

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій

На правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

ТЕМА РОБОТИ

«СИСТЕМА «SMART HOME» ПРИВАТНОГО БУДИНКУ»

Здобувача вищої освіти
Дорошкевича Вячеслава Леонідовича
Освітня програма
«Автоматизоване управління
технологічними процесами»
(Спеціальність 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка»)

_____ (підпис)

Науковий керівник:
к.т.н., доцент, Лісовець С.М.

_____ (підпис)

Національна шкала _____
Кількість балів _____
Оцінка: ECTS _____

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

Наталія ОМЕЦІНСЬКА

« ____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дорошкевичу Вячеславу Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Система «smart home» приватного будинку

керівник роботи: к.т.н., доцент, Лісовець С.М.

затвержені Наказом ТНУ імені В.І Вернадського:

від « 2 » жовтня 2025 р. № 116

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 5 грудня 2025р

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги користувача щодо сценаріїв автоматизації (освітлення, клімат, безпека). Інформація про наявні сенсори та контролери (датчики руху, температури, вологості тощо). Технічні характеристики мережі та інтернет-з'єднання для інтеграції пристроїв.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Вступ. Основні засади побудови автоматизованої системи «smart home» приватного будинку. Аналіз та дослідження системи структурних складових системи «smart home». Практична реалізація автоматизованої системи приватного будинку. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу: графічний матеріал виконаний у вигляді мультимедійної презентації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	к.т.н., доцент, Лісовець С.М.		
2	к.т.н., доцент, Лісовець С.М.		
3	к.т.н., доцент, Лісовець С.М.		
4	к.держ.упр., професор, Гуйда О.Г.		

7. Дата видачі завдання 3 жовтня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Заключний документ етапу	
1	Вибір теми магістерської роботи, призначення керівника	до 08.09.2025	Затвердження переліку тем магістерських робіт та наукових керівників	
2	Пошук і відбір літератури по темі роботи, складання плану магістерської роботи	до 15.09.2025	Список літературних (інформаційних) джерел, план роботи	
3	Визначення об'єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження, написання вступу до теми магістерського дослідження	до 22.09.2025	Текст вступу	
4	Написання тексту магістерської роботи відповідно до її структури:		Текст розділів	
	4.1	I розділ		23.09.2025 – 05.10.2025
	4.2	II розділ		06.10.2025 – 20.10.2025
	4.3	III розділ		21.10.2025 – 03.11.2025
4.4	IV розділ	04.11.2025 – 10.11.2025		
5	Підготовка графічних матеріалів чи іншого унаочнення	11.11.2025 – 14.11.2025	Роздатковий матеріал, презентація	
6	Оформлення кінцевого списку використаних джерел та додатків	15.11.2025 – 21.11.2025	Список літературних джерел	
7	Оформлення та попередній захист магістерської роботи	24.11.2025 – 28.11.2025	Магістерська робота, рішення кафедри про допуск до захисту	
8	Внесення коректив та кінцеве редагування магістерської роботи	01.12.2025 – 05.12.2025	Магістерська робота	
9	Реєстрація магістерських робіт на кафедрі	до 05.12.2025	Магістерська робота внесена до журналу реєстрації випускових робіт	
10	Захист магістерської роботи	15.12.2025 – 26.12.2025	Рішення Екзаменаційної комісії про захист	

АНОТАЦІЯ

Дорошкевич В. Л. Система «smart home» приватного будинку – Рукопис.

Кваліфікаційна магістерська робота за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, 2025 рік.

Кваліфікаційну магістерську роботу присвячено розробці системи «розумний будинок» з інтеграцією безпеки. У роботі детально розглянуто структуру та функціональні можливості підсистем автоматизації, сенсорів, реле, кліматичного та енергетичного контролю, методи об'єднання апаратних і програмних компонентів для організації автоматизованого моніторингу приватного будинку. Визначено підходи до вибору обладнання, створення програмних рішень на основі Arduino і мови C/C++, а також розробки інтерфейсу користувача у Figma. Проведено тестування роботи реалізованої системи, оцінено її ефективність, стабільність та здатність реагувати на потенційні загрози в реальному часі. Результати дослідження підтвердили, що запропонована система забезпечує комплексний контроль безпеки, підвищує комфорт проживання та дозволяє оперативно управляти підсистемами будинку.

Ключові слова: *автоматизація, безпека, датчики, інтерфейс, клімат, реле, сенсорні модулі, «smart home».*

ABSTRACTS

Doroshkevych V.L. Smart home system of a private house. – Manuscript.

Qualifying master's thesis on specialty 174 " Automation, computer-integrated technologies and robotics". – V.I. Vernadskyi Taurida National University, Kyiv, 2025.

The master's thesis is devoted to the development of a “smart home” system with integrated security. The thesis examines in detail the structure and functionality of automation subsystems, sensors, relays, climate and energy control, methods of combining hardware and software components for the organization of automated monitoring of a private home. Approaches to selecting equipment, creating software solutions based on Arduino and the C/C++ language, and developing a user interface in Figma are defined. The implemented system was tested, and its effectiveness, stability, and ability to respond to potential threats in real time were evaluated. The results of the study confirmed that the proposed system provides comprehensive security control, increases living comfort, and allows for the rapid management of home subsystems.

Keywords: *automation, security, sensors, interface, climate, relays, sensor modules, smart home.*

ЗМІСТ

ОСНОВНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ «SMART HOME» ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	10
1.1. Структура підсистем «smart home»	10
1.2. Основні засоби реалізації автоматизованих систем приватних будинків	19
1.3. Порівняльний аналіз систем автоматизації для приватних будинків	24
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	32
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ «SMART HOME»	33
2.1. Дослідження моделі автоматизованої системи приватного будинку	33
2.2. Розробка програмного забезпечення, алгоритму моніторингу та захисту автоматизованої підсистеми «smart home»	49
2.3. Технічна реалізація інтерфейсу керування параметрами будинку за допомогою автоматизованої системи	55
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	61
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ	63
3.1. Аналіз роботи сенсорних модулів та автоматичних пристроїв	63
3.2. Перевірка працездатності системи та відповідності вимогам безпеки	65
3.3. Оцінка якості роботи системи та подальшого удосконалення	69
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	72
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
4.1. Основні положення охорони праці при експлуатації електронних та мережевих систем	74
4.2. Правила безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі автоматизованих систем приватних будинків	79
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВОКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87

ОСНОВНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

C/C++ (мова програмування)

DOI (Digital Object Identifier)

ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System)

H-bridge (драйвер для двигунів)

LED (Light Emitting Diode, світлодіод)

PIR (Passive Infrared, пасивний інфрачервоний датчик)

RFID (Radio Frequency Identification, радіочастотна ідентифікація)

SPDT (Single Pole Double Throw, тип реле)

TMP36 (модель датчика температури)

URL (Uniform Resource Locator, адреса ресурсу)

Wi-Fi (Wireless Fidelity, бездротова мережа)

ВСТУП

Актуальність дослідження системи «smart home» приватного будинку зумовлена зростанням потреби у підвищенні комфорту, енергоефективності та безпеки житлових приміщень. Інтенсивний розвиток цифрових технологій, здешевлення мікроконтролерів, сенсорних модулів і мережевих пристроїв сприяють активному впровадженню інтелектуальних рішень у побут. Сучасний приватний будинок містить значну кількість технічних засобів, здатних працювати у єдиній мережі для автоматизованого керування освітленням, кліматом, доступом, а також для моніторингу безпеки та оперативного реагування на нештатні ситуації.

Інтеграція систем керування сенсорними модулями та компонентами контролю доступу відкриває можливість створення комплексної інфраструктури захисту приватного простору. Такі рішення забезпечують своєчасне виявлення потенційних загроз, передачу інформації власнику, активацію захисних алгоритмів та попередження небажаних інцидентів. Поєднання апаратних і програмних засобів формує гнучку архітектуру, яка масштабується та адаптується до потреб конкретного будинку, підвищуючи рівень захищеності та зручності користування.

Метою дослідження є розроблення системи «smart home» приватного будинку з інтегрованими можливостями автоматизованого контролю та безпеки.

Завдання дослідження охоплюють:

1. Аналіз сучасних підходів до побудови систем «smart home» з функціями захисту житла.
2. Дослідження технологій реалізації сенсорних модулів та керування доступом.
3. Створення працездатної інтегрованої системи автоматизованого моніторингу приватного будинку.
4. Проведення тестування функціональних можливостей запропонованого рішення.

5. Формування рекомендацій щодо підвищення ефективності та надійності роботи системи.

Об'єктом дослідження є процес проектування та реалізації інтегрованої системи автоматизації та безпеки приватного будинку.

Предметом дослідження є сукупність апаратних і програмних засобів, що забезпечують взаємодію сенсорів та систем контролю доступу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні рішення, здатного забезпечувати комплексний контроль стану об'єкта, підвищувати рівень безпеки, оптимізувати керування домом та зменшувати час реагування на потенційні загрози. Запропонована система може масштабуватися та застосовуватися для різних типів приватних об'єктів.

Методи дослідження включають теоретичні та емпіричні підходи. Теоретична частина охоплює аналіз технологій автоматизації, розроблення структури системи, визначення критеріїв її оцінювання. Емпірична частина передбачає моделювання роботи обладнання, тестування функцій, оцінку швидкодії та надійності, а також узагальнення результатів для подальшого вдосконалення.

Наукова новизна роботи полягає у формуванні цілісної структурної моделі приватної системи «smart home» із засобами безпеки, розробленні механізму взаємодії сенсорних та контрольних модулів, а також у проведенні комплексної оцінки ефективності такої системи на основі ключових технічних показників.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ЗАСАДИ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ «SMART HOME» ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

1.1. Структура підсистем «smart home»

Структура підсистем «smart home» приватного будинку являє собою багаторівневу інтегровану модель, у якій апаратні та програмні компоненти працюють узгоджено для забезпечення автоматизації, безпеки й енергоефективності житлового простору. [5] Кожна підсистема виконує окрему функцію, однак їхня взаємодія створює цілісне середовище керування будинком.

1. Підсистема керування освітленням

Підсистема керування освітленням становить один із ключових елементів «smart home», оскільки саме вона забезпечує повну автоматизацію процесів увімкнення, вимкнення та регулювання інтенсивності освітлення як у внутрішніх приміщеннях, так і на зовнішній території будинку. Її робота спрямована на створення комфортних умов для мешканців, підвищення енергоефективності, зменшення витрат на електроенергію та підвищення рівня безпеки. У межах цієї підсистеми освітлення перестає бути статичним елементом інфраструктури і перетворюється на динамічний механізм, що реагує на зміни середовища, режим дня, присутність людей, налаштування користувачів та визначені сценарії. Основу підсистеми складають датчики руху, освітленості та присутності, які безперервно передають інформацію центральному контролеру, дозволяючи системі адаптувати яскравість або повністю вимикати світло за відсутності потреби. [4]

Завдяки використанню диммерів та інтелектуальних ламп підсистема здатна не лише контролювати стан увімкнення, а й плавно змінювати рівень освітлення відповідно до певних умов або сценаріїв, наприклад, створюючи «нічний режим», «робоче світло» чи «атмосферну підсвітку». Важливу роль відіграє можливість централізованого та дистанційного керування, що дозволяє мешканцям змінювати налаштування через мобільний застосунок, голосові команди або настінні панелі. На зовнішній території підсистема керує ландшафтним та охоронним освітленням, реагуючи на рух, темряву або запланований час роботи, підсилюючи захист будинку та зручність пересування в темний період доби. Усі ці елементи

працюють у єдиній логічній структурі, яка самостійно оптимізує споживання energy та підтримує комфортний рівень освітлення без участі користувача.

В цілому ця підсистема відповідає за автоматизацію та оптимізацію роботи освітлювальних приладів у всіх приміщеннях будинку і на зовнішній території.

Основні можливості:

- автоматичне вмикання й вимикання світла на основі датчиків руху та освітленості;
- регулювання яскравості за визначеними сценаріями або показниками природного освітлення;
- дистанційний контроль через мобільні або веб-інтерфейси;
- створення часових сценаріїв («нічний режим», «імітація присутності»);
- зменшення енергоспоживання завдяки використанню розумних вимикачів, контролерів та LED-систем.

Підсистема забезпечує гнучке налаштування режимів роботи світлових приладів, підвищує комфорт та знижує витрати на електроенергію. [1]

2. Підсистема безпеки та контролю доступу

Підсистема безпеки та контролю доступу виконує фундаментальну роль у структурі «smart home», оскільки її функціонування спрямоване на цілодобовий захист житла від несанкціонованого проникнення, моніторинг стану об'єкта та забезпечення контрольованого доступу до будинку. Вона формує багаторівневу систему реагування, у якій різні сенсорні та керуючі компоненти працюють у тісній взаємодії, створюючи надійний бар'єр для потенційних загроз. Основу підсистеми становлять датчики відкриття дверей і вікон, сенсори руху, удару та вібрації. Усі зібрані дані передаються до центрального контролера, який аналізує отримані сигнали, визначає рівень ризику та ініціює відповідні дії, включно з увімкненням сирени, надсиленням повідомлень власнику або автоматичним блокуванням доступу. [10]

Підсистема контролю доступу забезпечує персоналізоване та безпечне входження до будинку. Вона може використовувати різні методи ідентифікації, такі як електронні ключі, кодові панелі, біометричні сканери або мобільні додатки,

що гарантує керований і захищений доступ для мешканців і гостей. Інтелектуальні замки синхронізуються з іншими компонентами «smart home», що дозволяє автоматично фіксувати факт входу або виходу, активувати певні сценарії, наприклад вимикання сигналізації під час появи авторизованої особи чи навпаки — її активацію під час відсутності мешканців. Підсистема також забезпечує можливість дистанційного керування доступом, що дозволяє власнику відчиняти двері віддалено або переглядати архів подій у режимі реального часу. Таким чином формується комплексний механізм забезпечення безпеки, у якому технології сенсорного контролю та систем доступу працюють синхронно, створюючи надійний захист будинку та підтримуючи високий рівень комфорту для користувачів. [20]

Ця підсистема є ключовою у структурі «smart home», оскільки забезпечує захист житла від несанкціонованого проникнення та контроль входу до будинку.

Основні компоненти та функції:

- електронні та магнітні замки, модулі RFID, кодові панелі;
- датчики відкриття дверей та вікон;
- системи сигналізації з відправленням сповіщень у реальному часі;
- автоматичне блокування дверей за визначеними умовами;
- резервний канал повідомлень у разі втрати основного зв'язку.

Підсистема дозволяє контролювати доступ користувачів, вести журнал подій та оперативно реагувати на спроби проникнення.

3. Кліматична підсистема

Кліматична підсистема у структурі «smart home» відповідає за створення та підтримання комфортних умов у житловому просторі, забезпечуючи автоматизоване регулювання температури, вологості, якості повітря та вентиляції. Вона інтегрує різноманітні сенсорні модулі, які вимірюють температуру у різних приміщеннях, рівень вологості та якість повітря, а також відстежують наявність відкритих вікон або дверей. Зібрана інформація надходить до центрального контролера, який аналізує дані та відповідно коригує роботу опалювальних і охолоджувальних систем, кондиціонерів, вентиляторів та зволожувачів. Такий

підхід дозволяє автоматично підтримувати комфортний мікроклімат у кожній зоні будинку, створюючи індивідуальні умови для різних приміщень та сценаріїв використання, наприклад, «день», «ніч», «робота», «відпочинок» чи «відсутність мешканців». [23]

Кліматична підсистема також забезпечує енергоефективність, оскільки регулює споживання енергії на основі фактичних потреб та умов зовнішнього середовища. Наприклад, при відкритих вікнах або достатньому прогріві/охолодженні повітря система знижує потужність опалення або кондиціонування, запобігаючи непотрібним витратам енергії. Вона може взаємодіяти з іншими підсистемами «smart home»: датчики руху дозволяють визначати присутність людей і активувати відповідні сценарії кліматичного регулювання лише у зайнятих приміщеннях, а зв'язок із підсистемою управління енергоспоживанням допомагає оптимізувати навантаження на мережу. [24]

Користувач отримує можливість віддаленого контролю клімату через мобільні застосунки або веб-інтерфейс, задаючи бажані параметри або переглядаючи стан системи в реальному часі. Це створює комфортне середовище для проживання незалежно від пори року, погодних умов або часу доби, а також підвищує загальну ефективність та автономність будинку. Кліматична підсистема таким чином стає невід'ємною частиною «smart home», поєднуючи автоматизацію, адаптивність, енергозбереження та комфорт мешканців у єдину інтегровану систему. [28]

Кліматична підсистема відповідає за підтримання оптимальних параметрів мікроклімату в будинку шляхом автоматизованого регулювання температури, вологості та вентиляції.

Можливості підсистеми:

- керування опалювальними контурами на основі температурних датчиків;
- регулювання роботи кондиціонерів та вентиляційних систем;
- контроль вологості та якості повітря;
- створення персоналізованих температурних сценаріїв;

- економія енергії шляхом автоматичного зниження потужності у періоди відсутності користувачів.

Цей модуль взаємодіє з іншими підсистемами, наприклад, з датчиками вікон, щоб уникати неефективної роботи опалення.

4. Підсистема енергоменеджменту

Підсистема енергоменеджменту у структурі «smart home» відповідає за контроль та оптимізацію споживання електроенергії всіма пристроями будинку, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та зменшення енергетичних витрат. Вона збирає дані від усіх електроприладів, датчиків навантаження та розумних розеток, аналізує їхню роботу і формує рекомендації або автоматично коригує режим роботи обладнання для забезпечення оптимального енергоспоживання. Підсистема дозволяє визначати пік навантаження, виявляти пристрої з надмірним споживанням, а також запобігати перевантаженню електромережі, що підвищує безпеку експлуатації всього будинку. [25]

Аспектом роботи підсистеми є можливість інтеграції з іншими компонентами «smart home». Наприклад, вона може синхронізуватися з підсистемою керування освітленням, автоматично регулюючи яскравість світильників залежно від наявності мешканців і часу доби, або взаємодіяти з кліматичною підсистемою, оптимізуючи роботу опалення та кондиціонування відповідно до потреб і присутності людей у приміщеннях. Підсистема надає користувачу детальну інформацію про споживання енергії через мобільний застосунок або веб-інтерфейс, дозволяючи відстежувати витрати, встановлювати обмеження на використання певних приладів і формувати звіти для аналізу. [41]

Завдяки автоматизації та аналітичним функціям підсистема енергоменеджменту дозволяє значно зменшити витрати на електроенергію, продовжити ресурс роботи побутових пристроїв і створити більш безпечне та економічно ефективно середовище. Вона виступає важливим елементом інтегрованої системи «smart home», який забезпечує збалансовану роботу всіх електроприладів, підвищує комфорт проживання та сприяє раціональному використанню енергетичних ресурсів. [43]

Підсистема контролює споживання електроенергії та дозволяє оптимізувати використання електроприладів.

Головні функції:

- моніторинг струмового навантаження на кожній групі електроприладів;
- автоматичне вимкнення обладнання за відсутності користувачів;
- аналіз енергоспоживання та формування статистики;
- дистанційне керування розетками та мережевими модулями;
- захист від перевантаження електромережі.

Це допомагає зменшити витрати на електроенергію та підвищити безпеку електричних систем.

5. Підсистема управління побутовими пристроями

Підсистема управління побутовими пристроями у структурі «smart home» забезпечує централізований контроль за електротехнікою та побутовим обладнанням у будинку, створюючи єдину систему керування, яка дозволяє координувати роботу всіх пристроїв відповідно до встановлених сценаріїв і потреб користувачів. Вона інтегрує різноманітні електроприлади, такі як кухонне обладнання, мультимедійні системи, пральні та сушильні машини, кавоварки, телевізори та інші побутові прилади, надаючи можливість автоматичного або дистанційного керування ними через мобільні застосунки, голосові команди або централізовані панелі управління. [44]

Ця підсистема дозволяє формувати складні сценарії роботи пристроїв, наприклад, одночасне увімкнення кухонної техніки, мультимедіа та освітлення при настанні певного часу доби або за активністю користувачів у приміщенні. Вона також може синхронізуватися з іншими підсистемами «smart home»: інтеграція з кліматичною підсистемою дає змогу запускати опалення або кондиціонування перед включенням побутових приладів, взаємодія з підсистемою енергоменеджменту забезпечує оптимізацію споживання електроенергії, а взаємодія з підсистемою безпеки дозволяє блокувати або відключати окремі пристрої у разі спрацювання сигналізації. [42]

Користувач отримує повний контроль над усією побутовою технікою незалежно від місця перебування, може налаштовувати автоматичні режими, контролювати стан пристроїв у реальному часі та отримувати сповіщення про їх роботу або несправності. Завдяки такій інтеграції підсистема управління побутовими пристроями підвищує зручність та ефективність використання техніки, дозволяє економити енергоресурси, створює комфортні умови для проживання та сприяє безпечній експлуатації всіх електроприладів у будинку.

Підсистема забезпечує централізований контроль електротехніки та побутового обладнання в будинку.

Функції:

- запуск або вимкнення техніки через мобільний застосунок;
- інтеграція з кухонними, розважальними та мультимедійними пристроями;
- формування сценаріїв роботи («режим перегляду фільму», «режим очищення»);
- доступ до інформації про стан обладнання.

Вона підвищує зручність користування та автоматизує побутові процеси.

6. Підсистема комунікації та мережевої інфраструктури

Підсистема комунікації та мережевої інфраструктури є основою взаємодії всіх компонентів «smart home», оскільки вона забезпечує стабільне та надійне передавання даних між підсистемами, контролерами, сенсорними та виконавчими пристроями, а також з користувачем. Вона включає маршрутизатори, шлюзи, комутатори, локальні сервери та, у разі необхідності, хмарні платформи, які формують єдину інтегровану мережу, що забезпечує швидкий та безпечний обмін інформацією. Завдяки цій підсистемі всі підсистеми, включаючи освітлення, клімат, енергоменеджмент, відеоспостереження та управління побутовими пристроями, працюють узгоджено, а дані від сенсорів і виконавчих пристроїв оперативно надходять до центрального контролера для аналізу та формування відповідних команд. [45]

Мережеві компоненти забезпечують стабільне функціонування системи навіть у разі підключення численних пристроїв, підтримуючи високу пропускну

здатність та низьку затримку передачі даних. Інфраструктура підтримує різні протоколи зв'язку, що дозволяє інтегрувати як дротові, так і бездротові пристрої, забезпечуючи гнучкість у розширенні системи та додаванні нових модулів без необхідності повного перепроєктування. Підсистема також включає механізми захисту даних, шифрування та контроль доступу, що гарантує безпеку передавання інформації та запобігає несанкціонованому доступу до мережі.

Додатково підсистема комунікації дозволяє забезпечити віддалене керування всією системою «smart home», надаючи користувачу можливість через мобільний застосунок або веб-інтерфейс отримувати інформацію про стан усіх підсистем, переглядати відео, керувати освітленням, кліматом і побутовими пристроями незалежно від місця перебування. Таким чином, мережевий шар виступає центральною артерією інтегрованої системи, що забезпечує її злагоджену роботу, надійність, масштабованість та можливість адаптації під індивідуальні потреби користувачів. [48]

Усі підсистеми працюють в межах єдиної мережевої інфраструктури, яка забезпечує надійне передавання даних.

Складові елементи:

- мережеві маршрутизатори та комутатори;
- шлюзи для підключення модулів різних протоколів (Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave);
- сервери для локального зберігання даних;
- хмарні платформи для зовнішнього доступу.

Цей модуль забезпечує стабільну роботу всіх компонентів і захист переданих даних.

7. Інтеграційна підсистема

Інтеграційна підсистема у структурі «smart home» є центральним елементом, який об'єднує всі підсистеми в єдину керовану структуру, забезпечуючи їхню злагоджену взаємодію та ефективне функціонування будинку в цілому. Вона виступає своєрідним мозком системи, приймаючи дані від сенсорів, камер, кліматичних і енергетичних модулів, а також від підсистем управління освітленням і побутовими пристроями, і на основі цих даних формує команди для

виконавчих механізмів. Інтеграційна підсистема забезпечує централізоване керування, синхронізацію роботи всіх компонентів, а також реалізацію комплексних сценаріїв, які охоплюють одночасну роботу різних підсистем відповідно до потреб користувачів, часу доби, подій у будинку або зовнішніх умов. [23]

Ця підсистема дозволяє автоматично координувати роботу всіх модулів: наприклад, при спрацьовуванні сенсорів руху одночасно активується освітлення та надсилаються сповіщення власнику, а в разі потреби — коригується кліматичний режим і відключаються деякі електроприлади для економії енергії. Інтеграційна підсистема забезпечує також взаємодію з мобільними додатками та веб-інтерфейсами, надаючи користувачу можливість дистанційного контролю, перегляду стану будинку, управління сценаріями та внесення змін в роботу всіх підсистем у режимі реального часу. [41]

Головною перевагою інтеграційної підсистеми є створення єдиної інтелектуальної платформи, де всі підсистеми працюють узгоджено, що підвищує ефективність, надійність і безпеку будинку. Вона забезпечує адаптивність системи до змін потреб користувачів і зовнішніх умов, дає змогу масштабувати та модернізувати систему без порушення її роботи та формує основу для реалізації складних автоматизованих сценаріїв, що значно підвищує комфорт, зручність і безпеку проживання у «smart home».

