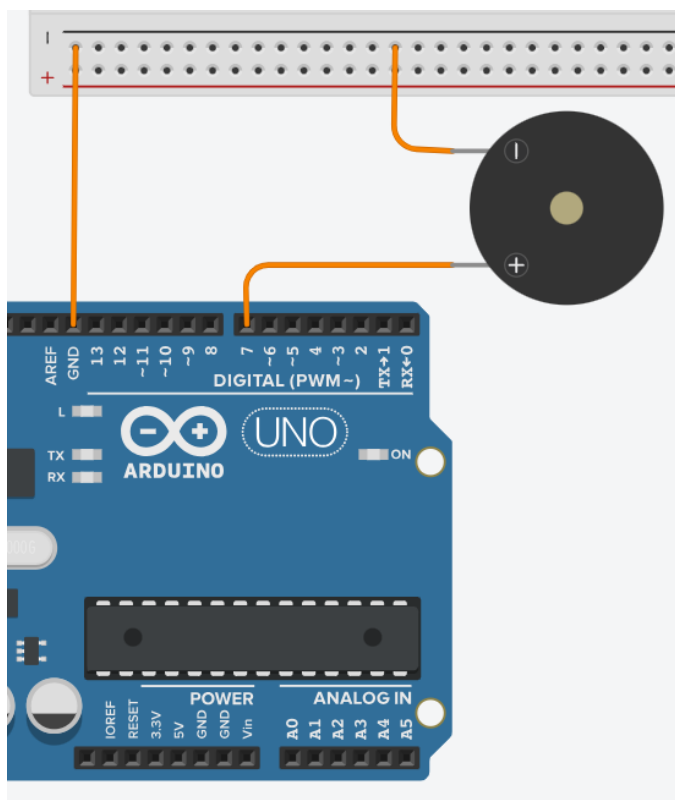


Рисунок 3.16 – Логіка з'єднання спікера

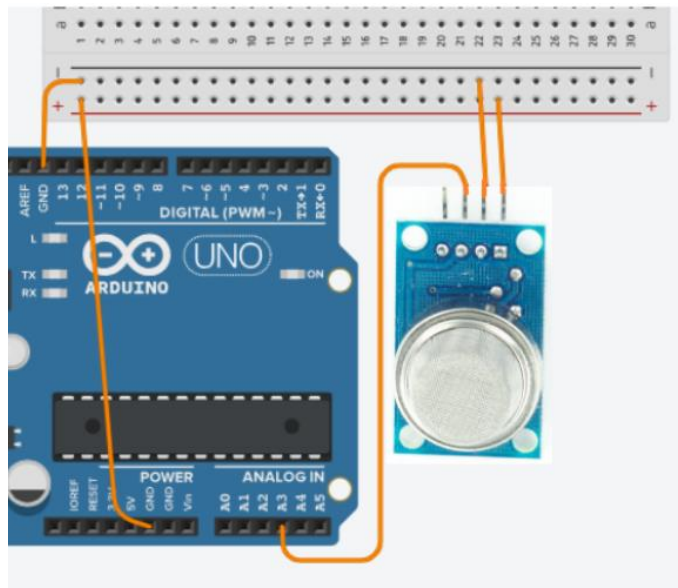


Рисунок 3.17 – Логіка з'єднання датчика диму

Сервопривід має 3 контакти: бордовий використовується для заземлення, червоний – для живлення 5 В, жовтий - для прийому керуючого сигналу з цифрового виходу Arduino (рис. 3.18).