Це центральний елемент, що об'єднує всі підсистеми в одну керовану структуру.

Її функції:

- синхронізація роботи апаратних компонентів;
- запуск автоматичних сценаріїв;
- управління логікою взаємодії між підсистемами;
- надання єдиного інтерфейсу керування.

Завдяки інтеграційній підсистемі всі модулі працюють комплексно, утворюючи повноцінне середовище «smart home».

1.2. Основні засоби реалізації автоматизованих систем приватних будинків

Для реалізації автоматизованих систем приватних будинків використовуються різноманітні програмні та апаратні засоби, що дозволяють створювати інтелектуальні, гнучкі та інтегровані рішення. Одними з таких засобів є Tinkercad, програмне середовище для моделювання та прототипування електронних схем, мова програмування, що використовується для програмування пристроїв у Tinkercad, та Figma, яка забезпечує розробку інтерфейсів для керування системою. [13]

Tinkercad є потужним і водночас доступним онлайн-інструментом для моделювання та прототипування електронних систем, що робить його надзвичайно корисним для реалізації автоматизованих систем приватних будинків. Ця платформа дозволяє створювати повноцінні електронні проекти, починаючи від простих схем із сенсорами і виконавчими пристроями та закінчуючи складними інтегрованими системами, де одночасно працюють кілька підсистем «smart home». [19] У середовищі Tinkercad користувач може проектувати схеми на базі мікроконтролерів, таких як Arduino, що дає змогу відтворювати логіку роботи підсистем без необхідності фізичного підключення компонентів. Платформа надає можливість з'єднувати сенсори, виконавчі пристрої, реле, світильники, вентилятори та інші електронні модулі у єдину систему, моделювати їхню взаємодію та відстежувати, як зміни у програмних налаштуваннях впливають на функціонування всієї системи. Особливу увагу приділено імітації реальних сценаріїв роботи підсистем. Наприклад, у Tinkercad можна змоделювати роботу освітлення залежно від присутності людей у приміщеннях, реакцію кліматичної підсистеми на зміни температури або вологості, запуск сигналізації при спрацюванні сенсорів безпеки чи активацію відеокамер при виявленні руху. [21] Це дозволяє на етапі проектування оцінити ефективність логіки взаємодії компонентів, перевірити правильність алгоритмів автоматизації та своєчасно внести зміни без ризику пошкодження обладнання. Крім того, Tinkercad дозволяє моделювати як дротові, так і бездротові з'єднання,

що важливо для побудови масштабованої мережі «smart home», де підсистеми можуть інтегруватися у єдину структуру через локальні контролери або хмарні платформи. [11]

Ця можливість віртуального тестування значно скорочує час і витрати на розробку реальної системи, оскільки всі потенційні помилки та конфлікти між модулями можна виявити на ранньому етапі. Крім того, Tinkercad надає інструменти для візуалізації роботи схем у режимі реального часу, що дозволяє бачити зміну станів сенсорів, логіку спрацювання виконавчих пристроїв та взаємодію підсистем у динаміці. Таким чином, Tinkercad не лише спрощує процес проєктування, а й забезпечує більш точне та безпечне планування інтеграції всіх підсистем «smart home», що особливо важливо для комплексних рішень у приватних будинках. [12]

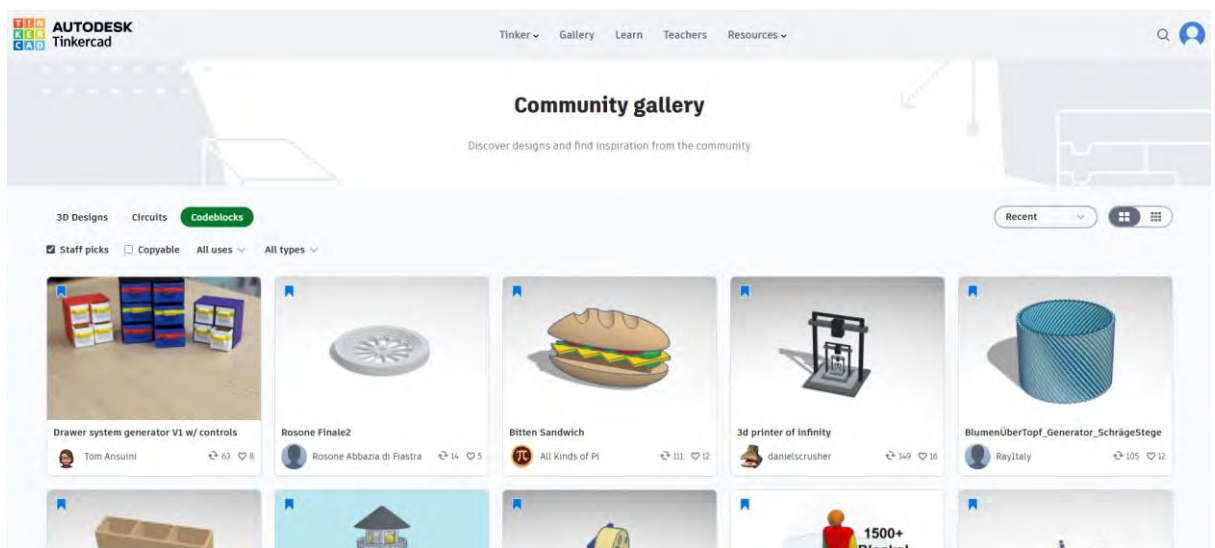


Рис.1.1. Галерея розробок в Tinkercad

Для програмування пристроїв у Tinkercad використовується мова C/C++, яка є стандартною для роботи з мікроконтролерами Arduino та іншими електронними платформами. Ця мова програмування поєднує високу ефективність і контроль над апаратними ресурсами з відносно простим синтаксисом, що робить її ідеальною для створення програм управління автоматизованими системами приватних будинків. Використання C/C++ дозволяє користувачу задавати чітку логіку роботи сенсорів, обробляти сигнали від датчиків у реальному часі та

управляти виконавчими пристроями, забезпечуючи високу точність і надійність роботи підсистем. [16]

Мова C/C++ надає можливість реалізувати складні сценарії автоматизації, де одна подія може запускати низку взаємопов'язаних дій. Наприклад, спрацювання датчика руху може ініціювати включення освітлення, увімкнення відеокамер, коригування кліматичних параметрів та відправку сповіщення власнику. Завдяки конструкціям мови, таким як цикли, умовні оператори, функції та масиви, програміст може гнучко налаштувати поведінку підсистем, визначати умови увімкнення або вимкнення пристроїв, регулювати інтенсивність освітлення, температуру, рівень вологості та режим роботи електроприладів. [31]

```
#include <cstdio>

int main()
{
    // 1. prompt user to enter coefficients
    std::puts("please enter a and b for `ax + b = 0`");

    // 2. read coefficients for equation `ax + b = 0`
    int a = 0;
    int b = 0;
    std::scanf("%d %d", &a, &b);

    // 3. solve equation `ax + b = 0`
    // solution: `x = -b / a`
    int x = -b / a;
    std::printf("solution: %d\n", x);
}
```

Рис.1.2. Приклад коду на мові програмування C

C/C++ також дозволяє інтегрувати роботу різних модулів у єдину систему, забезпечуючи синхронізацію підсистем та їхню взаємодію через центральний контролер. Це особливо важливо для «smart home», де одночасно працюють численні компоненти, і правильна взаємодія між ними визначає ефективність та безпеку всієї системи. [34] Крім того, мова підтримує прямий доступ до апаратних

ресурсів, що дозволяє оптимізувати споживання енергії та підвищувати швидкодію програм, створюючи надійну основу для автоматизованого управління всіма підсистемами будинку. [15]

Figma є потужним і універсальним інструментом для проектування інтерфейсів користувача, який широко використовується при створенні автоматизованих систем приватних будинків, зокрема для розробки інтерфейсів керування «smart home». [36] Основна функція Figma полягає у візуальному моделюванні графічних інтерфейсів, панелей керування, мобільних застосунків та веб-інтерфейсів, що дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі та зручні системи взаємодії користувача з усіма підсистемами будинку. [18]

Однією з переваг Figma є її онлайн-формат, що забезпечує доступ до проєктів з будь-якого пристрою та можливість спільної роботи декількох користувачів у режимі реального часу. [37] Це дозволяє команді розробників, дизайнерів та інженерів одночасно працювати над макетами, вносити зміни, обговорювати деталі та тестувати взаємодію елементів інтерфейсу без необхідності постійного обміну файлами. Такий підхід значно пришвидшує процес розробки та забезпечує високу точність і узгодженість між різними членами команди. [22]

Figma надає широкий набір інструментів для створення візуальних компонентів, таких як кнопки, слайдери, перемикачі, панелі стану, графіки, індикатори та меню, що дозволяє відтворювати всі функціональні можливості підсистем «smart home». [50] Користувач може легко формувати інтерактивні прототипи, задавати переходи між екранами, симулювати натискання кнопок та зміни станів приладів. [46] Це дозволяє протестувати логіку роботи інтерфейсу, оцінити зручність використання та впевнитися, що користувач зможе швидко і ефективно керувати освітленням, кліматом, системою безпеки, енергоменеджментом та побутовими пристроями. [29]

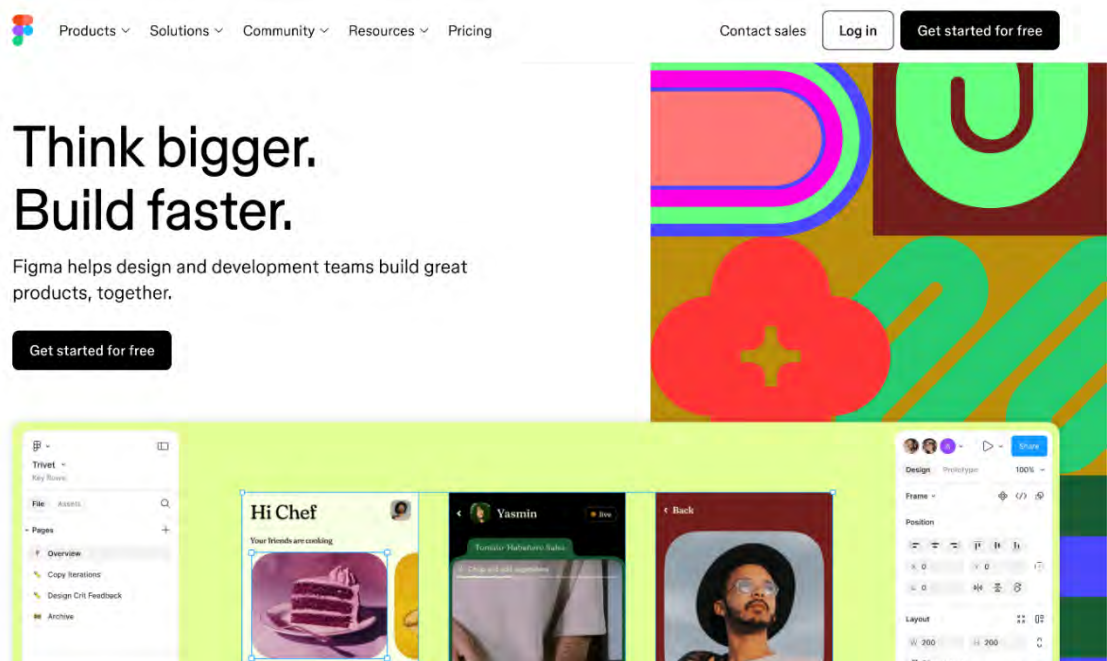


Рис.1.3. Головна сторінка Figma

Інструмент також підтримує створення адаптивних інтерфейсів, що важливо для «smart home», оскільки керування системою може здійснюватися через різні пристрої: смартфони, планшети, комп'ютери або інтерактивні панелі. [35] Figma дозволяє моделювати різні розміри екранів, співвідношення сторін, розташування елементів та їхній вигляд у різних умовах, забезпечуючи універсальність і зручність для кінцевого користувача. [47] Особливу увагу приділено співпраці з іншими платформами та експортом макетів, що дозволяє безпосередньо інтегрувати дизайн у програмні середовища та системи прототипування. [29] Наприклад, створені у Figma макети можна використовувати для керування екранами мобільного додатку, генерувати елементи для Tinkercad або інших симуляторів, що забезпечує єдність між візуальним дизайном та логікою роботи підсистем. [35]

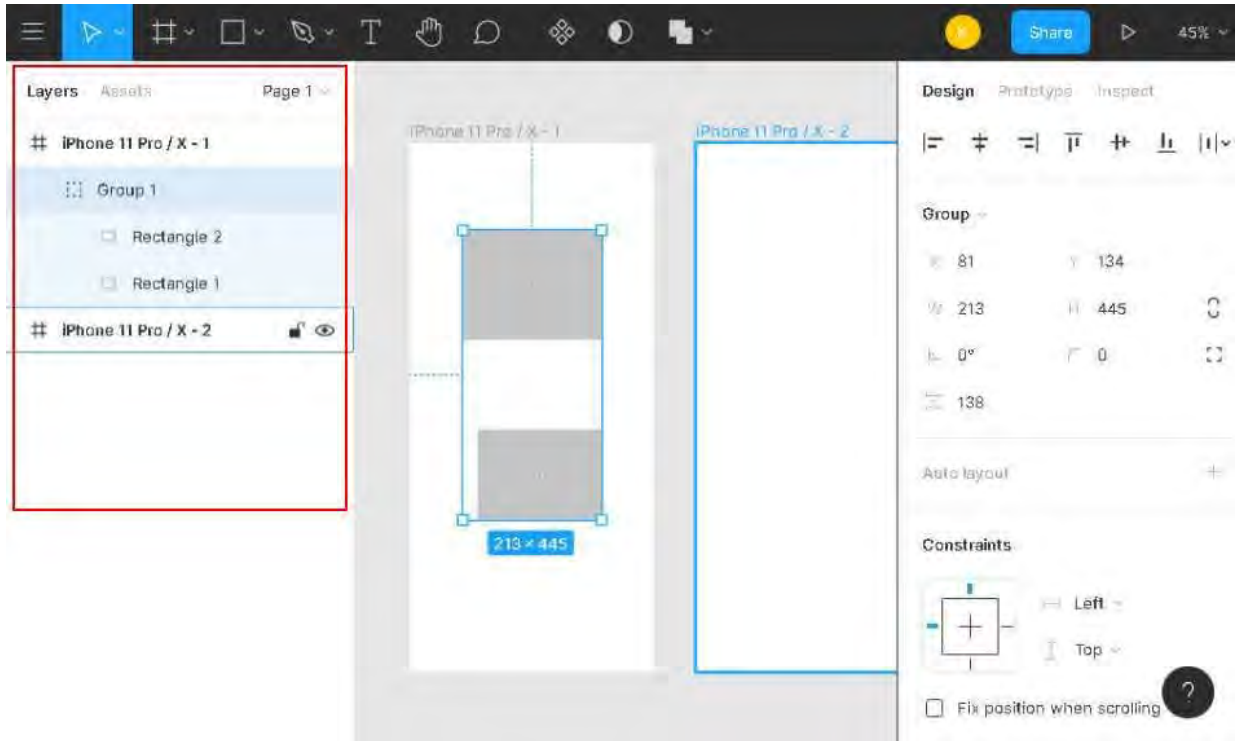


Рис.1.4. Інтерфейс Figma

Поєднання Tinkercad для прототипування та моделювання електронних схем, мови C/C++ для програмування мікроконтролерів і Figma для розробки інтерфейсів керування створює комплексне середовище реалізації автоматизованих систем приватних будинків. Це дозволяє розробляти інтегровані, гнучкі та зручні у використанні рішення, які забезпечують ефективне функціонування всіх підсистем «smart home» і відповідають сучасним вимогам комфорту, безпеки та енергоефективності. [31]

1.3. Порівняльний аналіз систем автоматизації для приватних будинків

Існує велика кількість систем автоматизації для приватних будинків, які відрізняються за функціональністю, рівнем інтеграції, типом управління та вартості. До основних систем можна віднести такі:

1. Loxone є однією з провідних комплексних систем автоматизації «розумного будинку», яка надає широкий спектр можливостей для інтеграції різних підсистем та сценарного керування всіма елементами будинку. Ця система створена для забезпечення максимальної зручності, комфорту та безпеки проживання, поєднуючи керування освітленням, кліматом, безпекою, мультимедійними пристроями, енергоспоживанням та побутовою технікою в

єдиній платформі. Loxone дозволяє налаштувати автоматичні сценарії, що спрацьовують залежно від часу доби, присутності мешканців, погодних умов або подій у будинку, що робить його управління інтуїтивно зрозумілим та адаптивним. Однією з ключових особливостей Loxone є його здатність інтегрувати різні типи пристроїв і підсистем у єдину мережу. Система підтримує як дротові, так і бездротові з'єднання, що забезпечує гнучкість у монтажі та можливість масштабування під потреби користувачів. [23] Наприклад, підсистема освітлення може бути налаштована таким чином, що лампи автоматично регулюють яскравість залежно від присутності людей, часу доби або зовнішнього освітлення, при цьому інтеграція з кліматичною підсистемою дозволяє підключати температурні датчики для оптимізації опалення та кондиціонування.

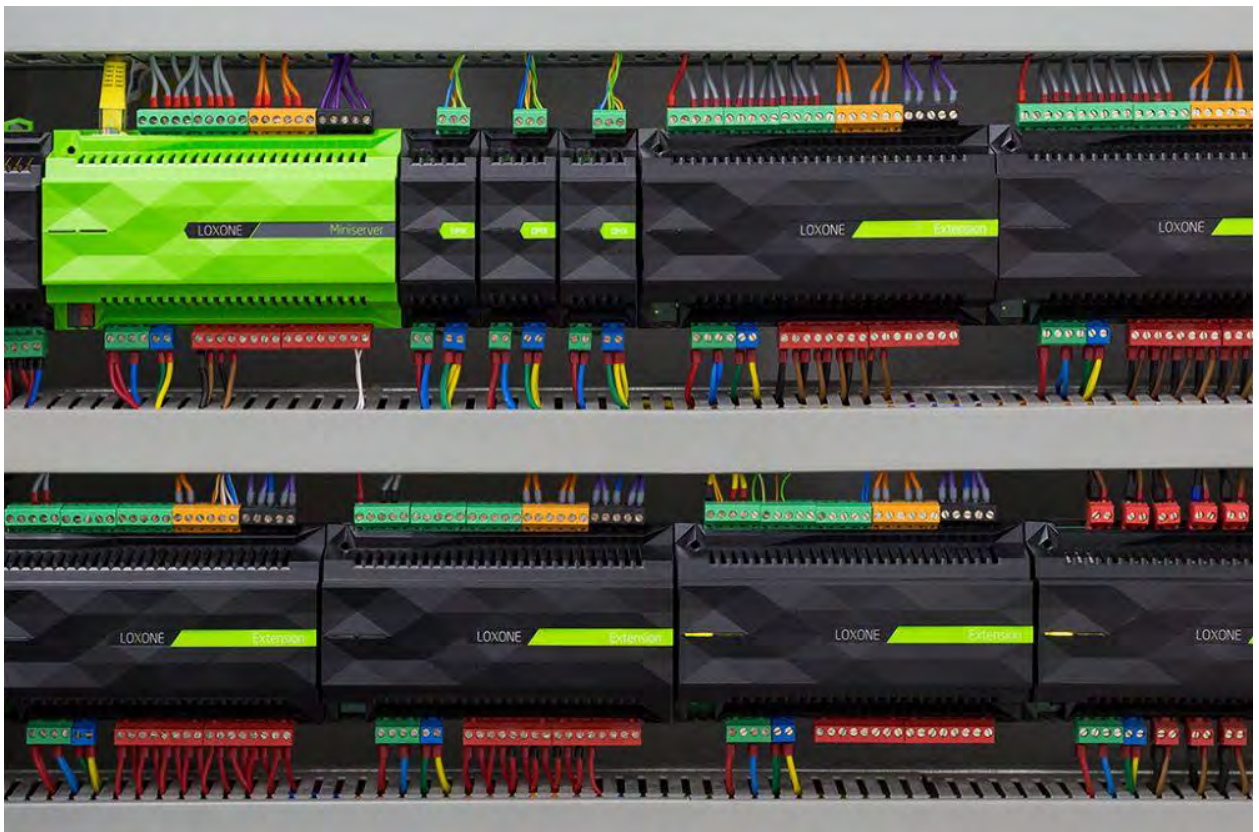


Рис.1.5. Автономна система Loxone

Loxone також надає можливість централізованого керування безпекою та контролем доступу, включаючи сигналізацію, датчики руху, детектори відкриття дверей та вікон, а також відеокамери. Система здатна виявляти потенційні загрози та автоматично активувати відповідні сценарії захисту, наприклад, увімкнення

освітлення, сповіщення користувача, активація запису відеокамер або блокування певних пристроїв. Крім того, Loxone інтегрує підсистему енергоменеджменту, що дозволяє контролювати споживання електроенергії, оптимізувати роботу побутових приладів та підвищувати енергоефективність будинку. [41]

Система підтримує дистанційне керування через мобільні застосунки, веб-інтерфейси та голосові команди, що дає можливість користувачу повністю контролювати всі підсистеми з будь-якого місця. Інтерфейс Loxone інтуїтивно зрозумілий і дозволяє легко налаштовувати нові сценарії, моніторити стан будинку в режимі реального часу та отримувати сповіщення про будь-які зміни чи події. Loxone є високоефективним рішенням для створення інтегрованого «розумного будинку», яке поєднує автоматизацію, безпеку, енергозбереження та комфорт, забезпечує гнучке налаштування сценаріїв під індивідуальні потреби користувачів і дозволяє масштабувати систему під розширення будинку чи додавання нових пристроїв. [1]

2. Fibaro є сучасною системою автоматизації «розумного будинку», яка працює на базі бездротового протоколу Z-Wave, що забезпечує надійний і стабільний обмін даними між усіма пристроями системи. Цей протокол дозволяє об'єднувати різноманітні сенсори, виконавчі механізми, реле, освітлювальні прилади, кліматичне обладнання, системи безпеки та мультимедіа у єдину мережу без необхідності прокладання великої кількості проводів, що робить Fibaro зручним для модернізації як нових, так і вже експлуатованих будинків.

Система Fibaro дозволяє централізовано керувати освітленням, автоматично регулюючи яскравість і колір світла залежно від часу доби, присутності мешканців або сценаріїв користувача. Керування кліматом забезпечує оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях шляхом інтеграції термостатів, кондиціонерів, вентиляції та датчиків температури та вологості. Підсистема безпеки включає детектори руху, датчики відкриття дверей і вікон, сигналізації та відеокамери, що дозволяє виявляти несанкціоновані дії та оперативно реагувати на загрози, активуючи попередньо задані сценарії захисту. Крім того, Fibaro інтегрує мультимедійні пристрої, що дає змогу керувати аудіо- та відеосистемами,

створювати автоматичні сценарії відтворення музики або відео відповідно до подій у будинку чи режиму присутності користувачів.



Рис.1.6. Система Fibaro

Fibaro відрізняється високим рівнем гнучкості та масштабованості, дозволяючи поступово розширювати систему додаванням нових пристроїв та інтегруючи їх у вже існуючі сценарії автоматизації. Користувачі можуть налаштовувати складні сценарії взаємодії підсистем, наприклад, автоматичне включення освітлення та відеоспостереження при спрацюванні датчика руху, або запуск кондиціонера та жалюзі для створення комфортного мікроклімату перед прихід гостей.

Система підтримує дистанційне керування через мобільні застосунки та веб-інтерфейси, що дозволяє контролювати всі підсистеми з будь-якої точки світу. Вона забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для налаштування та моніторингу, сповіщення про події, а також аналіз даних про споживання енергії та стан пристроїв.

3. Savant є преміальною системою автоматизації «розумного будинку», яка орієнтована на високий рівень комфорту та інтеграцію мультимедійних рішень у повсякденне життя мешканців. Основна мета цієї системи полягає у створенні максимально зручного та інтуїтивного середовища, де керування освітленням, кліматом, безпекою, енергоспоживанням та мультимедіа здійснюється централізовано та з високим рівнем персоналізації. Savant дозволяє створювати

автоматизовані сценарії, що спрацьовують залежно від часу доби, активності користувачів, зовнішніх умов або подій у будинку, забезпечуючи гармонійну роботу всіх підсистем. Особливу увагу в Savant приділено мультимедійним рішенням, що робить її привабливою для користувачів, які цінують якісне аудіо-та відеосприятливе середовище. Система дозволяє керувати домашніми кінотеатрами, аудіосистемами, потоковими сервісами, музикою та відео в різних кімнатах одночасно або за індивідуальними сценаріями. Наприклад, можна налаштувати сценарій «вечірній відпочинок», при якому автоматично приглушується освітлення, активується аудіосистема з обраним плейлистом і запускається улюблений фільм у домашньому кінотеатрі. [20]

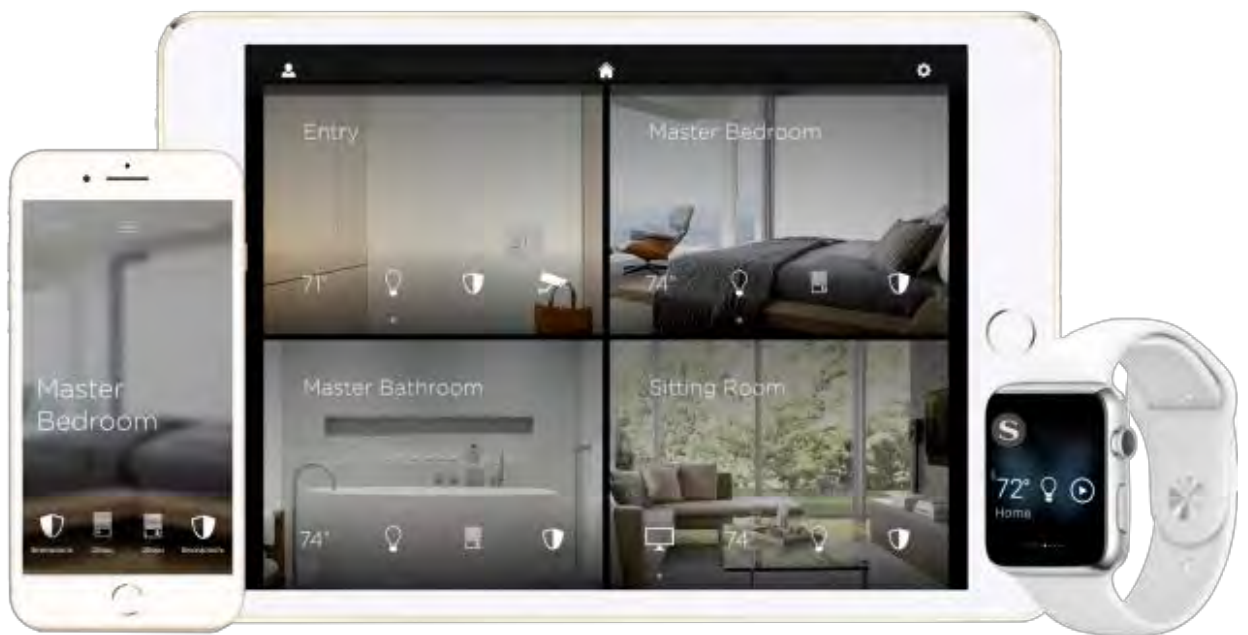


Рис.1.7. Система Savant

Savant забезпечує повну автоматизацію комфорту, інтегруючи керування освітленням, кліматом, жалюзі, опаленням, кондиціонерами та іншими системами, створюючи оптимальні умови для проживання без необхідності постійного ручного втручання. Користувач може задавати персоналізовані режими роботи будинку, наприклад, автоматичне включення світла та клімат-контролю при поверненні додому або поступове затемнення та відключення непотрібних пристроїв перед сном.

Система підтримує дистанційне керування через мобільні застосунки, планшети та голосові команди, що дозволяє контролювати всі підсистеми з будь-якого місця. Вона відрізняється інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, високою швидкістю реагування та надійністю роботи, що особливо важливо для преміальних об'єктів. Savant також дозволяє інтегрувати сторонні пристрої та сервіси, підтримує оновлення та масштабування системи без необхідності значного перепроектування.

4. Crestron є професійною системою автоматизації «розумного будинку», що забезпечує комплексне та високоефективне управління всіма підсистемами житлового або комерційного об'єкта. Основною перевагою Crestron є її здатність інтегрувати освітлення, клімат, безпеку, мультимедіа та енергоспоживання в єдину керовану платформу, що дозволяє досягти високого рівня комфорту, безпеки та енергоефективності. Ця система орієнтована на масштабні рішення та преміальні об'єкти, де важливі надійність, гнучкість та індивідуальна настройка кожного елементу будинку. [44]

Система Crestron дозволяє централізовано керувати освітленням, регулювати яскравість, кольорову температуру, а також програмувати сценарії автоматичного включення та вимкнення ламп залежно від часу доби, присутності людей або інших умов. Керування кліматичними системами передбачає інтеграцію опалення, кондиціонування, вентиляції та датчиків температури і вологості, що дозволяє підтримувати оптимальні параметри мікроклімату у всіх приміщеннях. Що стосується безпеки, Crestron інтегрує датчики руху, охоронну сигналізацію, відеоспостереження та контроль доступу, забезпечуючи автоматичне реагування на потенційні загрози. Наприклад, спрацювання датчика руху може ініціювати увімкнення освітлення, запис відео, надсилання сповіщення власнику та активацію сигналізації. [10]



Рис.1.8. Система Crestron

Система також надає широкі можливості для керування мультимедіа, включаючи аудіо- та відеосистеми, потокові сервіси, домашні кінотеатри та розподіл контенту між різними кімнатами. Завдяки цьому створюються персоналізовані сценарії, які автоматично налаштовують освітлення, звук і відео відповідно до обраного режиму чи події.

Crestron активно підтримує моніторинг та управління енергоспоживанням, що дозволяє оптимізувати використання електроенергії, контролювати роботу побутових та комерційних приладів і створювати сценарії економії енергії без втрати комфорту. Важливою особливістю системи є її масштабованість та інтеграція з іншими пристроями та сервісами, що дозволяє поєднувати різноманітне обладнання в єдину систему, централізовано керувати всіма підсистемами та адаптувати роботу будинку під індивідуальні потреби користувачів. Crestron підтримує управління через мобільні застосунки, панелі керування та голосові команди, що робить її зручною для користування та контролю з будь-якої точки світу.

Порівняльна таблиця проаналізованих систем

Параметр	Loxone	Fibaro	Savant	Crestron
Тип системи	Комплексна система «розумного будинку»	Бездротова система на протоколі Z-Wave	Преміальна система керування будинком	Професійна система автоматизації
Основні підсистеми	Освітлення, клімат, безпека, мультимедіа, енергоменеджмент	Освітлення, клімат, безпека, мультимедіа	Освітлення, клімат, безпека, мультимедіа	Освітлення, клімат, безпека, мультимедіа
Протокол / технологія	Дротове та бездротове з'єднання	Z-Wave (бездротове)	Дротове та бездротове	Дротове та бездротове
Сценарне управління	Повна підтримка складних сценаріїв	Підтримка сценаріїв автоматизації	Автоматизація комфорту та мультимедіа	Повна підтримка складних сценаріїв та інтеграції
Можливості інтеграції	Висока, включає більшість підсистем будинку	Середня, сумісність з Z-Wave-пристроями	Висока, преміальна інтеграція мультимедіа	Дуже висока, професійне масштабоване рішення
Дистанційне керування	Мобільні застосунки, веб-інтерфейс	Мобільні застосунки, веб-інтерфейс	Мобільні застосунки, голосові команди	Мобільні застосунки, панелі керування
Масштабованість	Висока, легко додаються нові підсистеми	Середня, обмежена кількість Z-Wave-пристроїв	Висока, розширення за потреби користувача	Дуже висока, підтримка великих об'єктів
Основна перевага	Комплексність і гнучкість	Простота бездротової інтеграції	Преміальний комфорт та мультимедіа	Професійна надійність та масштабованість
Цільова аудиторія	Середні та великі приватні будинки	Середні та невеликі будинки	Преміальні об'єкти, користувачі з високими вимогами	Преміальні та комерційні об'єкти

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі проведено комплексний аналіз теоретичних основ систем «розумний будинок», їхньої структури та засобів реалізації, що дозволяє сформулювати цілісне уявлення про сучасні підходи до автоматизації приватних будинків. Було визначено, що структура «smart home» складається з низки взаємопов'язаних підсистем, серед яких керування освітленням, безпека та контроль доступу, відеоспостереження, кліматичний контроль, енергоменеджмент, управління побутовими пристроями, мережеві комунікації та інтеграційна підсистема. Кожна з підсистем виконує конкретні функції, але лише при інтеграції у єдину систему забезпечується повний контроль, автоматизація та ефективне управління будинком.

Проаналізовано основні засоби реалізації автоматизованих систем, серед яких Tinkercad як інструмент для моделювання електронних схем і тестування роботи підсистем без фізичного монтажу, мова програмування C/C++ для налаштування логіки роботи сенсорів та виконавчих механізмів, а також Figma для розробки інтуїтивно зрозумілих та адаптивних інтерфейсів керування. Використання цих засобів забезпечує можливість створення гнучких, надійних і масштабованих рішень, що відповідають сучасним вимогам до комфорту та безпеки.

Також проведено порівняльний аналіз популярних систем автоматизації, таких як Loxone, Fibaro, Savant, Crestron, KNX та інші, що дозволяє виділити їхні переваги, недоліки, сфери застосування та особливості інтеграції підсистем. Було встановлено, що вибір конкретної системи залежить від масштабів об'єкта, потреб користувача, бюджету та бажаного рівня автоматизації, при цьому кожна система забезпечує певний рівень комфорту, безпеки та енергозбереження.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ «SMART HOME»

2.1. Дослідження моделі автоматизованої системи приватного будинку

В ході дослідження моделі автоматизованої системи приватного будинку були розглянуті апаратні компоненти, що формують основу роботи підсистем освітлення, безпеки, кліматичного контролю та автоматизації рухомих елементів. Кожен із них виконує чітко визначену функцію та забезпечує узгоджену роботу всієї системи, дозволяючи реалізувати повноцінну модель «smart home» з широкими можливостями керування та моніторингу. До складу досліджуваної системи входять такі компоненти:

Arduino Uno R3 є центральним контролером автоматизованої системи приватного будинку та виконує роль мозку всієї інтегрованої системи. Він забезпечує збір, обробку та аналіз даних від усіх підключених сенсорів, включно з датчиками руху, освітленості, температури, газу та ультразвуковими датчиками відстані. Arduino Uno приймає ці дані у вигляді електричних сигналів, перетворює їх у цифрову форму, обробляє за закладеною програмною логікою та ухвалює рішення про подальші дії системи. [17]

Контролер також відповідає за керування виконавчими механізмами та реле, що включають освітлення, електроприлади, серводвигуни та інші елементи автоматизації. Завдяки цьому Arduino координує роботу всіх підсистем, забезпечуючи синхронізацію дій, своєчасне реагування на події та виконання сценаріїв автоматизації. [26]

Він інтегрує роботу таких підсистем, як:

- Підсистема освітлення, де контролює включення та вимкнення ламп залежно від рівня освітлення та присутності людей у приміщенні;
- Кліматична підсистема, де аналізує дані з температурних сенсорів і керує обігрівачами або вентиляторами для підтримки оптимальних умов;
- Підсистема безпеки та контролю доступу, забезпечуючи обробку сигналів від PIR-датчиків, газових сенсорів та ультразвукових датчиків і активуючи сирени або реле при небезпечних ситуаціях;

Arduino Uno R3 працює як центральний вузол комунікації, отримуючи сигнали від сенсорів і передаючи команди виконавчим елементам, забезпечуючи при цьому гнучкість, швидку реакцію та надійність системи. Завдяки простоті програмування та наявності цифрових і аналогових входів/виходів Arduino здатен масштабуватися, підключати нові сенсори або реле без потреби значних змін у схемі, що робить його ідеальним вибором для побудови інтегрованого «розумного будинку». [27]

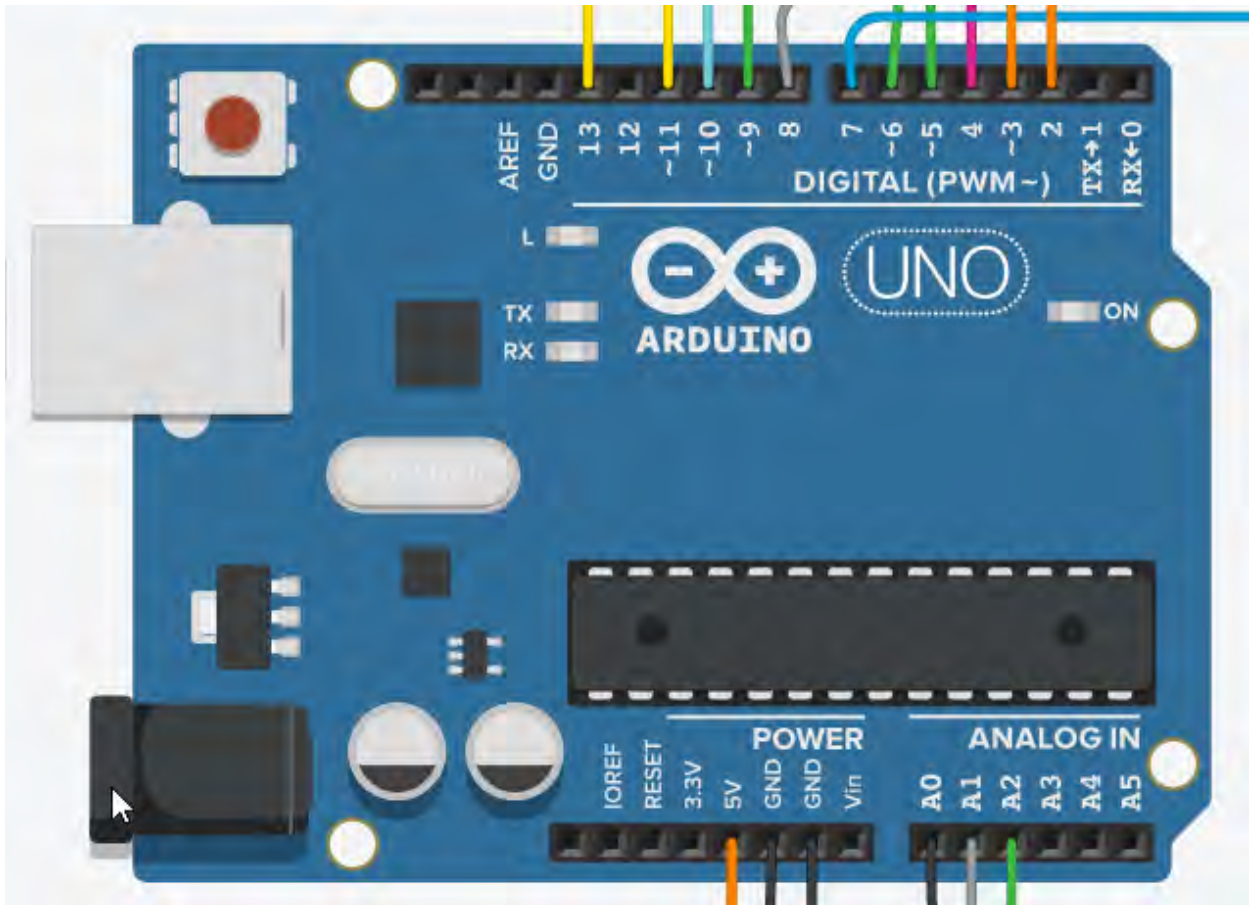


Рис.2.1. Arduino Uno R3

В цілому, Arduino Uno R3 є серцем системи «smart home», яке забезпечує повноцінне управління, моніторинг та автоматизацію всіх функціональних елементів будинку, гарантує стабільну роботу підсистем і дозволяє реалізовувати складні сценарії автоматизації. [30]

PIR-датчик (Passive Infrared Sensor) є ключовим елементом підсистеми безпеки та автоматизації освітлення у системі «розумного будинку». Його основне призначення – виявлення присутності людей або руху у приміщенні та на

зовнішніх територіях. Датчик працює за принципом реєстрації інфрачервоного випромінювання, яке випромінює тіло людини, і реагує на зміни теплового фону навколишнього середовища.



Рис.2.2. PIR-сенсор

PIR-датчик підключений до центрального контролера Arduino, який отримує сигнали про рух і на їх основі активує сценарії автоматизації. Наприклад, при виявленні присутності датчик подає сигнал на Arduino, і система може автоматично увімкнути освітлення у приміщенні або на вулиці, що забезпечує комфорт і енергозбереження. Водночас PIR-сенсор виконує важливу функцію підсистеми безпеки. Він дозволяє швидко реагувати на несанкціоноване проникнення – у разі виявлення руху в зоні охорони датчик передає сигнал на Arduino, який активує сирену або сповіщення для власника будинку. Це дозволяє скоротити час реагування на потенційні загрози та підвищити рівень безпеки. PIR-датчик простий у використанні та налаштуванні, має високу надійність і здатен працювати в різних умовах освітлення та температури. Він забезпечує

безперервний моніторинг, не споживаючи значної кількості енергії, що робить його ефективним рішенням для інтегрованої системи «smart home».

M1, M2 – DC Motor

Постійні двигуни, які застосовуються для автоматизації рухомих елементів будинку, наприклад, жалюзі, штор або вентиляторів. Arduino через драйвер H-bridge керує їх роботою.

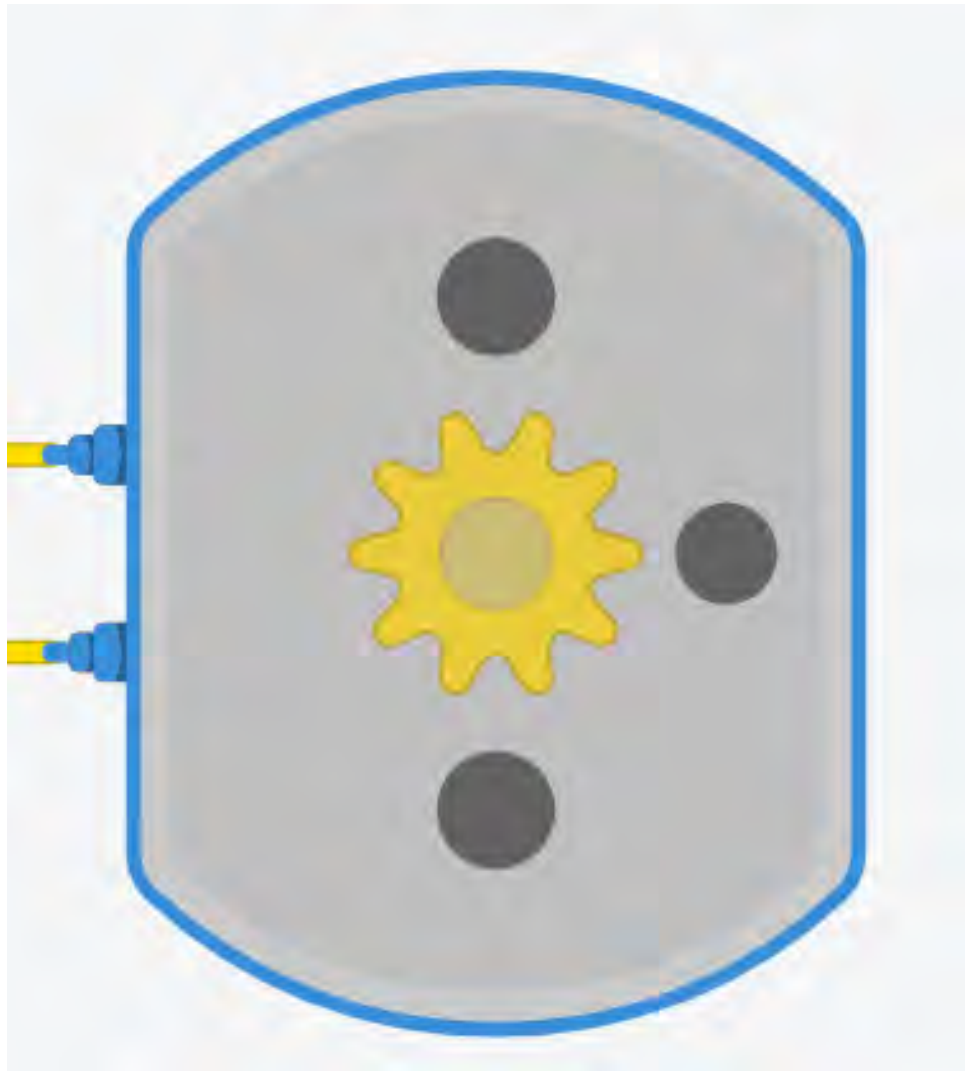


Рис.2.3. DC Motor

Батареї напругою 9 В є джерелами живлення для сенсорів, реле та інших компонентів автоматизованої системи «розумного будинку». Вони забезпечують автономне функціонування системи, дозволяючи підсистемам працювати навіть у разі відсутності електроживлення від мережі, що підвищує надійність та безпеку.



Рис.2.4. Батареї напругою 9 В

Ці батареї підключаються до компонентів, які потребують постійної напруги, забезпечуючи стабільне живлення для датчиків руху, освітленості, температури та ультразвукових сенсорів, а також для керування реле та виконавчих механізмів. Завдяки цьому Arduino та підключені пристрої отримують необхідний струм для виконання своїх функцій: збирання даних, обробки сигналів і активації виконавчих елементів. Батареї 9 В дозволяють системі працювати поза межами основної електромережі, що особливо важливо для підсистем безпеки, адже у разі відключення електроенергії сигналізація, датчики руху та аварійне освітлення залишаються активними. Вони забезпечують короткочасне автономне живлення

для експериментальної або тестової моделі системи, даючи змогу перевіряти сценарії роботи підсистем у реальних умовах. [32]

DIST1 – Ultrasonic Distance Sensor (4-pin)

Ультразвуковий датчик для визначення відстані до об'єктів. Використовується для контролю відкриття дверей, виявлення перешкод і забезпечення безпеки території.

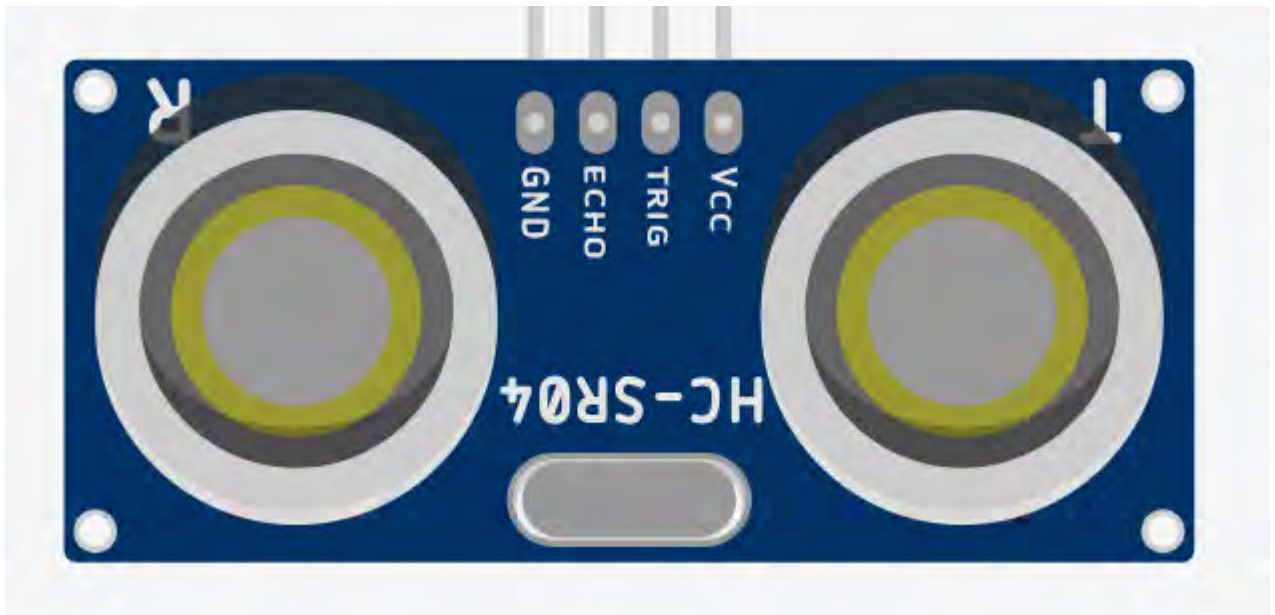


Рис.2.5. Ultrasonic Distance Sensor

R1 – Photoresistor

Фоторезистор є сенсором, призначеним для вимірювання рівня освітлення в приміщенні або на зовнішніх ділянках будинку. Його робота базується на зміні опору залежно від інтенсивності падаючого світла: при високому рівні освітлення опір зменшується, а при низькому – збільшується. Ця характеристика дозволяє точно визначати природний рівень освітленості і передавати ці дані на центральний контролер Arduino.