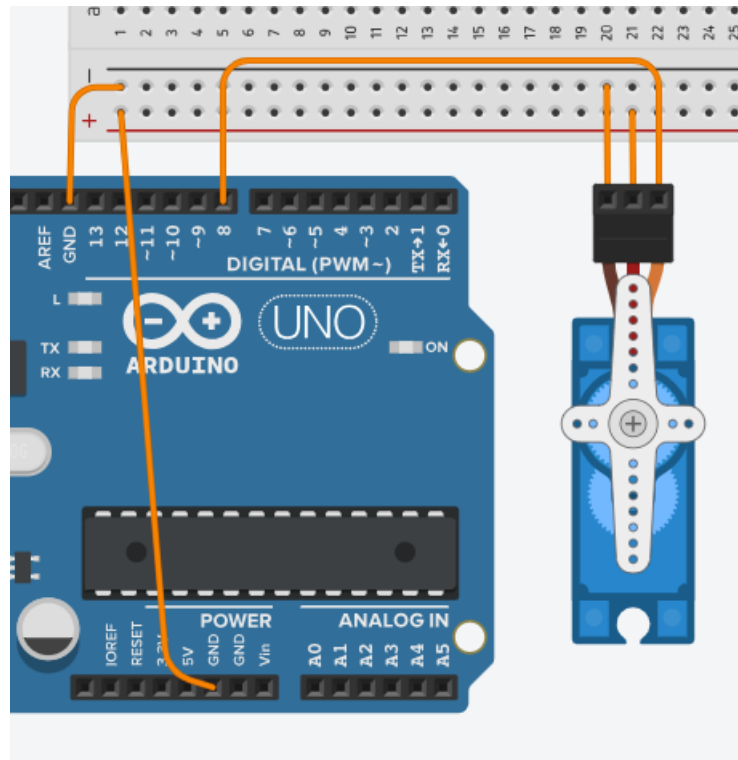


Рисунок 3.18 – Логіка з'єднання сервоприводу

Датчик руху з'єднаний з центральною платою також за допомогою 3 контактів: два з них застосовуються для живлення 5 В та заземлення, а третій, котрий знаходиться посередині – для передачі сигналу з датчику до плати, котрий містить інформацію про виявлений рух або його відсутність (рис. 3.19).

RFID – датчик підключений за допомогою 7 контактів (рис. 3.20):

- контакт SDA призначений для визначення веденого пристрою;
- контакт SCK – для синхронної передачі даних згідно тактових імпульсів;
- контакт MOSI – для передачі даних від Arduino до датчику;
- контакт MISO – для передачі даних від датчику до Arduino;
- контакт RST – для скидання даних та виводу пристрою з режиму сну;
- VCC - для живлення 5 В;
- GND - для заземлення.

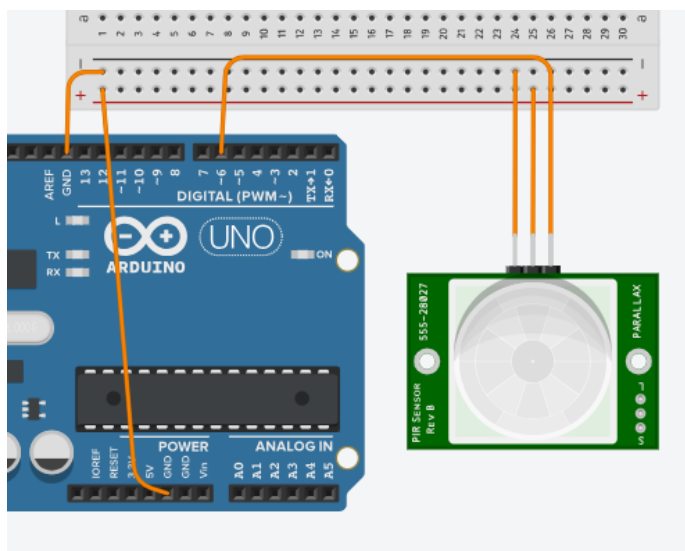


Рисунок 3.19 – Логіка з'єднання датчика руху

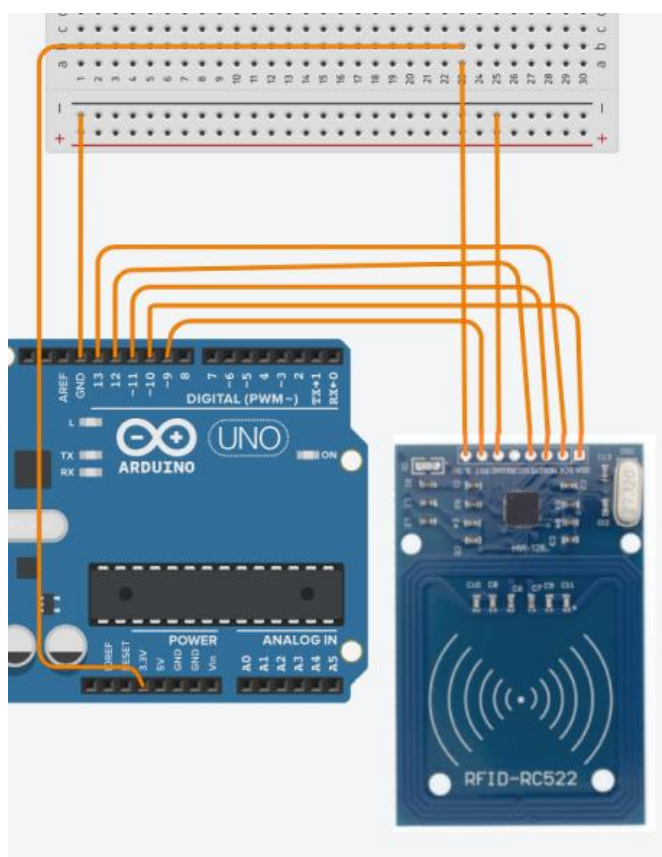


Рисунок 3.20 – Логіка з'єднання RFID-датчику

По закінченню роботи над поставленими задачами по апаратній та програмній частині комплексу керування безпекою розумного будинку, було розпочато перевірку системи окремими групами.



Під час тестування живлення центральну плату Arduino було підключено до ПК. Таким чином, в програмному забезпеченні Arduino IDE можна бачити всю інформацію про показники датчиків.

При підключенні плати з усіма пристроями розумного будинку до ПК бачимо, що вони передають показники в стандартних межах окремими групами без помилок.

Спочатку було протестовано роботу RFID-датчику. Біля дверей будинку с іншої сторони стоїть приймач сигналу і зчитує ключі, нижче виведений RGB-світлодіод, котрий показує стан ключа: чи є він правильним або ж неправильним. В моєму випадку є два електронні ключі: синій у форм-факторі брелока та білий у форм-факторі пластикової картки. Ці ключі мають різний код UID. Код, котрий записаний в білий ключ є вірним. Тому при піднесенні картки світлодіод показує це зеленим кольором, а при піднесенні синього ключа завідомо з іншим кодом зчитувач сигналізує червоним кольором світлодіоду та звуковим сигналом спікеру про неправильний ключ.

Далі було протестовано датчик руху. При спрацюванні він подавав сигнал з відповідною інформацією на плату, далі спрацювали світлодіоди білого кольору, котрі імітують підсвічення накриття для автомобіля під час його приїзду. Після того, як рух припиняється, йде відлік вказаного часу, а саме 20 секунд, по завершенню якого світлодіоди вимикаються.

Потім було протестовано датчик газу та сервопривід. Процес перевірки проходив наступним чином: якщо датчик диму починає фіксувати дим автомобіля, а вікна, котрі виходять в бік навісу, відкритті на провітрювання, то сервопривід отримує сигнал з центральної плати на закриття вікон і виконує дану команду. При цьому спрацьовує звуковий сигнал спікеру, котрий вказує на те, що вікна зачинилися.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано різноманітні джерела з інформацією про компанії, котрі займаються виготовленням та підтримкою окремих пристроїв розумного будинку та готових наборів, зібраних згідно певних потреб користувачів.

Системи розумного будинку є доволі популярними по всьому світу, тому що люди, котрі живуть в сучасному ритмі, прагнуть полегшити та підвищити безпечність свого життя, а також життя найближчих родичів. Але однією з головних проблем, котрі їх хвилюють - це фінансові витрати і необхідність ремонтних робіт при придбанні комплекту. Хоча розумний будинок і вимагає певних грошових та часових витрат для покупки та інсталяції кожної з його систем, однак в подальшому, пройшовши всі складнощі, мешканці відразу відчують підвищення повсякденного комфорту перебування в своєму будинку. Особливою перевагою для сімей з дітьми є підвищення безпеки всередині та на прилеглий території та зменшення кількості непередбачуваних ситуацій.