Рис.2.6. Фоторезистор

Фоторезистор застосовується для автоматичного керування освітленням, що підвищує комфорт мешканців та економію електроенергії. Наприклад, коли датчик фіксує недостатнє природне освітлення у кімнаті, Arduino активує відповідні лампи, а при достатньому рівні світла система вимикає освітлення, запобігаючи марнотратному використанню електроенергії.

В інтегрованій системі «розумного будинку» фоторезистор також може поєднуватися з іншими сенсорами, наприклад, з PIR-датчиком руху, щоб включати світло тільки тоді, коли в кімнаті є люди і рівень освітлення недостатній. Це забезпечує гнучкі сценарії автоматизації, роблячи систему більш інтелектуальною та адаптивною до умов навколишнього середовища.

GAS1 – Gas Sensor

Датчик газу призначений для виявлення витоків небезпечних газів у приміщенні, таких як природний газ, пропан або чадний газ. При підвищенні концентрації газу сенсор генерує сигнал, який передається на центральний контролер Arduino для подальшої обробки та активації захисних сценаріїв.

Датчик газу забезпечує автоматичне реагування на загрозу, що включає миттєве увімкнення сирен або п'єзоелемента, сповіщення користувача через мобільний додаток або інші інтегровані системи, а також може ініціювати активацію вентиляційних систем для зниження концентрації газу. Завдяки цьому мешканці отримують швидке попередження про небезпечну ситуацію, що дозволяє запобігти вибухам, отруєнням або іншим аварійним наслідкам. Інтеграція газового датчика в систему «smart home» дозволяє поєднати його роботу з іншими підсистемами безпеки, наприклад, із PIR-датчиками або сигналізацією, забезпечуючи комплексний контроль стану приміщення та максимально швидке реагування на надзвичайні події.



Рис.2.7. Gas Sensor

D1 – Green LED, D2 – Red LED

Світлодіоди для індикації стану системи або підсистем. Наприклад, зелений LED може сигналізувати про нормальну роботу, а червоний – про тривогу чи помилку.

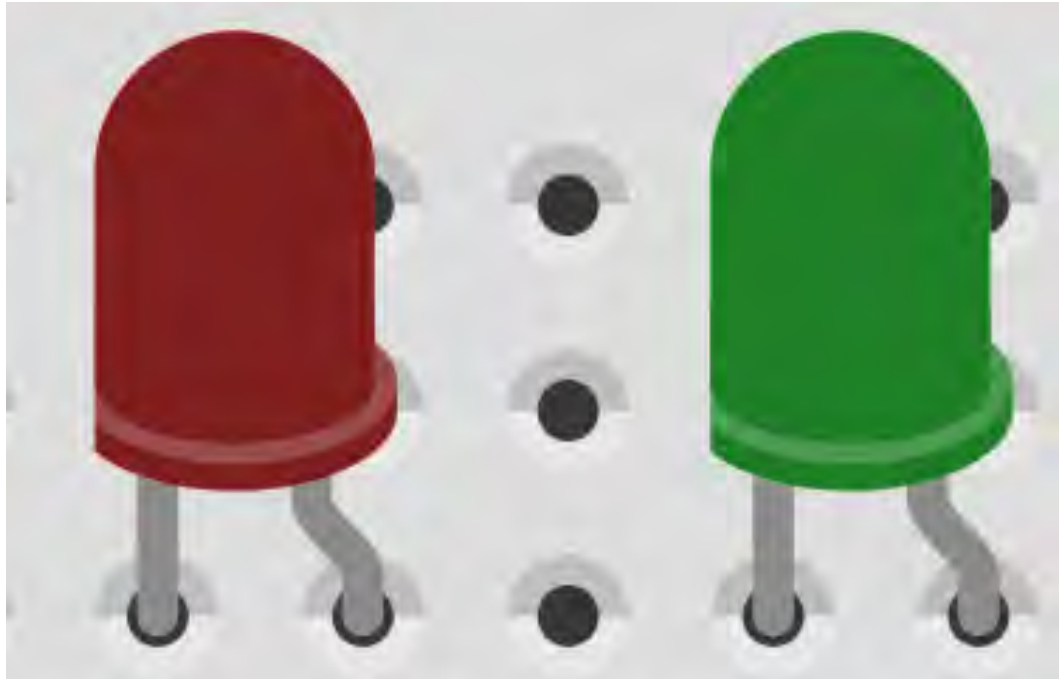


Рис.2.8. Світлодіоди

PIEZO1 – Piezo

П'єзоелемент виконує роль основного звукового оповіщувача в системі «розумного будинку». Він генерує гучні та чіткі звукові сигнали, які використовуються для миттєвого інформування користувача про критичні події або зміну стану окремих підсистем.

П'єзоелемент забезпечує сирену тривоги при спрацюванні датчиків руху, газу чи дистанційних сенсорів, створюючи гучний сигнал, що слугує попередженням про небезпеку та відлякує порушників. Крім аварійного режиму, п'єзо використовується для системних звукових повідомлень, наприклад, підтвердження виконання команди, увімкнення чи вимкнення живлення, активації режимів охорони або повідомлення про помилки в роботі пристроїв. Завдяки низькому енергоспоживанню та швидкому відгуку, п'єзоелемент ефективно поєднується з Arduino та іншими електронними компонентами, забезпечуючи оперативний зворотний зв'язок у будь-якому сценарії роботи системи.



Рис.2.9. П'єзоелемент

K1, K2 – Relay SPDT

Реле SPDT виконують функцію силових комутаторів, які дозволяють керувати електроприладами, що працюють від мережі або потребують значно більшого струму, ніж може надати Arduino. Кожне реле має один перемикаючий контакт, тому здатне перемикати навантаження між двома станами: увімкнено та вимкнено. [33]



Рис.2.10. Relay SPDT

У системі «розумного будинку» реле використовуються для прямого керування лампами, електродвигунами, вентиляторами, нагрівальними елементами чи іншими побутовими пристроями, забезпечуючи їх стабільну роботу під контролем центрального мікроконтролера. Реле отримує низьковольтний сигнал від Arduino, що активує електромагнітний механізм усередині реле й перемикає контакти, подаючи або розриваючи живлення високої напруги на підключеному обладнанні. Реле K1 і K2 є важливими компонентами для реалізації автоматизованого керування освітленням, силовими пристроями та елементами енергоспоживання, дозволяючи системі точно та надійно контролювати зовнішні підсистеми будинку. [38]

L1, L2 – Light bulb

L1 та L2 виконують функцію освітлювальних елементів, які використовуються для демонстрації та реалізації автоматизованого керування освітленням у системі «розумного будинку». Кожна лампа підключена через реле, що дозволяє контролеру точно керувати їхнім станом — увімкненням, вимкненням та можливими сценарними режимами. [39]

Лампи служать для моделювання роботи реального домашнього освітлення та показують, як система реагує на зовнішні фактори: рівень освітленості, рух, час доби чи дистанційні команди. У поєднанні з фоторезистором, датчиком руху та реле лампи демонструють автоматичне регулювання освітлення, підвищення енергоефективності та забезпечення комфорту користувача. L1 та L2 є ключовими елементами підсистеми освітлення, оскільки забезпечують візуальний результат роботи логіки та алгоритмів керування, що робить їх необхідними для повноцінного функціонування автоматизованої моделі приватного будинку. [49]



Рис.2.11. Light bulb

U2 – Temperature Sensor (TMP36)

ТМР36 є високочутливим аналоговим датчиком температури, який забезпечує точне вимірювання теплових параметрів у приміщенні та служить основним елементом кліматичної підсистеми «smart home». Він формує стабільний аналоговий сигнал, що пропорційно змінюється залежно від температури довкілля, дозволяючи контролеру отримувати актуальні дані та оперативно реагувати на зміни мікроклімату. [51]

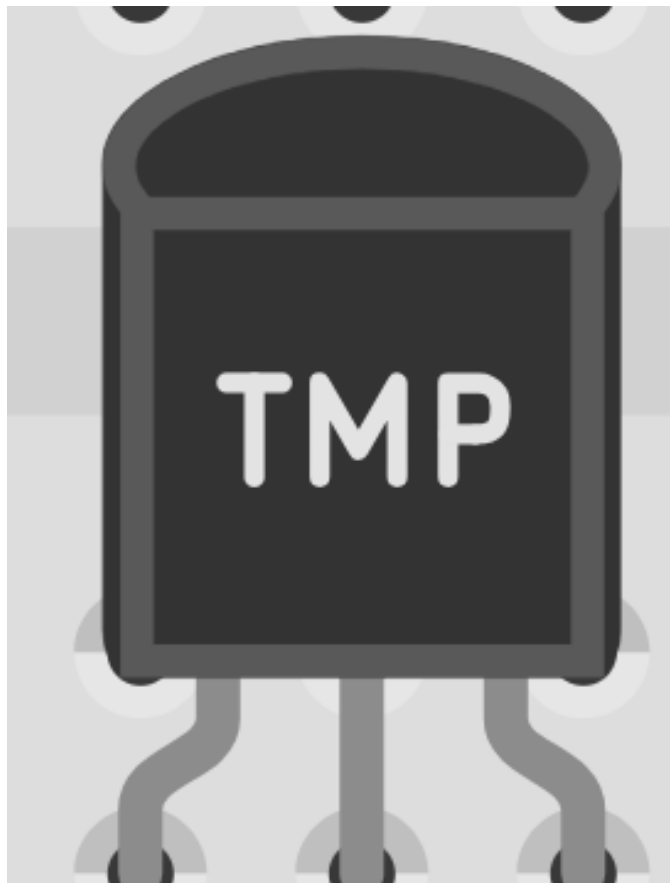


Рис.2.12. Temperature Sensor

Датчик використовується для безперервного моніторингу температури в будинку, забезпечуючи системі можливість підтримувати комфортні умови в житлових приміщеннях. Його показники застосовуються для автоматичного керування опалювальним обладнанням, вентиляційними системами та кондиціонерами. На основі цих даних контролер може активувати нагрів, зменшувати або збільшувати інтенсивність охолодження, а також регулювати роботу вентиляції для досягнення встановлених користувачем температурних параметрів. ТМР36 працює стабільно в широкому діапазоні температур, що робить його надійним інструментом для точного кліматичного контролю. Він

дозволяє системі не лише підтримувати заданий комфортний рівень, але й оптимізувати енергоспоживання, зменшуючи непотрібне навантаження на техніку та забезпечуючи ефективну роботу кліматичної підсистеми.

R2, R3, R4, R6 – 1 k Ω Resistor

Резистори номіналом 1 k Ω виконують функцію стабілізації та обмеження електричного струму у ключових ділянках схеми «smart home». Вони необхідні для захисту сенсорів, світлодіодів, реле та інших елементів від перевантаження, оскільки без обмеження струму окремі компоненти могли б перегрітися або вийти з ладу. Ці резистори гарантують безпечну роботу системи, зменшуючи струм до допустимих значень і забезпечуючи коректне функціонування електронних елементів у різних режимах. Крім того, вони формують стабільні умови для зчитування аналогових та цифрових сигналів, виключаючи шум та перешкоди, що дозволяє контролеру отримувати точні дані від сенсорів.



Рис.2.13. Резистор

R5 – 5 k Ω Resistor

Резистор номіналом 5 к Ω використовується як ключовий елемент у схемах подільника напруги, які застосовуються для формування точних аналогових сигналів, що зчитуються Arduino. Він працює разом із фоторезистором або іншим датчиком, створюючи змінну напругу на основі параметрів освітленості або іншої вимірюваної величини. Такий підхід дозволяє контролеру отримувати точні та стабільні значення, необхідні для автоматичного керування освітленням, кліматичними блоками чи іншими модулями системи. Резистор 5 к Ω забезпечує правильний баланс чутливості та стабільності сигналу, що є важливим для високої точності роботи сенсорних підсистем «smart home».

U3 – H-bridge Motor Driver (L293D)

Драйвер двигунів L293D є ключовим елементом для забезпечення керування електродвигунами в автоматизованому приватному будинку. Він дозволяє Arduino працювати з DC-моторами та окремими типами сервоприводів, надаючи необхідний рівень струму та забезпечуючи можливість змінювати напрямок обертання валу. Оскільки контролер сам по собі не здатний подавати достатній струм для двигунів, L293D виконує роль силового підсилювача, що стабілізує живлення та керує мотором без перевантаження системи.



Рис.2.14. H-bridge Motor Driver

L293D дозволяє керувати моторами у двох напрямках, реалізуючи функцію реверсу, що є необхідним для створення рухомих механізмів у рамках «smart home». Це можуть бути автоматичні дверні засуви, вентиляційні заслінки, сервомеханізми для повороту камер, системи відкриття вікон чи жалюзі.

Драйвер забезпечує плавний запуск, стабільну роботу та можливість точного контролю швидкості обертання, що підвищує загальну точність і надійність автоматизації. В моделі він виступає як центральний силовий модуль для виконання рухових завдань, забезпечуючи стабільну взаємодію між Arduino та механічними елементами будинку. Завдяки йому система може реалізовувати складні сценарії, пов'язані з пересуванням елементів, покращуючи функціональність і рівень автоматизації всієї інфраструктури «smart home».

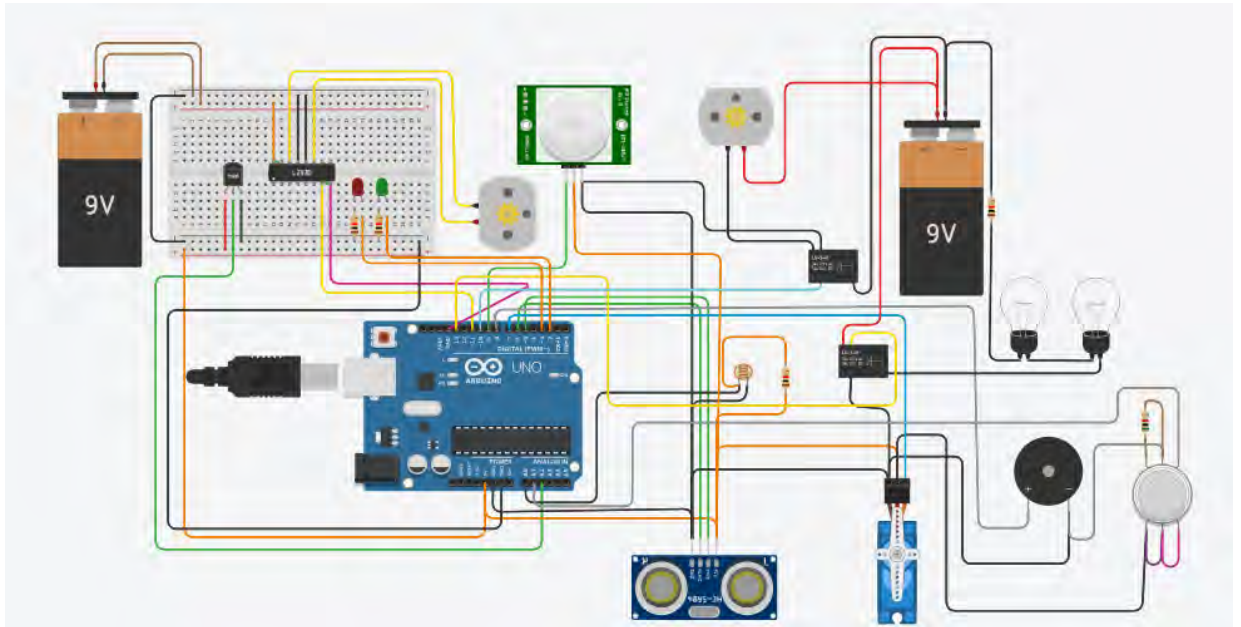


Рис.2.15. Реалізація системи в tinkercad

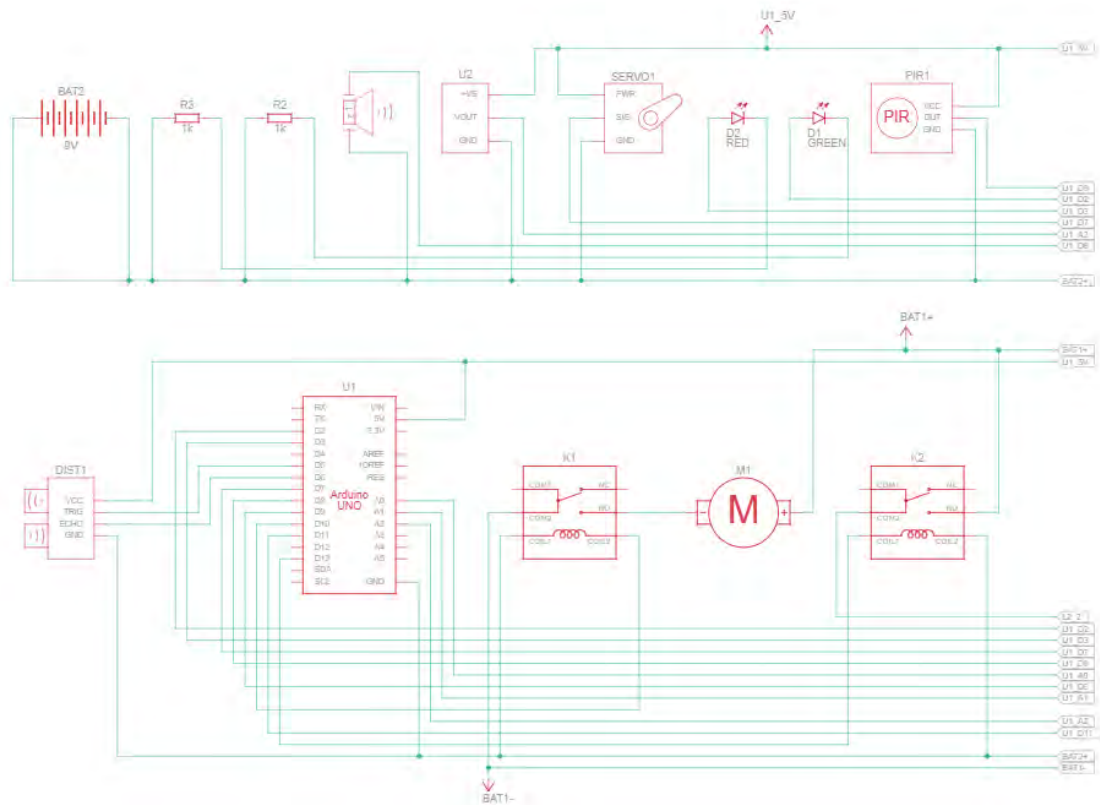


Рис.2.16. Схематичне представлення системи

2.2. Розробка програмного забезпечення, алгоритму моніторингу та захисту автоматизованої підсистеми «smart home»

Моніторинг автоматизованої системи «smart home» проводиться на веб-сайті, який отримує дані від сенсорів та відображає їх у режимі реального часу. Сайт складається з HTML-структури, CSS-оформлення та JavaScript-логіки, яка відповідає за приймання та оновлення інформації про стан системи: температуру, рівень освітлення, рух, газ, дистанцію, статус реле та інші параметри. Дані передаються у веб-інтерфейс через локальний сервер або модуль зв'язку Arduino.

```
<meta charset="UTF-8">
<title>Моніторинг Smart Home</title>
<link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>

<body>
  <h1>Панель моніторингу Smart Home</h1>

  <div class="sensor">
    <h2>Температура</h2>
    <p id="tempValue">— °C</p>
  </div>

  <div class="sensor">
    <h2>Освітлення</h2>
    <p id="lightValue">— lux</p>
  </div>

  <div class="sensor">
    <h2>Рух</h2>
    <p id="motionValue">—</p>
  </div>

  <div class="sensor">
    <h2>Газ</h2>
    <p id="gasValue">—</p>
  </div>
</body>
```

Рис.2.17. Частина коду елементів HTML

`<div class="sensor">` — блок для кожного сенсора.

`id="tempValue"` — елемент, у який JavaScript вставляє поточне значення температури.

Сторінка містить заголовок і панель зі значеннями всіх сенсорів, що оновлюються в реальному часі.

```

body {
    font-family: Arial, sans-serif;
    background: #111;
    color: #fff;
    padding: 20px;
}

h1 {
    text-align: center;
    margin-bottom: 30px;
}

.sensor {
    background: #222;
    padding: 15px;
    margin-bottom: 20px;
    border-radius: 10px;
    box-shadow: 0 0 10px #000;
}

```

Рис.2.18. Частина коду CSS

```

function updateData() {
    fetch("http://localhost:8080/data")
        .then(response => response.json())
        .then(data => {
            document.getElementById("tempValue").textContent = data.temperature + " °C";
            document.getElementById("lightValue").textContent = data.light + " lux";
            document.getElementById("motionValue").textContent = data.motion ? "Рух виявлено" : "Немає руху";
            document.getElementById("gasValue").textContent = data.gas ? "Н небезпека газу!" : "Немає газу";
            document.getElementById("distValue").textContent = data.distance + " cm";
        });
}

```

Рис.2.19. Частина коду JavaScript

`fetch("http://localhost:8080/data")` JavaScript звертається до сервера, який передає значення сенсорів (наприклад, Arduino з Ethernet/Wi-Fi).

`response.json()` — перетворення відповіді на формат JSON.

Запис значень у HTML через `textContent` — миттєве оновлення даних на сторінці.

`setInterval(updateData, 1000)` — оновлення один раз на секунду.

Розробка програмного забезпечення для автоматизованої системи «smart home» проводилася у двох основних середовищах, що забезпечували як функціональну, так і візуальну складову моделі. Для програмування та моделювання електронних компонентів використовувався Tinkercad, який дозволяє створювати інтерактивні електронні схеми та перевіряти логіку роботи сенсорів, реле, двигунів та інших виконавчих елементів.

```

1 #include <Servo.h>
2
3 int output1Value = 0;
4 int sen1Value = 0;
5 int sen2Value = 0;
6 int const gas_sensor = A1;
7 int const LDR = A0;
8 int limit = 400;
9 int celsius = 0;
10 int fahrenheit = 0;
11 int Ena=7;
12
13 long readUltrasonicDistance(int tr
14 {
15     pinMode(triggerPin, OUTPUT);
16     digitalWrite(triggerPin, LOW);
17     delayMicroseconds(2);
18
19     digitalWrite(triggerPin, HIGH);
20     delayMicroseconds(10);
21     digitalWrite(triggerPin, LOW);
22     pinMode(echoPin, INPUT);
23
24     return pulseIn(echoPin, HIGH);
25 }

```

Рис.2.20. Частина Коду в tinkercad 1

У Tinkercad відбувалася розробка коду на мові C/C++, що є стандартом для Arduino, завдяки чому можливо було реалізувати обробку сигналів від сенсорів, керування освітленням, кліматом, сигналізацією та іншими підсистемами. Середовище Tinkercad дозволило тестувати алгоритми віртуально, перевіряти

взаємодію всіх компонентів та вносити зміни у програмний код до фізичної реалізації, що підвищило ефективність і безпеку розробки.

```
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT);
pinMode(13, OUTPUT);
servo_7.attach(7, 500, 2500);

pinMode(8, OUTPUT);
pinMode(9, INPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);

pinMode(A2, INPUT);
pinMode(12, OUTPUT);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(2, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
analogWrite(Ena, 255);

void loop()

if (vall > 500)
{
    digitalWrite(13, LOW);
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(3, LOW);
    Serial.print("Bulb ON = ");
```

Рис.2.21. Частина коду в tinkercad 2

Для створення візуального інтерфейсу та прототипу керування системою використовувався Figma. У цьому середовищі формувался дизайн панелей керування, кнопок, індикаторів та схем підключення, що відображають стан підсистем у зручному для користувача форматі. Figma дозволила реалізувати гнучкий і наочний інтерфейс, який демонструє логіку роботи системи, візуалізує стан освітлення, датчиків руху, температури та сигналізації. Такий підхід полегшує тестування користувацьких сценаріїв і дозволяє відразу бачити результати змін у дизайні без необхідності програмного кодування графічної частини.

Алгоритм моніторингу та захисту автоматизованої підсистеми «smart home» базується на безперервному зборі, аналізі та обробці даних від встановлених сенсорів, що дозволяє оперативно реагувати на зміни середовища та потенційні загрози. Моніторинг здійснюється за допомогою таких ключових компонентів, як датчик руху, ультразвуковий датчик дистанції, газовий сенсор, фоторезистор, температурний сенсор, а також виконавчих механізмів та інтерфейсних елементів, що формують комплексний захисний контур. Кожен сенсор постійно передає дані на центральний контролер Arduino Uno R3, який аналізує отримані сигнали, визначає відхилення від норми та активує відповідні системні дії.

Моніторинг розпочинається з відстеження руху за допомогою PIR-датчика, що визначає присутність людини або стороннього об'єкта в контрольованій зоні. Ультразвуковий датчик дистанції дублює цей процес, контролюючи появу перешкод та зміну відстані, що дозволяє точно визначити факт наближення до дверей, вікон або інших критичних точок. Газовий сенсор забезпечує безперервний контроль повітря на наявність небезпечних газів, таких як дим або продукт горіння, що дозволяє миттєво реагувати на загрозу займання або витоку. Фоторезистор визначає рівень освітлення і дозволяє системі відрізнити нормальні зміни освітлення від потенційно підозрілих ситуацій, наприклад різке затемнення в зоні входу. Температурний сенсор контролює мікроклімат і сигналізує про підвищення температури, що може бути пов'язано з перегріванням техніки або початком пожежі.

Захист системи формує логічний модуль реагування, який активується при фіксації будь-якого небезпечного сценарію. У разі виявлення руху або стороннього наближення, контролер автоматично подає сигнал на реле, яке вмикає світлову сигналізацію або відповідні електроприлади для відлякування порушника. У випадку фіксації газу активується п'єзосирена, яка забезпечує гучне звукове попередження про небезпеку. Якщо виявлено критичне відхилення температури, система формує енергетичну реакцію — автоматичне вимкнення пристроїв, пов'язаних з опаленням або живленням підвищеної потужності, через реле K1 або K2. Логіка також передбачає активацію одночасних сигналів, коли

кілька сенсорів фіксують небезпеку, що підвищує точність виявлення порушень і зменшує кількість хибних спрацювань.

2.3. Технічна реалізація інтерфейсу керування параметрами будинку за допомогою автоматизованої системи

Інтерфейс представляє панель керування автоматизованою системою приватного будинку, яка забезпечує централізоване відображення стану всіх підсистем і дозволяє користувачу ефективно контролювати будинок. Інтерфейс побудований у сучасному мінімалістичному стилі, що підвищує зручність сприйняття інформації та швидкість доступу до керування.

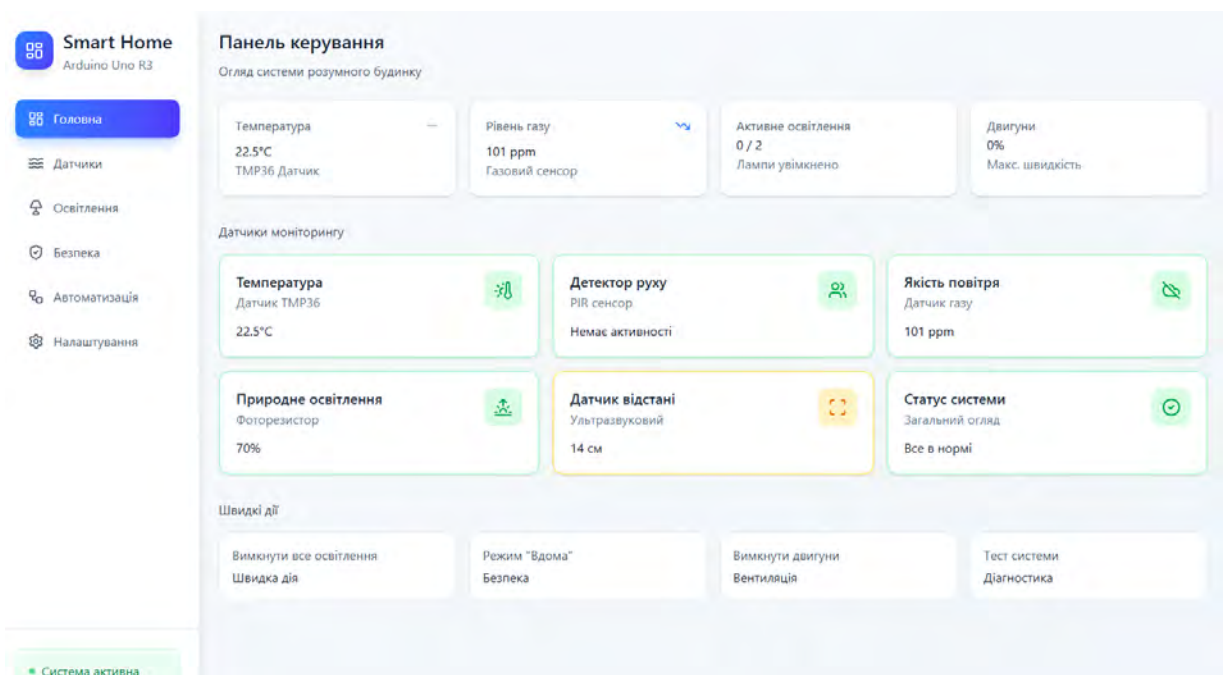


Рис.2.22. Головна сторінка «Smart home»

Ліва бічна панель навігації містить головні розділи системи: «Головна», «Датчики», «Освітлення», «Безпека», «Автоматизація», «Налаштування». Вона дозволяє швидко перемикатися між різними підсистемами та переглядати їх стан окремо або в комплексі. Активний розділ підсвічується градієнтним кольором для інтуїтивного орієнтування.

Головна панель надає огляд ключових параметрів роботи будинку. Верхня частина містить індикатори стану системи, включаючи:

- Температура — відображає показник TMP36 датчика у градусах Цельсія, дозволяючи оцінити кліматичні умови в приміщенні.

- Рівень газу — показник концентрації газу у ppm, що контролюється газовим сенсором для безпеки мешканців.
- Активне освітлення — кількість увімкнених ламп, що дозволяє відстежувати енергоспоживання та стан освітлювальної підсистеми.
- Двигуни — відсоток використання максимальної швидкості двигунів, що може відображати стан вентиляторів, штор або інших рухомих механізмів будинку.

Блок «Датчики моніторингу» відображає детальні показники сенсорів у вигляді окремих карток:

- Температура — точний показник TMP36, що оновлюється в реальному часі.
- Детектор руху — PIR сенсор відображає наявність або відсутність руху у приміщенні або на території.
- Якість повітря — значення газового сенсора, що дозволяє відразу виявити потенційну загрозу.
- Природне освітлення — фоторезистор показує рівень природного світла у відсотках, необхідний для автоматичного регулювання ламп.
- Датчик відстані — ультразвуковий сенсор, який вимірює відстань до об'єктів, що може використовуватися для безпеки або автоматизації рухомих елементів.
- Статус системи — загальний огляд стану всієї системи з відображенням нормальної роботи або виникнення помилок.

Блок «Швидкі дії» дозволяє миттєво виконувати базові сценарії:

- Вимкнути або увімкнути все освітлення.
- Активувати режим «Вдома» для контролю безпеки та автоматизації.
- Вимкнути двигуни або вентиляцію.
- Запустити тест системи та діагностику для перевірки працездатності всіх підсистем.

У нижньому куті інтерфейсу відображається статус активності системи, що показує, чи всі компоненти підключені та чи працює система коректно.

Наступна частина інтерфейсу представляє детальний моніторинг всіх сенсорів, підключених до системи «Smart Home», і дозволяє користувачу отримувати точні дані в реальному часі та спостерігати динаміку змін.

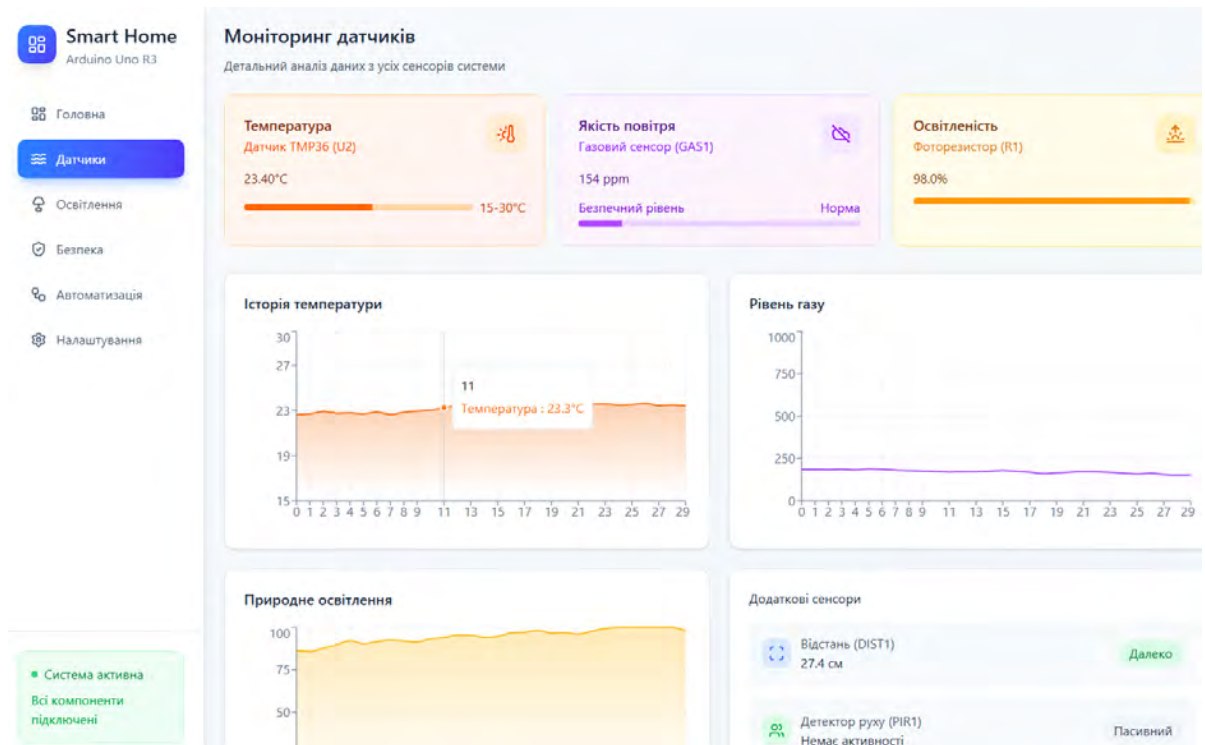


Рис.2.23. Сторінка «Датчики»

Верхня частина інтерфейсу містить картки поточних показників сенсорів:

- Температура — відображає показник TMP36 (U2) у градусах Цельсія. Під картою розташований горизонтальний індикатор, що демонструє поточну температуру у межах допустимого діапазону (15–30°C), що дозволяє швидко оцінити стан кліматичної підсистеми.
- Якість повітря — показник газового сенсора (GAS1) у ppm. Індикатор під картою демонструє рівень безпеки (норма або небезпечний рівень), що дозволяє миттєво виявити потенційні загрози.
- Освітленість — дані фоторезистора (R1) у відсотках, що відображають рівень природного світла і допомагають автоматично регулювати лампи та освітлення.

Графічні блоки нижче відображають історію змін показників сенсорів, що дозволяє користувачу проводити аналіз тенденцій та прогнозувати необхідні дії:

- Історія температури — графік демонструє коливання температури в часі, що дозволяє відстежити стабільність клімату та ефективність роботи опалення або кондиціонування.
- Рівень газу — відображає динаміку концентрації газів у приміщенні, що дозволяє відслідковувати безпечність повітря та своєчасно реагувати на витоки.
- Природне освітлення — показує зміни інтенсивності світла протягом часу, що важливо для оптимізації роботи освітлювальної підсистеми та економії енергоресурсів.

Додаткові сенсори у правому нижньому блоці демонструють детальну інформацію:

- Відстань (DIST1) — показник ультразвукового сенсора з відображенням поточного значення та статусу («Близько»), що дозволяє автоматизувати дії при наближенні об'єктів або людей.
- Детектор руху (PIR1) — індикатор активності PIR сенсора, що показує наявність руху або пасивний стан.

Нижній лівий кут інтерфейсу відображає загальний статус активності системи, підтверджуючи, що всі компоненти підключені та функціонують коректно.

Наступна частина інтерфейсу призначена для детального управління всіма джерелами світла в будинку, що дозволяє користувачу контролювати освітлення вручну та автоматично, оптимізуючи енергоспоживання та забезпечуючи комфортні умови.

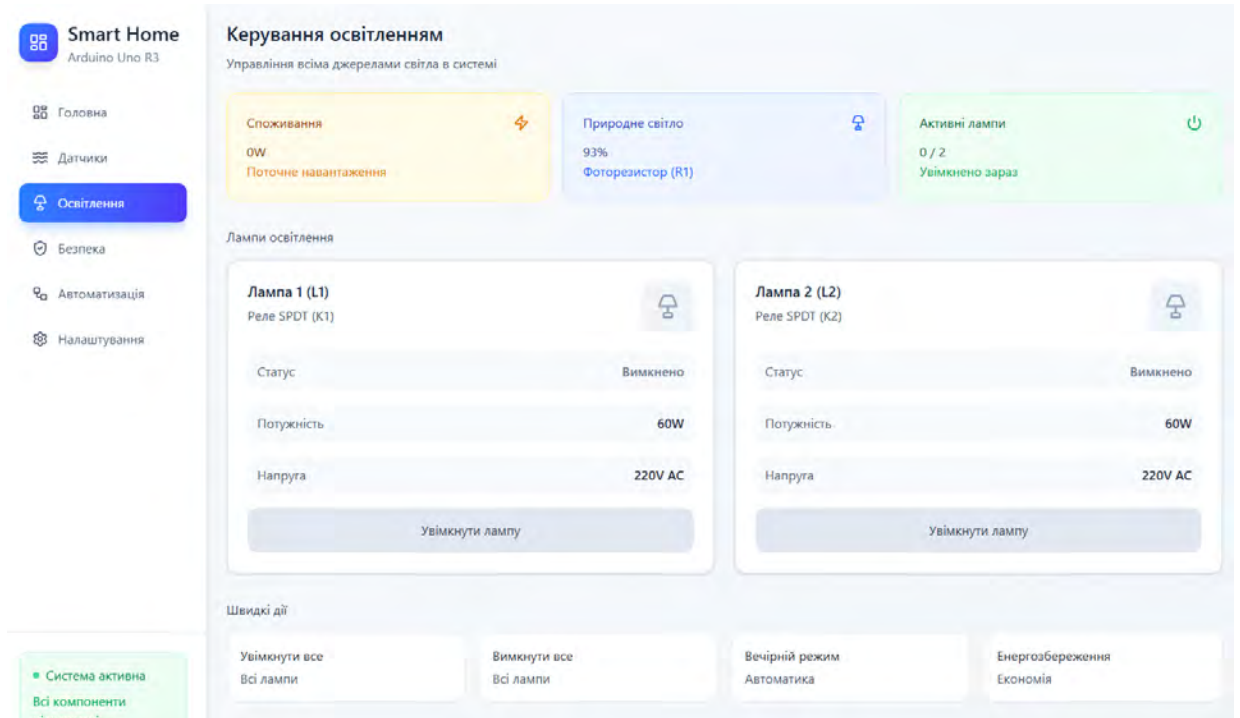


Рис.2.24. Сторінка «Освітлення»

Верхня частина інтерфейсу містить ключові показники підсистеми освітлення:

- Споживання — поточна потужність всіх джерел світла, що дозволяє відслідковувати енергетичні витрати.
- Природне світло — показник освітленості від фоторезистора (R1), що допомагає регулювати лампи залежно від природного освітлення.
- Активні лампи — кількість увімкнених джерел світла, що дозволяє користувачу швидко оцінити стан системи.

Основна частина інтерфейсу відображає картки окремих ламп (L1 і L2):

- Статус лампи — увімкнено або вимкнено.
- Потужність — показує номінальну потужність лампи (60W).
- Напруга — відображає напругу мережі, до якої підключена лампа (220V AC).
- Кнопка управління — дозволяє увімкнути або вимкнути лампу вручну через реле SPDT (K1 і K2).

Нижній блок «Швидкі дії» забезпечує оперативне керування:

- Увімкнути всі / Вимкнути всі — миттєве включення або відключення всіх ламп.
- Вечірній режим — автоматизація освітлення відповідно до часу доби.
- Енергозбереження — режим економії, що знижує споживання електроенергії без шкоди для комфорту.

Лівий нижній кут відображає загальний статус активності системи, підтверджуючи, що всі компоненти підключені та функціонують належним чином.

Також було реалізовано додаткові сторінки для «Безпека», «Автоматизація» «Налаштування»

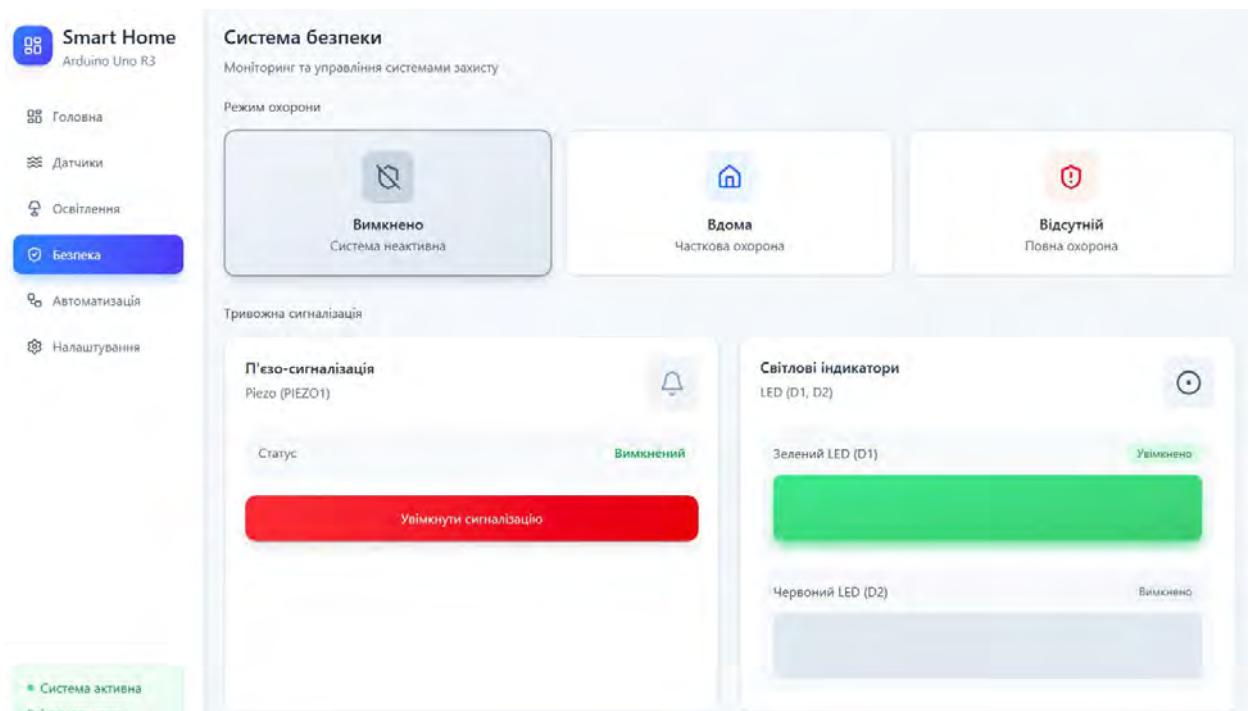


Рис.2.25. Сторінка «Безпека»

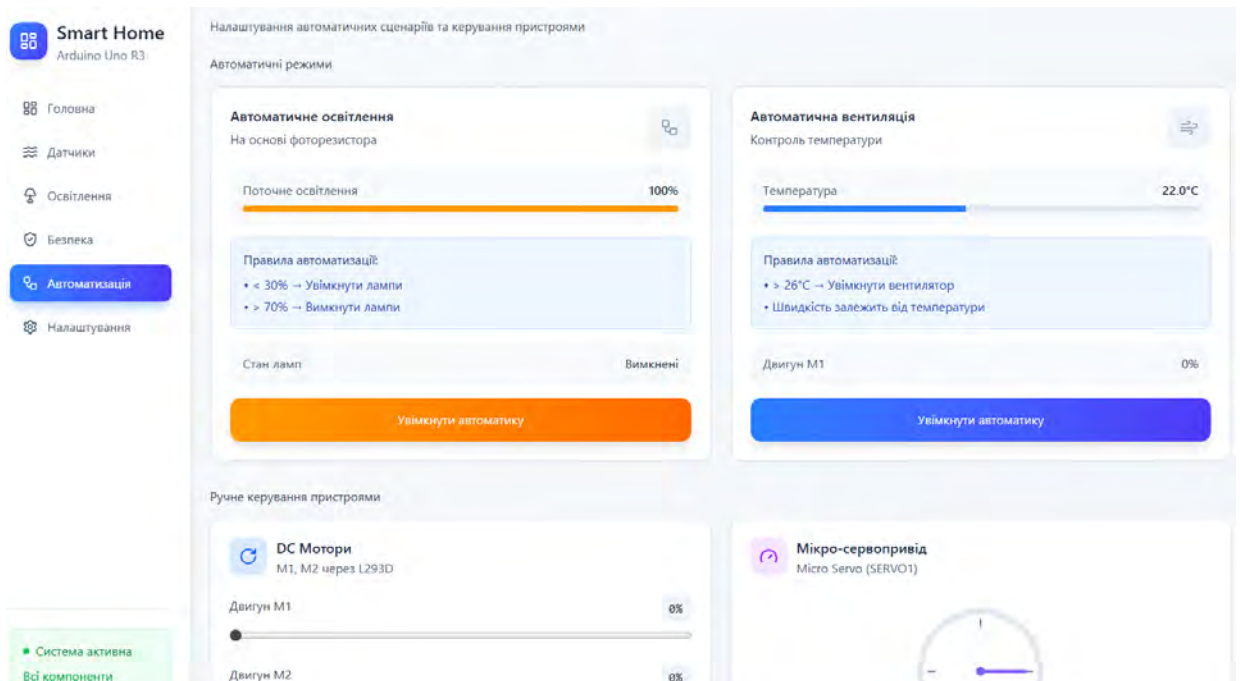


Рис.2.26. Сторінка «Автоматизація»

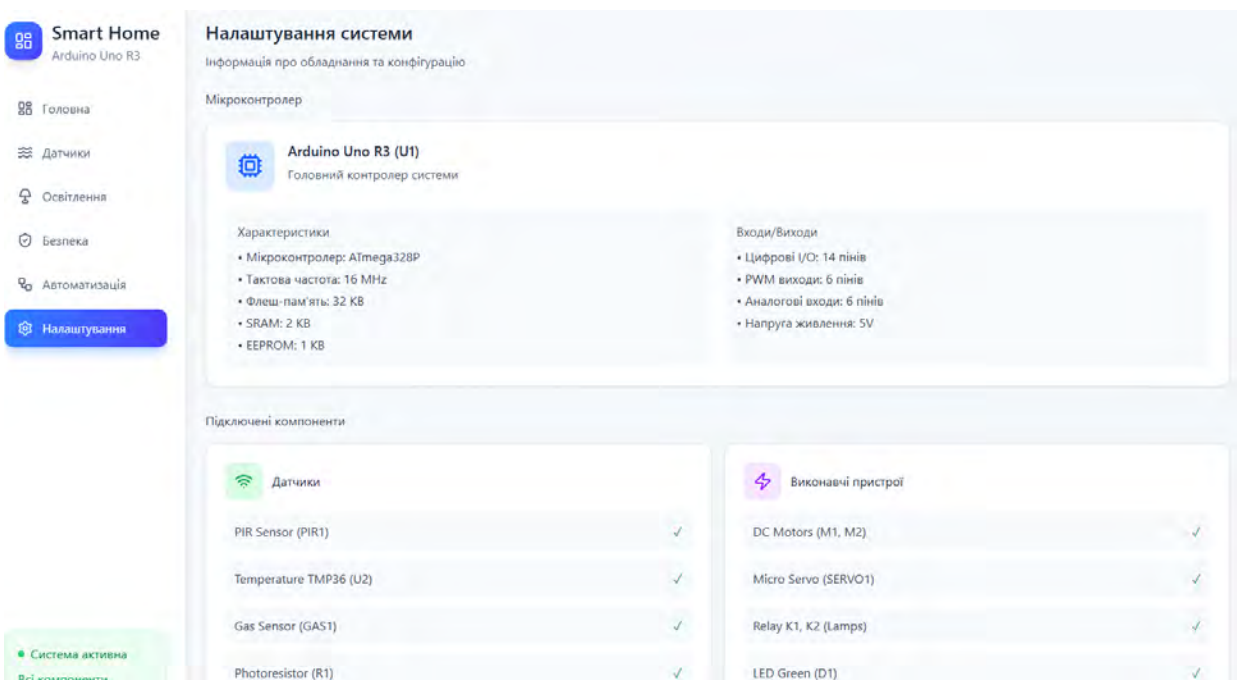


Рис.2.27. Налаштування системи

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У результаті дослідження моделі автоматизованої системи приватного будинку були підбрані основні компоненти за їх функціональним призначенням, а також розроблено програмне забезпечення для керування та моніторингу всіх підсистем. Було визначено, що центральним елементом системи є контролер

Arduino Uno R3, який забезпечує збір даних з сенсорів, обробку інформації та керування виконавчими механізмами та реле.