Було проведено моделювання схеми за допомогою програмного забезпечення Cisco Packet Tracer, що допомогло в подальшому провести пошук та аналіз необхідної кількості компонентів для правильної роботи та уникнути зайвих витрат.

При розробці апаратно-програмного комплексу керування безпекою розумного будинку всі пристрої та прилади були об'єднані в одну велику систему, що забезпечує безпеку та комфортне проживання мешканців. Комплекс можливо використовувати в подальшому як основу для проектування реальної системи безпеки розумного будинку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. The history of the smart home from 1963 – 2023: milestones [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.smartest-home.com/en/history-of-smart-home/>.
2. The Definitive History Of Smart Home Devices [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.smarthomepoint.com/history/#2011-to-present-modern-day-smart-homes>.
3. Що таке система «Розумний дім» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://www.mojo.ua/ua/news/chto\\_takoe\\_sistema\\_umnyu\\_dom\\_9\\_fishek\\_dlya\\_komforta.html](https://www.mojo.ua/ua/news/chto_takoe_sistema_umnyu_dom_9_fishek_dlya_komforta.html).
4. The Smart Home Starter Kit: Essential Devices and Set-up Tips / Вільям Коул ; незалежно опубліковано, 2023. – 46 с.
5. Home Automation Projects with Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.elektor.com/home-automation-projects-with-arduino-e-book>.
6. A guide to getting started with smart lighting [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.theverge.com/23156554/smart-bulbs-switch-lighting-guide-how-to>.
7. Офіційний сайт компанії Ajax Systems [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ajax.systems/ua/>.
8. Офіційний сайт компанії Domos [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://domos.ua/>.
9. Xiaomi Mi Smart Home - a smart home for every budget [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.batna24.com/en/xiaomi-mi-smart-home-a-smart-home-for-every-budget>.
10. Arduino: Advanced Methods and Strategies of Using Arduino / Ітан Торп ; незалежно опубліковано, 2020. – 230 с.

11. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry 2nd Edition / Джеремі Блум ; Гобокен, США : Wiley, 2019. – 512 с.
12. Методичні розробки з використання платформи Arduino у навчальному процесі / доценти А. Т. Котвицький, К. А. Котвицька ; Український державний університет залізничного транспорту. – Харків : Український державний університет залізничного транспорту, 2021. – 54 с.
13. Програмування систем збору і аналізу даних : Навчальний посібник / К. В. Тищенко, О. П. Ткач ; Сумський державний університет. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 167 с.
14. Fire Detector using Flame Sensor and Arduino Interface [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://how2electronics.com/fire-detector-using-flame-sensor-and-arduino/>.

**ДОДАТОК**

```
#include <Servo.h>

Servo srv;
int srv_angle = 3;

float smk_pin=A5;
float smkval;

int led1 = 2;
int led2 = 1;
int led3 = 0;

int moution_pin = 7;
int moutionval = 0;

int spiker = 8;

void setup() {
  srv.attach(6);
  srv.write(srv_angle);
  pinMode(led1, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(smk_pin, INPUT);
  pinMode(moution_pin, INPUT);
  pinMode(spiker, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
```

```
}

void loop(){
  smkval=analogRead(smk_pin);
  Serial.println(smkval);

  if(smkval > 300){
    for(srv_angle = 40; srv_angle > 7; srv_angle--){
      srv.write(srv_angle);
      delay(70);
    }
    tone(spiker, 1000);
    delay(200);
    noTone(spiker);
  } else {
    for(srv_angle = 7; srv_angle < 40; srv_angle++){
      srv.write(srv_angle);
      delay(70);
    }
  }

  moutionval = digitalRead(moution_pin);
  if (moutionval == HIGH) {
    digitalWrite(led1, HIGH);
    digitalWrite(led2, HIGH);
    digitalWrite(led3, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(led1, LOW);
    digitalWrite(led2, LOW);
```

```
digitalWrite(led3, LOW);
```

```
}
```

```
}
```