Моніторинг здійснюється за допомогою датчиків температури, газу, освітленості, руху, відстані та інших сенсорів, що дозволяє автоматично регулювати клімат, освітлення та безпеку в будинку. Для управління потужними електроприладами та освітленням використовуються реле SPDT, які забезпечують надійне включення та вимкнення зовнішніх пристроїв.

Програмне забезпечення було розроблено із застосуванням JavaScript, HTML\CSS. Tinkercad для моделювання роботи системи та C/C++ для написання коду керування сенсорами й виконавчими пристроями. Дизайн інтерфейсу для веб-моніторингу був реалізований у Figma, що дозволяє користувачу зручно відстежувати стан підсистем та оперативно реагувати на зміни.

В ході розробки веб-інтерфейсу забезпечено зручний моніторинг та керування освітленням, кліматом і безпекою, з можливістю перегляду історії показників датчиків, стану ламп та активності реле. Інтерфейс дозволяє ефективно управляти системою в режимі реального часу та налаштовувати автоматизацію роботи підсистем залежно від умов у будинку.

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

3.1. Аналіз роботи сенсорних модулів та автоматичних пристроїв

У ході проведення аналізу роботи сенсорних модулів та автоматичних пристроїв у складі автоматизованої системи «smart home» було здійснено детальне дослідження функціонування кожного елемента системи та їхньої взаємодії для забезпечення комплексного керування будинком. Було проаналізовано, як окремі сенсори, включаючи датчики температури, газу, освітленості, руху та відстані, реагують на зміни навколишнього середовища та передають сигнали до центрального контролера Arduino Uno R3. Аналіз показав, що сенсорні модулі здатні точно визначати температуру, виявляти присутність людей у приміщеннях, визначати рівень природного освітлення, фіксувати концентрацію газу та відстань до об'єктів, що забезпечує своєчасне автоматичне керування освітленням, вентиляцією та сигналізацією безпеки.

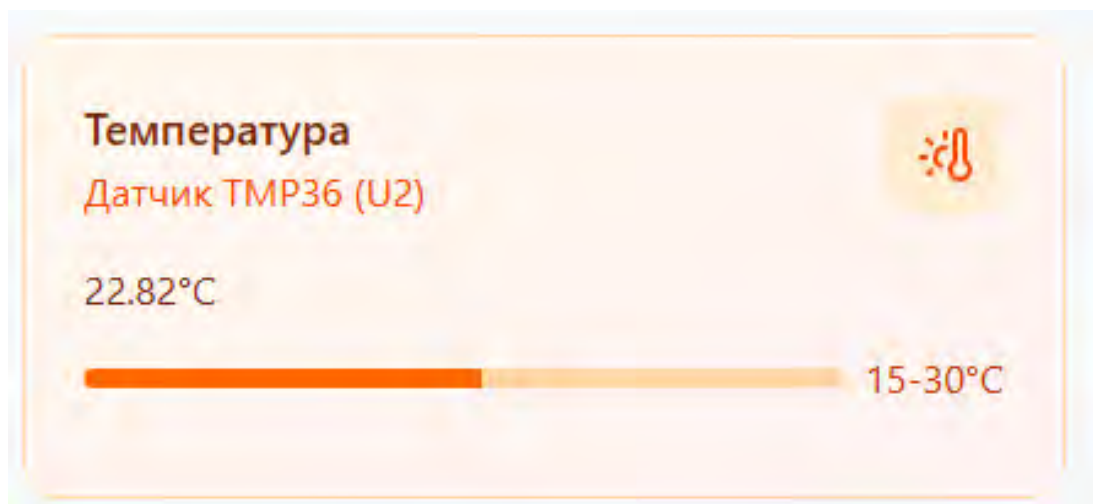


Рис.3.1. Моніторинг температури

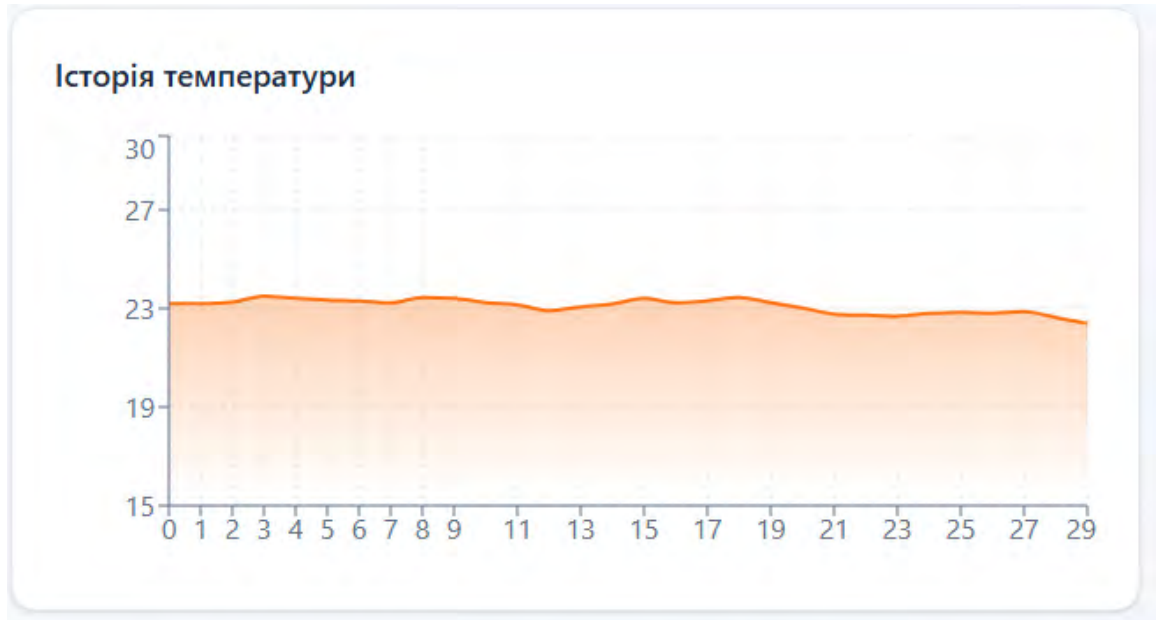


Рис.3.2. Температура на графіку

Особлива увага була приділена автоматичним пристроям, зокрема реле SPDT та двигунам, підключеним через драйвер H-bridge. Було встановлено, що реле дозволяють надійно керувати включенням і вимкненням освітлення та інших електроприладів, при цьому вони забезпечують захист від перевантажень і стабільну роботу при змінному навантаженні. Дослідження показало, що двигуни та серводвигуни, керовані через H-bridge драйвер, точно виконують команди контролера, що дозволяє автоматизувати рухомі елементи будинку, наприклад, системи вентиляції або штор.

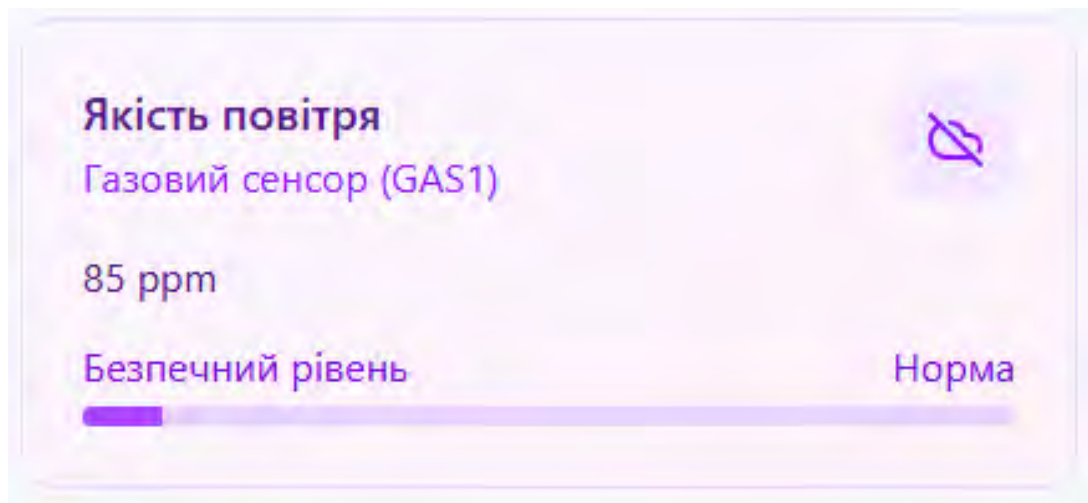


Рис.3.3. Моніторинг якості повітря

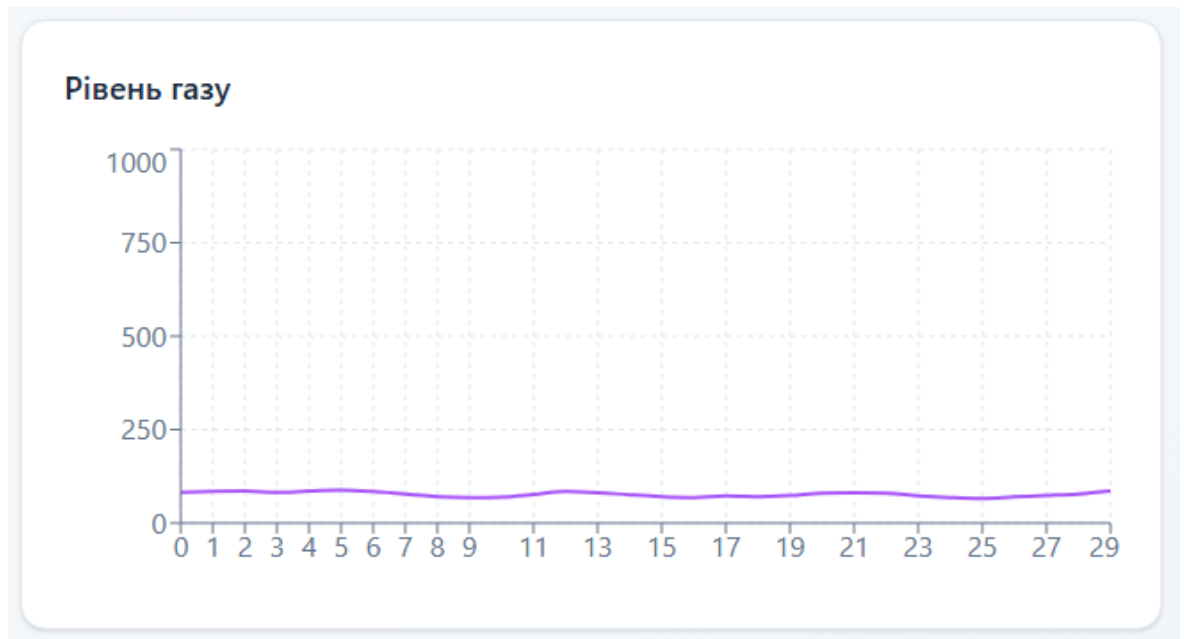


Рис.3.4. Рівень газу на графіку

Проведений аналіз роботи сенсорних модулів та автоматичних пристроїв показав, що всі компоненти системи працюють узгоджено, забезпечують точне вимірювання параметрів навколишнього середовища, своєчасне реагування на небезпечні ситуації та ефективне автоматичне керування будинком. Виявлено, що система здатна забезпечувати високий рівень безпеки, комфорту та енергозбереження за рахунок інтегрованої взаємодії сенсорів, виконавчих пристроїв і програмного забезпечення, що контролює їх роботу.

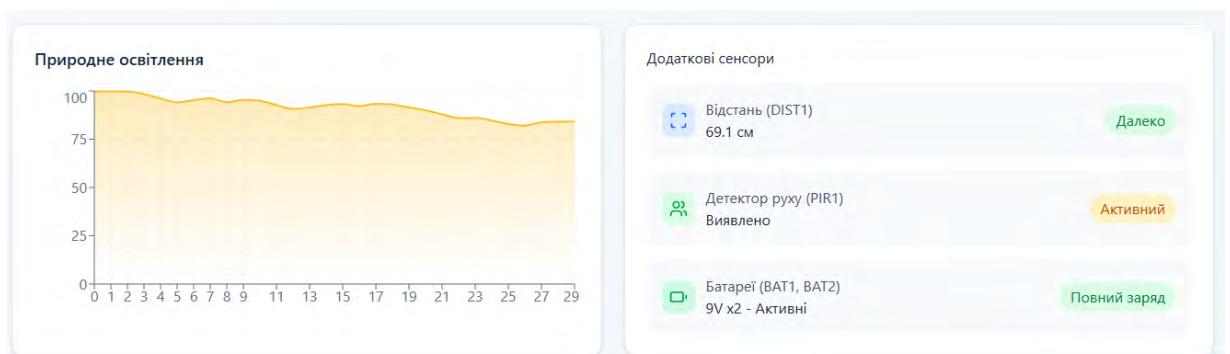


Рис.3.5. Моніторинг інших датчиків

3.2. Перевірка працездатності системи та відповідності вимогам безпеки

Було проведено локальну перевірку працездатності датчиків та виконавчих пристроїв автоматизованої системи «smart home». Під час перевірки оцінювалась точність показів сенсорів температури, газу, освітленості, руху та відстані, а також коректність спрацьовування реле, двигунів і серводвигунів.

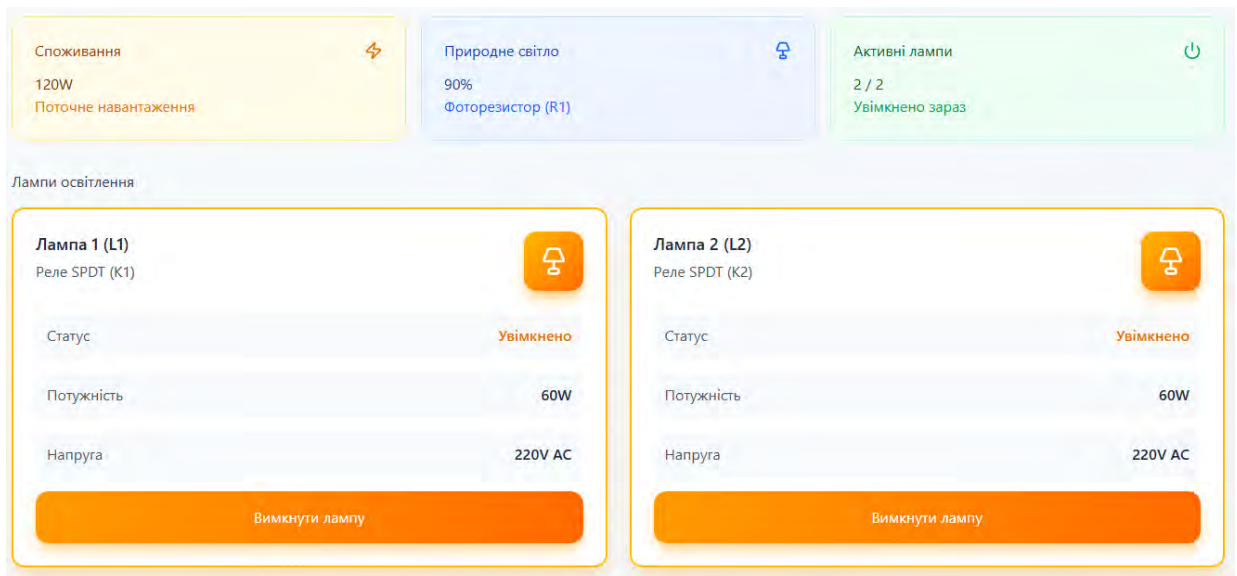


Рис.3.6. Перевірка працездатності освітлення

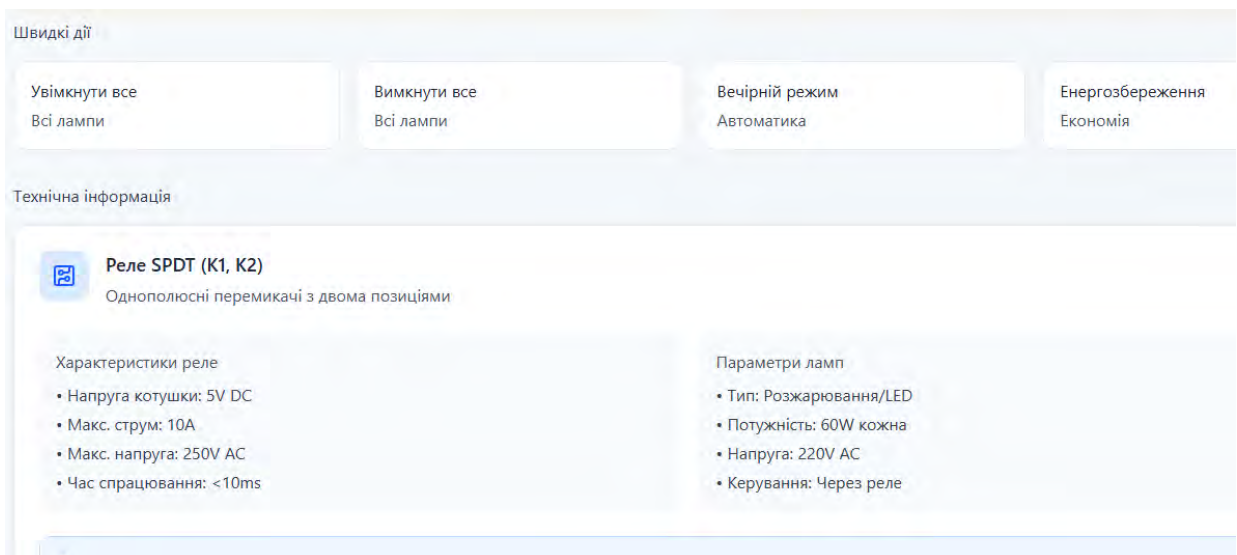


Рис.3.7. Загальна інформація - освітлення

Для цього використовувався розроблений веб-інтерфейс, який наочно відображає стан усіх підсистем, дозволяє відслідковувати реальні дані в режимі реального часу та перевіряти логіку автоматизації.

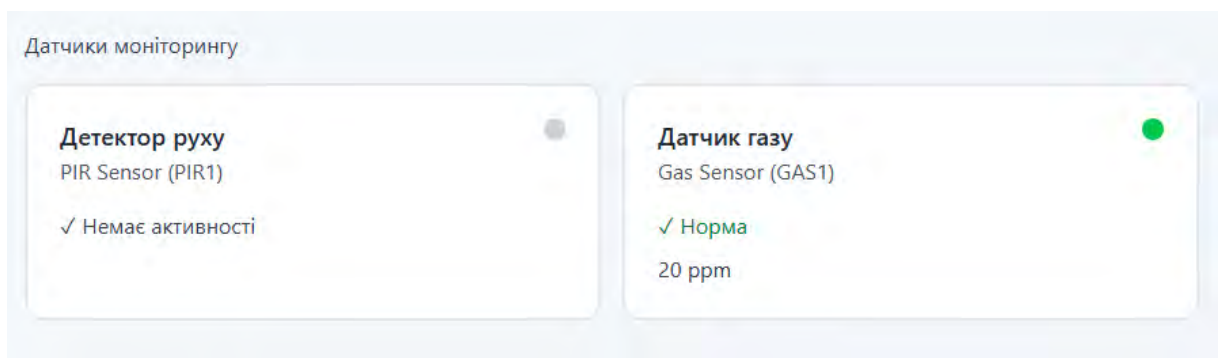


Рис.3.8. Датчики моніторингу безпеки

Аналіз показав, що датчики стабільно реагують на зміни навколишніх параметрів: температурний сенсор TMP36 точно вимірює температуру приміщення, фотодатчик коректно визначає рівень природного освітлення, газовий сенсор своєчасно сигналізує про підвищену концентрацію газу, а датчик руху та ультразвуковий датчик відстані чітко фіксують присутність об'єктів і людей.

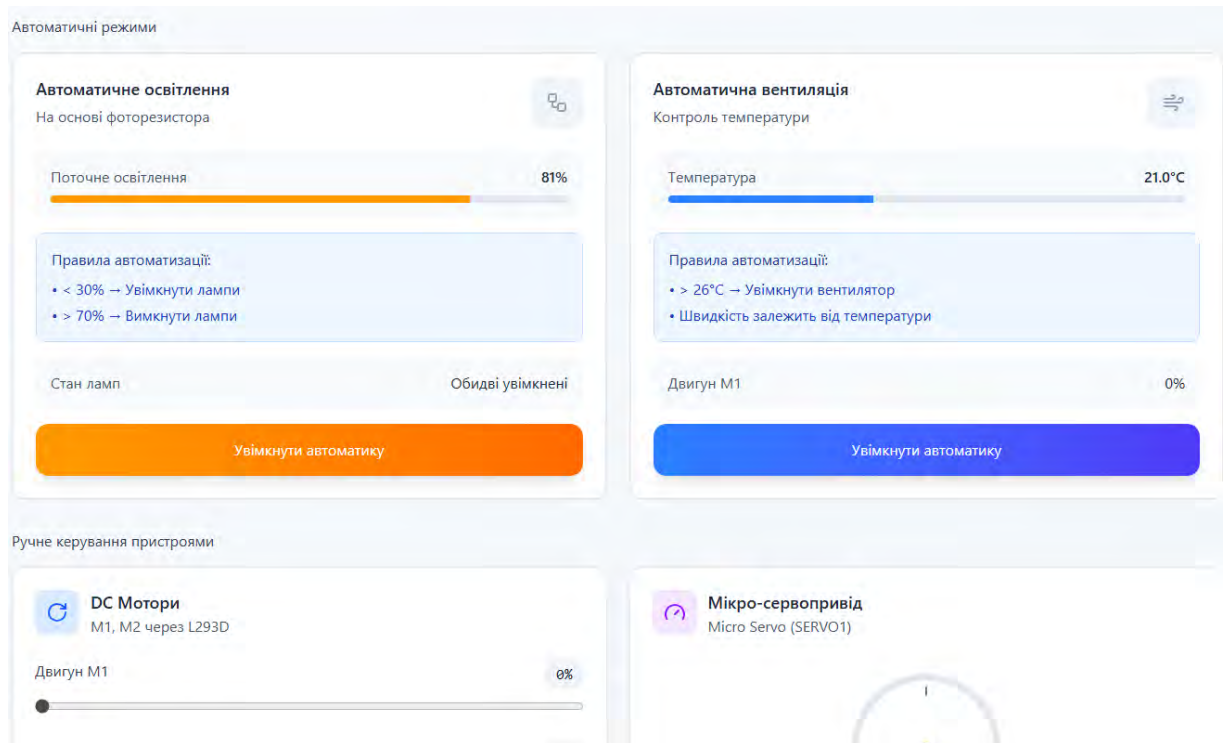


Рис.3.9. Додаткові автоматичні режими

Паралельно проводилася перевірка відповідності системи вимогам безпеки. Було оцінено, наскільки швидко система реагує на потенційні небезпечні ситуації: витік газу, виявлення сторонніх осіб у приміщенні або перевищення критичних параметрів освітленості та температури.

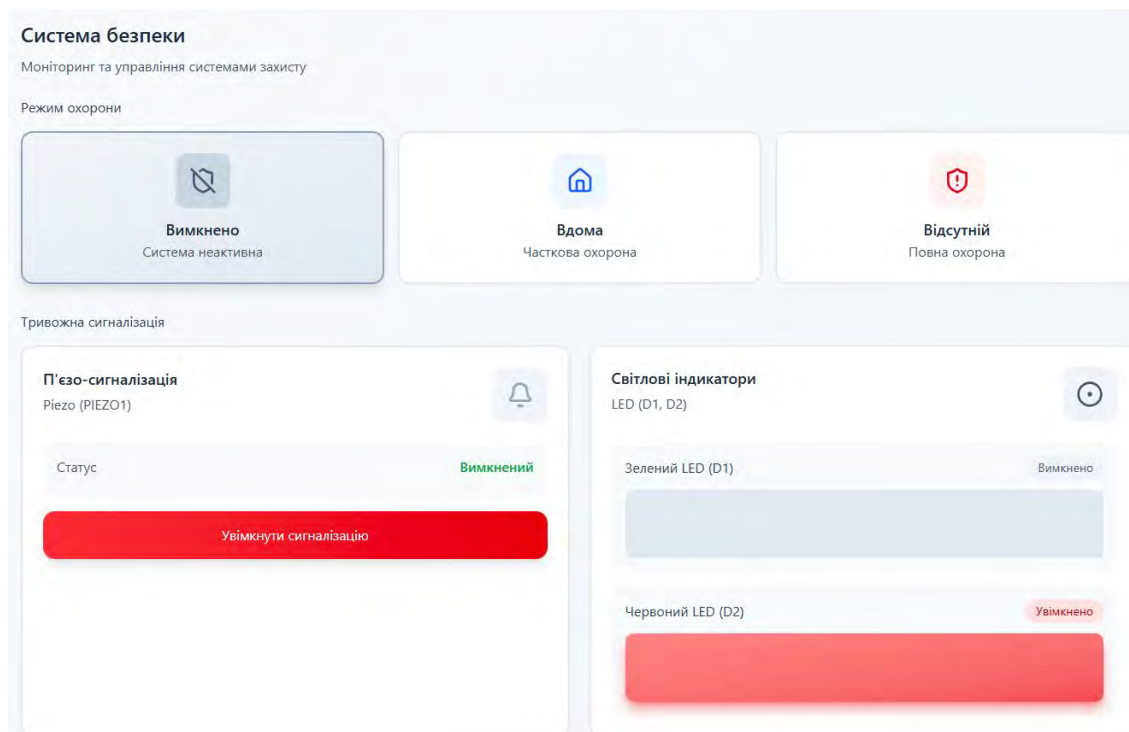


Рис.3.10. Безпека вимкнута

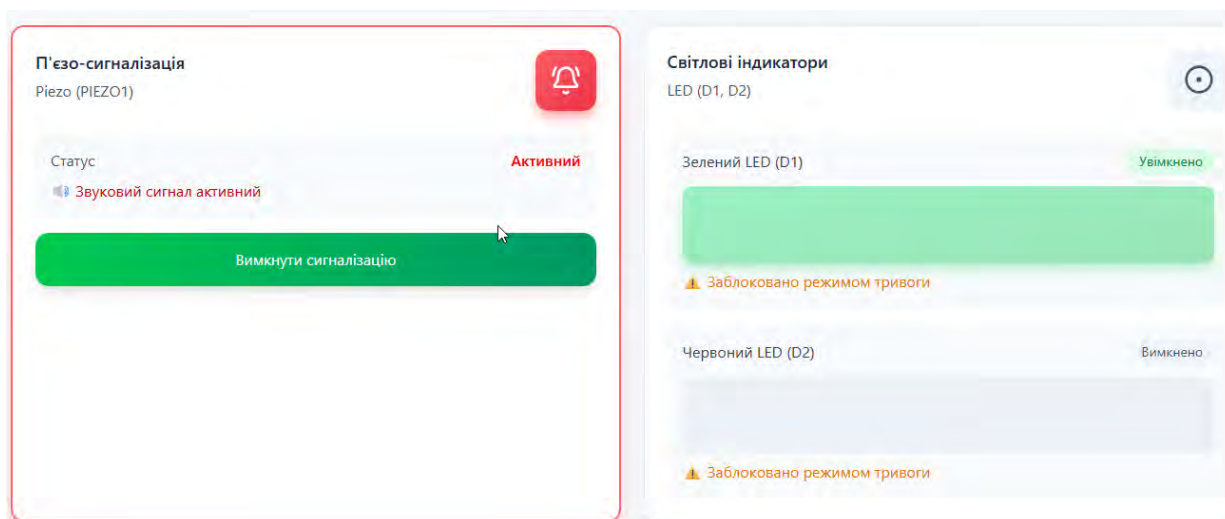


Рис.3.11. Увімкнена безпека

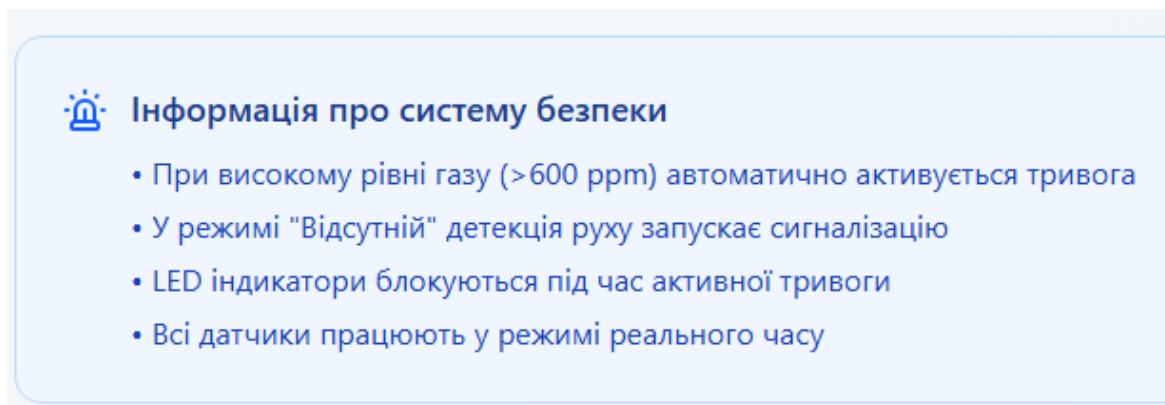


Рис.3.12. Інформація про систему безпеки

Результати показали, що система забезпечує своєчасне спрацьовування сигналізації та автоматичне керування освітленням і виконавчими пристроями для зниження ризиків.

Технічні характеристики датчиків		
<p>ТМР36 (U2) Діапазон: -40°C до +125°C Точність: $\pm 2^\circ\text{C}$</p>	<p>Датчик газу (GAS1) Тип: MQ-2/MQ-5 Чутливість: 200-10000 ppm</p>	<p>Фоторезистор (R1) Опір: 200-20kΩ Чутливість: 400-700nm</p>
<p>Ультразвук (DIST1) Діапазон: 2-400 см Точність: $\pm 3\text{mm}$</p>	<p>PIR сенсор (PIR1) Дальність: до 7 метрів Кут: 120°</p>	<p>Резистори R2-R4, R6: 1kΩ R5: 5kΩ</p>

Рис.3.13 Технічні характеристики датчиків

3.3. Оцінка якості роботи системи та подальшого удосконалення

Було проведено всебічну оцінку якості роботи автоматизованої системи «smart home» шляхом тестування всіх підсистем і компонентів у реальних умовах експлуатації. Метою оцінки було визначити точність, стабільність та швидкодію сенсорів, виконавчих механізмів, реле та логіки автоматизації, а також відповідність системи встановленим вимогам ефективності та безпеки.

Для оцінки використовувалися наступні підходи та інструменти:

1. Моніторинг сенсорів через веб-інтерфейс

- Спостереження за показами температурного сенсора ТМР36, фотодатчика, газового сенсора та датчика руху.
- Відстеження відхилень від нормальних значень і аналіз реакції системи на зміни навколишніх параметрів.
- Реєстрація точності вимірювань та швидкості оновлення даних у реальному часі.

2. Тестування виконавчих пристроїв та реле

- Перевірка роботи ламп через реле SPDT К1 та К2 у різних сценаріях: включення/вимкнення вручну, за сигналом датчиків та в автоматичному режимі.
- Оцінка коректності роботи двигунів і серводвигунів через H-bridge драйвер U3 при виконанні команд із веб-інтерфейсу.

- Аналіз стабільності і відсутності затримок при керуванні потужними навантаженнями.

3. Сценарне тестування логіки автоматизації

- Імітація реальних подій, таких як прихід людей у приміщення, змінення рівня освітлення та температури.
- Перевірка своєчасного спрацювання сигналізації та автоматичного включення/вимкнення освітлення, кліматичної системи та вентиляції.
- Контроль взаємодії між різними підсистемами для забезпечення цілісної роботи «smart home».

4. Аналіз стабільності та надійності

- Виявлення можливих збоїв у роботі сенсорів або виконавчих механізмів.
- Оцінка відмовостійкості системи при короткочасних перебоях у живленні або змінах навантаження.
- Перевірка безперервності збору та відображення даних на веб-інтерфейсі.

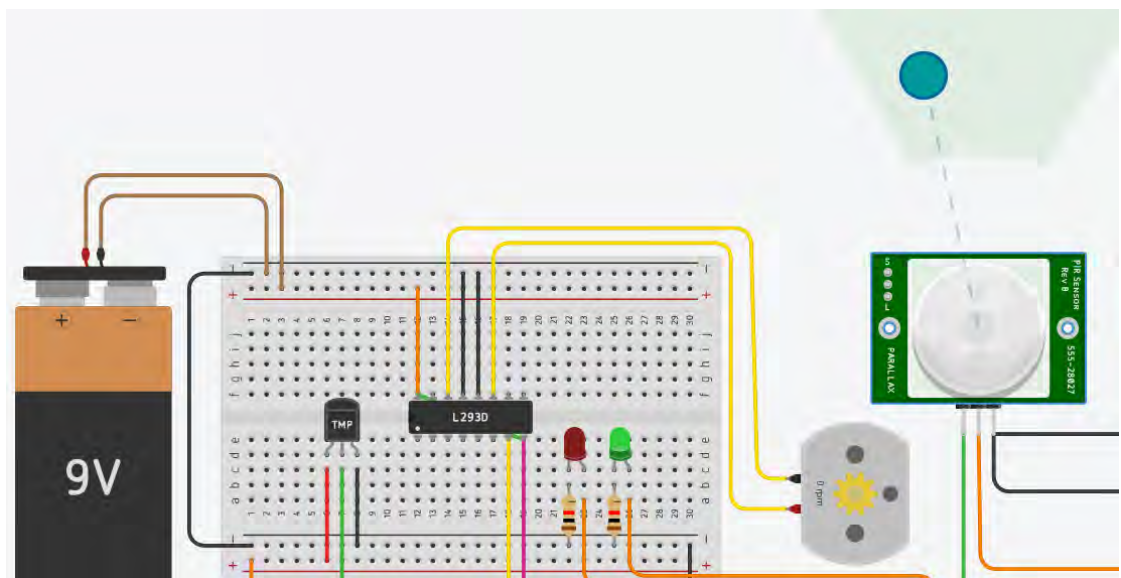


Рис.3.14. Візуальне представлення роботи системи в tinkercad 1

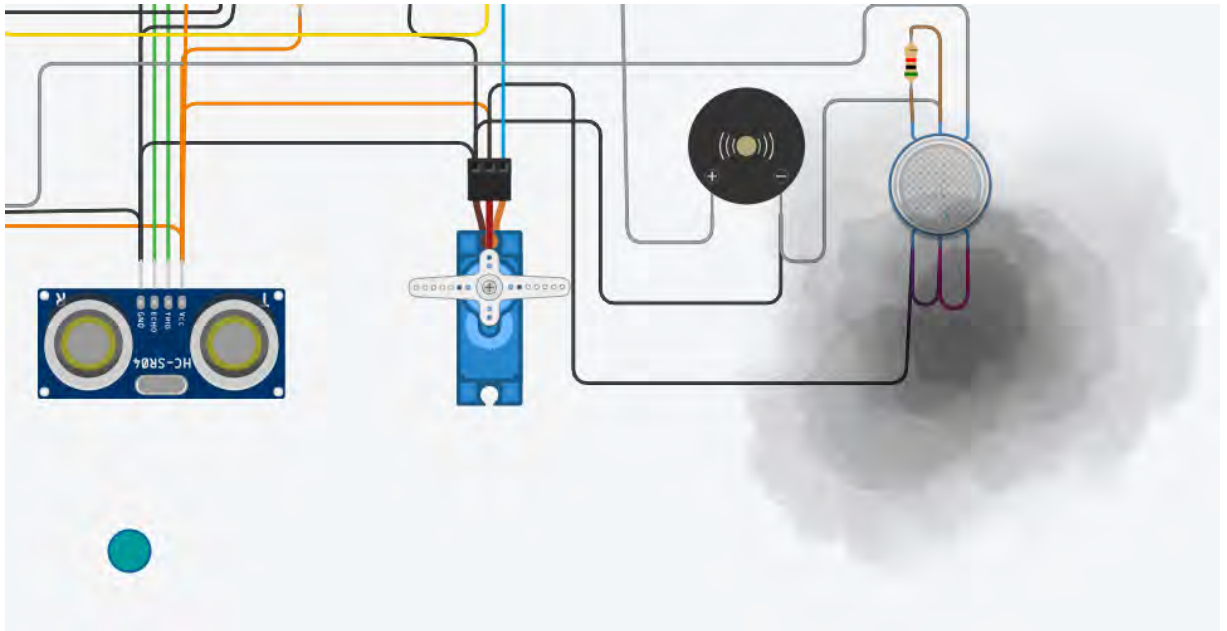


Рис.3.15. Візуальне представлення роботи системи в tinkercad 2

Результати оцінки показали, що система демонструє високу точність і стабільність у роботі всіх компонентів, ефективно виконує автоматичне керування освітленням, кліматом, безпекою та виконавчими пристроями, а також забезпечує своєчасне сповіщення користувача про критичні події. Дослідження підтвердило, що система відповідає вимогам безпеки та якості експлуатації, що робить її надійним інструментом для управління приватним будинком.

Подальше вдосконалення автоматизованої системи «smart home» може включати розширення функціональних можливостей, підвищення надійності та інтеграцію нових технологій для більш ефективного управління будинком. По-перше, доцільно впровадити додаткові сенсорні модулі, такі як датчики відкриття дверей і вікон, що дозволить забезпечити комплексний контроль за станом приміщень та підвищити рівень безпеки. По-друге, можна інтегрувати модулі віддаленого управління через мобільний додаток або голосові помічники, що зробить систему більш зручною для користувача та дозволить здійснювати контроль з будь-якої точки світу.

Важливим напрямом вдосконалення є розширення аналітичних можливостей системи, зокрема впровадження функцій збору статистики та аналізу поведінки користувачів, що дасть змогу оптимізувати витрати електроенергії та підвищити ефективність роботи підсистем. Також перспективним є впровадження алгоритмів

автоматичного навчання сценаріїв, які дозволяють системі адаптуватися до потреб користувачів без постійного ручного налаштування.

Окрім цього, можна покращити інтерфейс веб-системи та додати функції сповіщень у режимі реального часу, наприклад, через SMS або push-повідомлення, для оперативного інформування користувача про критичні події або зміни стану будинку. Не менш важливим є впровадження резервних джерел живлення та захисних механізмів на випадок перебоїв електропостачання, що забезпечить безперебійне функціонування ключових підсистем.

Таблиця 3.1.

Додаткові варіанти вдосконалення системи

Напрямок вдосконалення	Конкретне рішення	Очікуваний ефект
Розширення сенсорів	Додати датчики вологості, диму, відкриття дверей і вікон	Підвищення безпеки та контроль стану приміщень
Віддалене керування	Інтеграція з мобільним додатком та голосовими помічниками	Зручність користування та контроль з будь-якої точки світу
Аналітика та статистика	Збір і аналіз даних про поведінку користувачів	Оптимізація енергоспоживання та ефективності підсистем
Автоматичне навчання сценаріїв	Впровадження адаптивних алгоритмів для підстроювання під користувача	Зменшення ручного налаштування та підвищення комфорту
Покращення інтерфейсу	Додати push-повідомлення та оповіщення у режимі реального часу	Швидке інформування користувача про критичні події
Захист і резервування	Встановлення акумуляторних джерел та захисних схем	Безперебійне функціонування підсистем при відключенні електроенергії

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У розділі 3 було проведено детальний аналіз роботи сенсорних модулів, виконавчих пристроїв та автоматизованої системи «smart home», що дозволило

визначити точність, стабільність та ефективність їх функціонування. Дослідження показало, що сенсори температури, освітленості, газу, руху та відстані надійно виконують свої функції, своєчасно передають дані на центральний контролер Arduino Uno R3, а виконавчі механізми та реле точно реагують на команди системи, забезпечуючи коректне включення та вимкнення підсистем освітлення, клімату та безпеки.

Було проведено локальну перевірку працездатності системи, що підтвердила точність показів сенсорів, своєчасність спрацювання реле та виконавчих механізмів, а також ефективність автоматизованого керування всіма підсистемами у реальному часі. Перевірка відповідності вимогам безпеки показала, що система здатна швидко реагувати на потенційні загрози та забезпечувати захист будинку. Оцінка якості роботи системи продемонструвала високу стабільність та надійність роботи всіх компонентів, ефективність логіки автоматизації та інтеграції підсистем. Було визначено, що система забезпечує комплексний контроль параметрів житлового приміщення, підвищує комфорт проживання, економить енергоресурси та відповідає технічним та безпековим вимогам.

Розглянуто можливі напрямки подальшого вдосконалення системи, зокрема впровадження додаткових сенсорів, розширення аналітичних можливостей, інтеграцію мобільних та голосових керуючих модулів, автоматичне навчання сценаріїв та покращення веб-інтерфейсу. Це дозволяє зробити систему більш функціональною, адаптивною до потреб користувачів та стійкою до потенційних загроз.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Основні положення охорони праці при експлуатації електронних та мережевих систем

Експлуатація електронних та мережевих систем у приватних будинках вимагає дотримання чітких правил охорони праці для забезпечення безпеки користувачів та запобігання нещасним випадкам. Основна мета таких норм – захист людини від ураження електричним струмом, опіків, впливу шкідливих випромінювань, механічних травм та інших потенційно небезпечних факторів, що виникають під час роботи з електронними компонентами, мережевим обладнанням та автоматизованими системами. [9]

Закон «Про охорону праці» передбачає дотримання комплексу заходів, що включають організаційні, технічні та індивідуальні заходи безпеки. До організаційних заходів належить обов'язкове навчання користувачів і працівників правилам безпечної роботи з електронними системами, проведення інструктажів перед початком експлуатації обладнання, ведення журналів перевірки справності пристроїв, а також планових оглядів і технічного обслуговування всіх компонентів «smart home».

Перш за все, при проектуванні та експлуатації електронних систем слід дотримуватися принципів безпечного підключення всіх пристроїв до електромережі. Це включає використання захисних вимикачів, запобіжників, ізоляційних матеріалів та правильне заземлення обладнання, що забезпечує захист від перевантажень і коротких замикань. Для роботи з мережевими та автоматизованими системами важливо дотримуватися правил підключення контролерів, сенсорів, реле та виконавчих пристроїв відповідно до рекомендованих виробником параметрів напруги та струму. [3]

Особлива увага приділяється безпеці користувачів під час обслуговування та налаштування систем. Перед будь-яким втручанням у електронну схему необхідно переконатися у відсутності живлення або використовувати засоби індивідуального захисту, такі як рукавички, ізоляційні інструменти та захисні

окуляри. Крім того, важливим є правильне розміщення обладнання: контролери, реле, датчики та дроти повинні бути встановлені так, щоб виключити випадковий контакт людей з оголеними проводами або рухомими частинами. [3]

Законодавчо та нормативно встановлено вимоги щодо **організації робочого місця** при роботі з електронними системами. До них належить забезпечення достатнього освітлення приміщення, належної вентиляції для запобігання перегріву обладнання, контроль температури та вологості, а також уникнення роботи у вологому середовищі без спеціального захисту, що є критичним для запобігання ураженню електричним струмом.

Для забезпечення **пожежної безпеки** при експлуатації мережевих та електронних систем застосовуються вимоги щодо використання сертифікованих проводів і кабелів, дотримання правил монтажу розподільчих щитів та ізоляції джерел живлення. Регулярна перевірка стану проводки, реле, батарей та інших компонентів дозволяє запобігти перегріву або короткому замиканню, що може призвести до пожежі. [2]

Не менш важливим аспектом є **інформаційна безпека** та захист від несанкціонованого доступу до автоматизованих систем. Під час роботи з мережевими пристроями та веб-інтерфейсами слід дотримуватися правил захисту пароллями, шифрування даних та обмеження доступу до керування системою лише для уповноважених осіб, що попереджає небажані втручання та потенційні загрози.

Додатково слід враховувати **регулярне навчання та інструктаж користувачів** щодо безпечної експлуатації електронних та мережевих систем, а також оформлення відповідних документів: журналів перевірки стану обладнання, записів про інструктажі та перевірку справності системи.

Нижче наведено умовний перелік основних вимог та положень, які забезпечують охорону праці при експлуатації електронних та мережевих систем у приватному будинку:

- Використання сертифікованих джерел живлення, проводів та реле.

Положення «Використання сертифікованих джерел живлення, проводів та реле» передбачає застосування лише тих електронних компонентів, які відповідають державним або міжнародним стандартам якості та безпеки. Його мета – забезпечити надійну та безпечну роботу автоматизованої системи «smart home» і запобігти аварійним ситуаціям, які можуть виникнути через неякісні або підроблені елементи. Сертифіковані джерела живлення гарантують стабільну напругу та струм, необхідні для роботи контролерів, сенсорів та виконавчих пристроїв, знижуючи ризик перегріву, короткого замикання або виходу обладнання з ладу. Використання сертифікованих проводів забезпечує безпечну передачу електроенергії, правильну ізоляцію та запобігає перегріванню чи займанням. Сертифіковані реле гарантують надійне перемикання електричних ланцюгів під високим струмом, що дозволяє точно керувати зовнішніми пристроями та підсистемами будинку без ризику пошкодження або короткого замикання. [9]

- Організація заземлення всіх електронних пристроїв.

Положення «Організація заземлення всіх електронних пристроїв» передбачає створення спеціальної системи електричного заземлення для всіх компонентів автоматизованої системи «smart home», включно з контролерами, сенсорами, реле, освітлювальними та кліматичними приладами. Основна мета цього положення – забезпечити безпечну роботу обладнання та захист користувачів від ураження електричним струмом у разі пробоя ізоляції або короткого замикання. Заземлення дозволяє відводити надлишковий або небезпечний струм у землю, запобігаючи виникненню електричного удару при дотику до корпусів пристроїв, а також зменшує ризик пошкодження електронних компонентів через перенапруги або стрибки напруги в мережі. Крім того, правильно організоване заземлення підвищує стабільність роботи системи, знижує електромагнітні наведення та перешкоди, що можуть впливати на точність сенсорів та коректність команд реле.

- Використання індивідуальних засобів захисту при обслуговуванні обладнання.

Положення «Використання індивідуальних засобів захисту при обслуговуванні обладнання» передбачає обов'язкове застосування спеціальних засобів захисту для працівників або користувачів під час монтажу, налаштування, ремонту або технічного обслуговування електронних та мережевих систем «smart home». Основна мета цього положення – мінімізувати ризики травмування, ураження електричним струмом, опіків та інших небезпечних наслідків, які можуть виникнути при контакті з електронними компонентами, реле, проводкою або виконавчими механізмами. До індивідуальних засобів захисту відносяться ізоляційні рукавички, спеціальні інструменти з діелектричним покриттям, захисні окуляри, каски та інший одяг, що запобігає контакту користувача з оголеними проводами або гарячими та рухомими частинами обладнання. Використання таких засобів дозволяє безпечно підключати або відключати сенсори, реле, батареї та інші модулі, контролювати їх справність та виконувати ремонтні роботи без ризику для життя та здоров'я. [2]

- Забезпечення належного освітлення та вентиляції приміщень з електронними системами.

Положення «Забезпечення належного освітлення та вентиляції приміщень з електронними системами» передбачає створення комфортних та безпечних умов для експлуатації та обслуговування електронних і мережевих компонентів автоматизованої системи «smart home». Основна мета цього положення – гарантувати, що працівники або користувачі можуть безпечно виконувати монтаж, налаштування, перевірку та ремонт обладнання, а також забезпечити стабільну роботу самих електронних пристроїв. Належне освітлення дозволяє чітко бачити всі елементи електронної системи, проводку, сенсори, реле та контролери, що зменшує ризик помилок при підключенні або обслуговуванні та запобігає випадковому контакту з оголеними проводами або рухомими частинами обладнання. Вентиляція приміщень необхідна для підтримки оптимальної температури та вологості, що запобігає перегріванню електронних компонентів, накопиченню пилу та конденсату, які можуть спричиняти коротке замикання або збої у роботі сенсорів та контролерів.

- Регулярна перевірка працездатності сенсорів, реле, батарей та кабелів.

Положення «Регулярна перевірка працездатності сенсорів, реле, батарей та кабелів» передбачає систематичний контроль стану всіх електронних та автоматизованих компонентів системи «smart home» з метою забезпечення їх безпечної та надійної роботи. Основна мета цього положення – виявлення можливих несправностей на ранніх стадіях, запобігання аваріям, коротким замиканням, виходу з ладу елементів системи та забезпечення безперервного функціонування всіх підсистем будинку. Регулярна перевірка включає контроль працездатності сенсорів руху, температури, газу, фоторезисторів та інших датчиків, щоб вони коректно передавали дані контролеру. Також важливо перевіряти реле та виконавчі пристрої, які відповідають за увімкнення/вимкнення освітлення, кліматичних систем та інших енергоспоживчих модулів, оскільки несправне реле може спричинити неправильну роботу підсистем або аварійні ситуації. Контроль батарей та джерел живлення забезпечує стабільне живлення всіх компонентів системи та запобігає раптовим відключенням електроніки. Перевірка кабелів і проводки включає огляд на наявність пошкоджень, зношення ізоляції, перегинів та контакту з гострими предметами, що може призвести до короткого замикання або ураження електричним струмом. [3]

Регулярність таких перевірок повинна бути визначена відповідно до інтенсивності експлуатації системи та рекомендацій виробників компонентів. Всі результати перевірок рекомендується документувати в журналах обслуговування для відстеження стану обладнання та планування профілактичних заходів.

Інші:

- Дотримання правил підключення електронних модулів відповідно до їх технічних характеристик.
- Контроль температури та вологості в приміщеннях, де розташовані автоматизовані системи.
- Організація доступу до системи лише для уповноважених користувачів.
- Проведення регулярного інструктажу користувачів та оформлення журналів перевірки обладнання.

- Використання засобів захисту від перевантажень та коротких замикань, встановлення запобіжників і вимикачів.

Дотримання цих положень забезпечує безпечну експлуатацію електронних та мережевих систем, мінімізує ризики ураження електричним струмом, пожежі та інших небезпек, а також підвищує надійність роботи «smart home» у приватному будинку.

4.2. Правила безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі автоматизованих систем приватних будинків

Правила безпеки у надзвичайних ситуаціях при роботі автоматизованих систем «smart home» спрямовані на мінімізацію ризиків для життя та здоров'я користувачів і обслуговуючого персоналу, а також на захист електронного обладнання від пошкоджень. Основна мета цих правил – забезпечити швидке реагування на небезпечні події, такі як коротке замикання, витік газу, підвищена температура, пожежа, затоплення або інші аварійні ситуації, що можуть виникати у приватному будинку. [6]

Правила охорони праці при експлуатації електроустановок споживачів – містять вимоги щодо роботи з електронними пристроями, заземлення, захисних засобів і перевірки електромереж. Система автоматизації повинна бути оснащена аварійними сигналізаціями, що включають звукові сирени та світлові індикатори для оперативного оповіщення мешканців. [7]

У випадку виявлення витіку газу або диму автоматично спрацьовують реле, що перекривають подачу газу та електропостачання до небезпечних пристроїв, одночасно активуючи сигналізацію. Датчики температури, вологості та руху дозволяють контролювати потенційні ризики, своєчасно виявляти загрозу перегріву, пожежі або проникнення сторонніх осіб.

У надзвичайних ситуаціях важливе значення має правильна організація евакуації та доступ до виходів: усі маршрути повинні бути вільними, освітленими та позначеними. Користувачі повинні знати порядок сповіщення аварійних служб, правил виклику рятувальних підрозділів та надання первинної допомоги. Тобто правила безпеки у надзвичайних ситуаціях – визначають порядок дій при витіках

газу, короткому замиканні, пожежах та інших аварійних подіях у будівлях і приміщеннях та державні санітарні норми та правила щодо електромагнітного випромінювання, параметрів середовища – регламентують роботу з електронним обладнанням, температурний та вологісний режим, освітлення та вентиляцію, та правила безпеки у надзвичайних ситуаціях – визначають порядок дій при витоках газу, короткому замиканні, пожежах та інших аварійних подіях у будівлях і приміщеннях. [7]

Додатково до організаційних заходів необхідно підтримувати обладнання у справному стані: регулярно перевіряти датчики, реле, батареї, кабелі та джерела живлення, що знижує ймовірність аварійних ситуацій. Всі дії під час надзвичайних ситуацій повинні здійснюватися з урахуванням індивідуальних засобів захисту, таких як ізоляційні рукавички, спеціальний одяг та захисні окуляри. Дотримання правил безпеки у надзвичайних ситуаціях забезпечує ефективне запобігання ризикам, швидке реагування на аварійні події та мінімізацію можливих збитків для мешканців і обладнання, підвищуючи загальну надійність та безпеку автоматизованих систем приватного будинку.

Основні положення правил безпеки у надзвичайних ситуаціях можна узагальнити у наступному списку:

- Ознайомлення користувачів з аварійними вимикачами та маршрутом евакуації.

Аварійні вимикачі включають головні та локальні пристрої відключення електроживлення, які дозволяють оперативно припинити подачу електрики до всієї системи або окремих підсистем, таких як освітлення, кліматичні прилади, реле та силові модулі. Знання їхнього розташування дозволяє запобігти ураженню електричним струмом, короткому замиканню, займанням або пошкодженню обладнання під час аварії. Маршрути евакуації повинні бути заздалегідь визначені та позначені у будинку. Користувачі повинні розуміти, яким шляхом безпечно покинути приміщення при виникненні пожежі, витоку газу або інших надзвичайних ситуацій. Важливо, щоб ці маршрути були вільними від перешкод, добре освітленими та легко доступними з усіх кімнат будинку. Ознайомлення з

аварійними вимикачами та маршрутами евакуації зазвичай проводиться під час вступного інструктажу або демонстрації системи. Це передбачає пояснення принципу роботи кожного вимикача, показання шляхів виходу, а також повторну перевірку знань мешканців під час планових тренувань чи практичних занять з безпеки. [6]

- Використання сигналізації для звукового та світлового оповіщення при загрозі.

Положення «Використання сигналізації для звукового та світлового оповіщення при загрозі» передбачає застосування спеціальних пристроїв, які миттєво повідомляють мешканців будинку про небезпечну ситуацію, що виникла в системі «smart home». Основна мета цього положення – забезпечити оперативне інформування всіх користувачів про загрозу та створити умови для швидкого реагування та евакуації при аварійних ситуаціях. Сигналізація може включати звукові пристрої, такі як сирени, п'єзоелементи або динаміки, які видають гучні сигнали тривоги, що привертають увагу всіх присутніх у приміщенні. Світлова сигналізація реалізується через LED-індикатори, лампи або спеціальні миготливі пристрої, які забезпечують візуальне сповіщення у випадку шумових перешкод або для людей з порушенням слуху. При спрацюванні датчиків, таких як датчики руху, газу, диму, температури або фоторезистори, сигналізація автоматично активується, повідомляючи про спробу несанкціонованого доступу, витік газу, підвищену температуру чи інші аварійні стани. Це дозволяє мешканцям швидко оцінити ситуацію, відключити небезпечні підсистеми, активувати аварійні маршрути евакуації та за необхідності звернутися до екстрених служб. [7]

- Автоматичне відключення газу та електропостачання у разі аварійної ситуації.

Положення «Використання сигналізації для звукового та світлового оповіщення при загрозі» передбачає застосування спеціальних пристроїв, які миттєво повідомляють мешканців будинку про небезпечну ситуацію, що виникла в системі «smart home». Основна мета цього положення – забезпечити оперативне інформування всіх користувачів про загрозу та створити умови для швидкого

реагування та евакуації при аварійних ситуаціях. Сигналізація може включати звукові пристрої, такі як сирени, п'єзоелементи або динаміки, які видають гучні сигнали тривоги, що привертають увагу всіх присутніх у приміщенні. Світлова сигналізація реалізується через LED-індикатори, лампи або спеціальні миготливі пристрої, які забезпечують візуальне сповіщення у випадку шумових перешкод або для людей з порушенням слуху. При спрацюванні датчиків, таких як датчики руху, газу, диму, температури або фоторезистори, сигналізація автоматично активується, повідомляючи про спробу несанкціонованого доступу, витік газу, підвищену температуру чи інші аварійні стани. Це дозволяє мешканцям швидко оцінити ситуацію, відключити небезпечні підсистеми, активувати аварійні маршрути евакуації та за необхідності звернутися до екстрених служб. [6]

- Регулярна перевірка працездатності сенсорів, реле, батарей та кабелів.
- Використання індивідуальних засобів захисту під час усунення надзвичайних ситуацій.
- Організація вільного доступу до аварійних виходів та контроль евакуаційних шляхів.
- Підготовка та інструктаж мешканців щодо дій у випадку надзвичайних подій.
- Контроль параметрів середовища (температура, вологість, наявність диму або газу) для своєчасного виявлення загрози.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У розділі 4 проведено аналіз основних положень охорони праці та правил безпеки у надзвичайних ситуаціях при експлуатації автоматизованих систем приватного будинку. Було визначено, що безпека користувачів та надійність роботи системи «smart home» залежить від комплексного підходу, який включає організаційні, технічні та контрольні заходи.

Розглянуті положення охорони праці підкреслюють необхідність використання сертифікованих джерел живлення, кабелів, реле та інших електронних компонентів, а також організацію правильного заземлення всіх пристроїв. Підкреслено важливість застосування індивідуальних засобів захисту

при обслуговуванні обладнання, дотримання правил освітлення та вентиляції приміщень з електронними системами, а також регулярної перевірки працездатності сенсорів, реле, батарей та кабелів.

Особлива увага приділяється правилам безпеки у надзвичайних ситуаціях, що передбачають ознайомлення користувачів з аварійними вимикачами та маршрутами евакуації, використання звукової та світлової сигналізації для оповіщення про загрозу, а також автоматичне відключення газу та електропостачання у разі аварійної події. Дотримання цих правил забезпечує мінімізацію ризиків для життя і здоров'я мешканців та дозволяє швидко і ефективно реагувати на потенційні загрози.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВОКИ

В результаті проведеного дослідження реалізовано поставлену мету – створено інтегровану систему «smart home» для приватного будинку, яка забезпечує автоматизований моніторинг, керування підсистемами освітлення, клімату, безпеки та енергоспоживання, а також контроль доступу. Робота охопила всі етапи дослідження та розробки – від аналізу сучасних технологій та підходів до побудови систем «розумний будинок» до практичної реалізації, тестування та оцінки ефективності системи.

На основі виконаних завдань отримано такі результати:

- 1. Проаналізовано сучасні підходи до побудови систем «smart home» з функціями захисту житла.** Було досліджено різні концепції інтегрованих рішень, включаючи сценарне управління освітленням, кліматичними та енергетичними підсистемами, а також механізми безпеки і контролю доступу. Визначено переваги і обмеження існуючих рішень, особливості інтеграції апаратних і програмних компонентів, що дозволяє створювати надійні та гнучкі системи для приватних будинків.
- 2. Досліджено технології реалізації сенсорних модулів та керування доступом.** Проведено детальний аналіз роботи PIR-датчиків, фотодатчиків, газових сенсорів, температурних модулів, реле, двигунів та серводвигунів, а також можливостей їх програмного керування через контролер Arduino. Було вивчено способи інтеграції цих компонентів у єдину систему з автоматичним збором даних, обробкою подій та запуском аварійних сценаріїв.
- 3. Створено працездатну інтегровану систему автоматизованого моніторингу приватного будинку.** Програмна частина розроблена у середовищі Tinkercad з використанням мови C/C++ для Arduino, що забезпечує управління всіма підсистемами. Дизайн інтерфейсу розроблено у Figma, що дозволяє користувачу зручно взаємодіяти з системою через веб-інтерфейс. Система інтегрує датчики руху, освітлення, клімату, газові сенсори, реле та звукову сигналізацію у єдину керовану структуру.

4. **Проведено комплексне тестування функціональних можливостей запропонованого рішення.** Було перевірено працездатність сенсорів, реле, двигунів та кліматичних модулів, а також ефективність алгоритмів моніторингу та автоматичного реагування на аварійні ситуації. Тестування підтвердило стабільну роботу системи, коректність обробки подій, швидке сповіщення користувачів та можливість автоматичного відключення електропостачання і газу у разі загрози.
5. **Сформовано рекомендації щодо підвищення ефективності та надійності роботи системи.** Запропоновано впровадження додаткових сенсорів, вдосконалення інтерфейсу користувача, розширення сценаріїв автоматизації та інтеграцію з мобільними додатками для дистанційного керування. Рекомендовано також регулярне тестування та технічне обслуговування компонентів для забезпечення безперебійної та безпечної роботи системи.

Результати дослідження підтвердили можливість створення ефективної інтегрованої системи «smart home», що забезпечує комплексний контроль приватного будинку, високий рівень безпеки, зручний інтерфейс для користувача та стабільну роботу всіх підсистем. Запропоновані підходи можуть бути використані для практичної реалізації сучасних рішень автоматизації приватних будинків та підвищення комфорту і безпеки мешканців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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: 13.11.2025).
2. Законодавство України про охорону праці : Зб. норм. док. Київ : Видавничо-виробн. об'єднання "Основа", 1995. Т. 1. 528 с.
3. Закон України про охорону праці (за станом на 20 липня 2000 р.) : Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2000. 32 с.
4. Кушнар'юв М. О., Аверін Ю. С., Шостак І. В. МЕТОДИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»: КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ. Open Information and Computer Integrated Technologies. 2025. № 105. С. 248–264. URL: <https://doi.org/10.32620/oikit.2025.105.19> (дата звернення: 13.11.2025).
5. Кукунін С. Розробка цілісної методології організації систем типу «розумний будинок» в рамках парадигми «інтернету речей». COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES: EDUCATION, SCIENCE, PRODUCTION. 2020. № 38. С. 40–45. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2020-38-06> (дата звернення: 13.11.2025).
6. Ліпська А. Г. Правила безпеки у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Безпека життєдіяльності. 2012. № 3. С. 19–20.
7. Мінін Ф. Підготовка до дій у надзвичайних ситуаціях. Безпека життєдіяльності. 2017. № 2, лют. С. 32.
8. ПАРФЕНЕНКО Ю., ЮРЧЕНКО Д., ТРОЦЕНКО Д. РОЗРОБЛЕННЯ ВЕБДОДАТКУ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАМОВЛЕННЯ СИСТЕМ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК». INFORMATION TECHNOLOGY AND SOCIETY. 2023. № 4 (10). С. 24–31. URL: <https://doi.org/10.32689/maur.it.2023.4.3> (дата звернення: 13.11.2025).
9. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ : станом на 12 верес. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 12.11.2025).

10. Ahn S. Symmetrifying Smart Home. *Media Theory*. 2021. Vol. 5, no. 1. P. 89–114. URL: <https://doi.org/10.70064/mt.v5i1.911> (date of access: 12.11.2025).
11. Aldea Rivas M., Perez Tijero H. M2OS for Arduino Uno. *ACM SIGAda Ada Letters*. 2022. Vol. 41, no. 1. P. 78–82. URL: <https://doi.org/10.1145/3570315.3570322> (date of access: 13.11.2025).
12. Anwar Y. S., Durahman N. SMART RESTROOM BERBASIS ARDUINO UNO. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*. 2023. Vol. 11, no. 3s1. URL: <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3s1.3554> (date of access: 13.11.2025).
13. APPLICATION OF THE FIGMA SERVICE IN DESIGN / O. O. Malakhatko et al. *Innovate Pedagogy*. 2024. Vol. 2, no. 71. P. 176–182. URL: <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2024/71.2.33> (date of access: 13.11.2025).
14. Arduino Introduces The UNO R4. *New Electronics*. 2023. Vol. 56, no. 04. P. 10. URL: [https://doi.org/10.12968/s0047-9624\(23\)60733-3](https://doi.org/10.12968/s0047-9624(23)60733-3) (date of access: 13.11.2025).
15. Creative Programing. *Journal of Health, Physical Education, Recreation*. 1973. Vol. 44, no. 9. P. 33–34. URL: <https://doi.org/10.1080/00221473.1973.10621927> (date of access: 13.11.2025).
16. Fauzan Alaudin Hadi, Muhammad Rif'an, Mochammad Djaohar. MONITORING CUACA BERBASIS ARDUINO UNO. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*. 2020. Vol. 1, no. 1. P. 6–10. URL: <https://doi.org/10.21009/jevet.0011.02> (date of access: 13.11.2025).
17. Gadgay D. B. Smart Energy Meter using Arduino UNO. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 10. P. 74–77. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.10013> (date of access: 13.11.2025).
18. Hakam N. Perancangan UI/UX Aplikasi Amaze Layanan Online Travel Agent Menggunakan Aplikasi Figma. *INTEGER: Journal of Information Technology*. 2022. Vol. 7, no. 2. URL: <https://doi.org/10.31284/j.integer.2022.v7i2.3279> (date of access: 13.11.2025).

19. Home Security System using Arduino Uno / A. Fabian et al. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2022. Vol. 10, no. 4. P. 1908–1911. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.41661> (date of access: 13.11.2025).
20. Home, Smart Home: Wohnglossar 2.0. Home Smart Home. 2022. P. 156–167. URL: <https://doi.org/10.1515/9783035624441-004> (date of access: 12.11.2025).
21. Indartono K., Tama T. J. L., Mushthofa A. J. Emergency Button Wireless Berbasis Arduino Uno. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*. 2019. Vol. 20, no. 1. P. 17. URL: <https://doi.org/10.30595/techno.v20i1.3404> (date of access: 13.11.2025).
22. Jeong J., Pan Y. Design System Construction Framework Using Figma. *Journal of Digital Contents Society*. 2024. Vol. 25, no. 3. P. 615–624. URL: <https://doi.org/10.9728/dcs.2024.25.3.615> (date of access: 13.11.2025).
23. Jose A. C., Malekian R., Letswamotse B. B. Improving smart home security; integrating behaviour prediction into smart home. *International Journal of Sensor Networks*. 2018. Vol. 28, no. 4. P. 253. URL: <https://doi.org/10.1504/ijsnnet.2018.096464> (date of access: 12.11.2025).
24. K Al-Aqeel A. Smart Home. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*. 2024. P. 1922–1924. URL: <https://doi.org/10.38124/ijisrt/ijisrt24sep1020> (date of access: 12.11.2025).
25. Kumar A., Goswami S., Goel S. Smart Home Automation. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*. 2019. Vol. 7, no. 2. P. 824–827. URL: <https://doi.org/10.26438/ijcse/v7i2.824827> (date of access: 12.11.2025).
26. kumar A. Home Automation Using Arduino Uno. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*. 2019. Vol. 9, no. 12. P. p9614. URL: <https://doi.org/10.29322/ijsrp.9.12.2019.p9614> (date of access: 13.11.2025).
27. Kuriti J. N. PLC Development with Arduino Uno. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2025. Vol. 13, no. 3. P. 2569–2574. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.66974> (date of access: 13.11.2025).

28. Lad V. Smart Home Technologies. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2021. Vol. 9, no. 8. P. 1421–1434. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.37498> (date of access: 12.11.2025).
29. Mavzuna K. X. q., Asadbek S. F. o. WEB SAYT INTERFEYSINI TASHKIL ETISHDA FIGMA DASTURINING AHAMIYATLI JIHATLARI. 2024. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11422130> (date of access: 13.11.2025).
30. Mevada R. S., Sandansingh S. Fruit Keyboard using Arduino Uno. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. 2021. P. 258–259. URL: <https://doi.org/10.48175/ijarsct-2180> (date of access: 13.11.2025).
31. Michener J. C. The programing system. 1971. Vol. 16, no. 1. P. 42–44. URL: <https://doi.org/10.1177/003754977101600107> (date of access: 13.11.2025).
32. Moreno S. Theremin DIY con Arduino UNO. *Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores*. 2016. URL: <https://doi.org/10.30827/digibug.41917> (date of access: 13.11.2025).
33. NDOLO A. Smart home monitoring. *Qeios*. 2019. URL: <https://doi.org/10.32388/508747> (date of access: 12.11.2025).
34. Patil P. Software for Programing Contest. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 5. P. 3712–3714. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.5610> (date of access: 13.11.2025).
35. Pradana O. D., Nugroho S., Primadewi A. Vegetablefruit Ui/Ux Application Design Using Mobile-Based Figma. *Proceedings University of Muhammadiyah Yogyakarta Undergraduate Conference*. 2023. Vol. 3, no. 2. P. 23–34. URL: <https://doi.org/10.18196/umygrace.v3i2.588> (date of access: 13.11.2025).
36. Prasetya D., Iswandi H. PELATIHAN DESAIN UI/UX MUNGUNAKAM FIGMA DI SMK MUHAMMADIYAH 1 PALEMBANG. *Community Development Journal : Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 2025. Vol. 6, no. 2. P. 2453–2459. URL: <https://doi.org/10.31004/cdj.v6i2.40477> (date of access: 13.11.2025).

37. Putri R., Widya R., Yusman Y. PROTOTYPE SISTEM INFORMASI BIMBINGAN DAN KONSELING MENGGUNAKAN FIGMA. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi*. 2023. Vol. 4, no. 2. P. 540–551. URL: <https://doi.org/10.35870/jimik.v4i2.246> (date of access: 13.11.2025).
38. Radar Using Arduino UNO / S. Thele et al. *International Journal of Research Publication and Reviews*. 2024. Vol. 5, no. 4. P. 7606–7610. URL: <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0424.10113> (date of access: 13.11.2025).
39. Ralda M. I., Barata L. O. A., Endriatno N. Dispenser Otomatis Berbasis Arduino Uno. *Piston: Jurnal Teknologi*. 2022. Vol. 7, no. 2. P. 23–28. URL: <https://doi.org/10.55679/pistonjt.v7i2.12> (date of access: 13.11.2025).
40. Sangani K. Smart home tech. *Engineering & Technology*. 2012. Vol. 7, no. 6. P. 46. URL: <https://doi.org/10.1049/et.2012.0604> (date of access: 12.11.2025).
41. SMART HOME / J. Aneena et al. *International Journal of Advances in Engineering & Scientific Research*. 2016. Vol. 3, no. 5. P. 01–08. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10774375> (date of access: 12.11.2025).
42. Smart Home / A. Bhavsar et al. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. 2021. P. 725–733. URL: <https://doi.org/10.48175/ijarsct-1327> (date of access: 12.11.2025).
43. Smart Home Automation / P. Pandey et al. *SSRN Electronic Journal*. 2020. URL: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3515872> (date of access: 12.11.2025).
44. Smart Home Research / M. P. Poland et al. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*. 2009. Vol. 1, no. 4. P. 32–45. URL: <https://doi.org/10.4018/jaci.2009062203> (date of access: 12.11.2025).
45. smart home / S. k. (Biology) et al. 2023. Vol. 24, no. 1. P. 235–239. URL: <https://doi.org/10.21608/eji.2023.280845> (date of access: 12.11.2025).
46. Tazkiyah S., Arifin A. Perancangan UI/UX pada Website Laboratorium Energy menggunakan Aplikasi Figma. *Jurnal Teknologi Terpadu*. 2022. Vol. 8, no. 2. P. 72–78. URL: <https://doi.org/10.54914/jtt.v8i2.513> (date of access: 13.11.2025).

47. UI/UX Development Using Figma based on Inclusive Design / N. Kimseng et al. *JINAV: Journal of Information and Visualization*. 2024. Vol. 4, no. 2. P. 227–234. URL: <https://doi.org/10.35877/454ri.jinav2257> (date of access: 13.11.2025).
48. Unisa S. A. Smart Home Control. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2022. Vol. 10, no. 7. P. 1153–1158. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.45451> (date of access: 12.11.2025).
49. Veh Accident Detection Using Arduino UNO / Kanimozhi et al. *International Journal of Research*. 2023. Vol. 10, no. 6. P. 389–398. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8103364> (date of access: 13.11.2025).
50. Wayan Kiki Oktalao, Luh Arida Ayu Rahning Putri, Agus Muliantara. DESAIN UI/UX CLIK: PLATFORM PEMBELAJARAN ONLINE MENGGUNAKAN FIGMA. *Jurnal Pengabdian Informatika*. 2022. Vol. 1, no. 1. P. 273–279. URL: <https://doi.org/10.24843/jupita.2022.v01.i01.p39> (date of access: 13.11.2025).
51. WELL SAFETY DEVICE USING ARDUINO UNO. *INTERANTIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*. 2024. Vol. 08, no. 05. P. 1–5. URL: <https://doi.org/10.55041/ijsrem34724> (date of access: 13.11.2025).