

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему:

**«РОЗРОБКА РОЗЕТКИ З Wi-Fi КЕРУВАННЯМ ЯК ЕЛЕМЕНТУ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ»**

Виконав: здобувач групи Акт-42сп  
спеціальності 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології  
та робототехніка»

\_\_\_\_\_ Яджак В. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ Пташник В. В.

(прізвище та ініціали)

**ДУБЛЯНИ-2025**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор, Тригуба А. М.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Яджак Віктору Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка розетки з Wi-Fi керуванням як елементу  
автоматизації розумного будинку»

керівник роботи к. т. н., доцент., Пташник В. В.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП від 25.02.2025 року № 123/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: характеристика побутових та промислових систем  
керування електроживленням; технічна документація та паспорти на Wi-Fi-  
реле, мікроконтролери ESP8266, релейні модулі, блоки живлення Hi-Link;  
технічні описи комбінованих модулів керування, таких як ESP-01/ESP-01S;  
науково-технічна та довідкова література з питань побудови систем  
автоматизації, віддаленого моніторингу й бездротового керування; технічні  
вимоги до систем дистанційного контролю та керування в мережі Wi-Fi;  
специфікації та функціональні можливості комерційних рішень від виробників  
Sonoff, Xiaomi, TP-Link, Broadlink, Fibaro; особливості використання  
середовища розробки Arduino IDE для програмування мікроконтролерів ESP-  
серії; стандарти безпеки та енергоефективності для побутових електронних  
пристроїв.

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

Вступ

1. Аналіз систем автоматизації «розумний дім»

2. Структура розетки з дистанційним керуванням

3. Прототипування та тестування розеток з дистанційним керуванням

4. Охорона праціВисновкиСписок використаних джерел

## 5. Перелік графічного матеріалу

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

## 6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	<i>Пташник В. В., к.т.н., доцент</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 25 лютого 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Аналіз систем автоматизації «розумний дім»</i>	<i>25.02.2025 – 31.03.2025</i>	
2	<i>Розробка структури розетки з дистанційним керуванням</i>	<i>01.04.2025 – 20.04.2025</i>	
3	<i>Прототипування та тестування розеток з дистанційним керуванням</i>	<i>21.04.2025 – 20.05.2025</i>	
4	<i>Розгляд питань з охорони праці</i>	<i>21.05.2025 – 31.05.2025</i>	
5	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційного матеріалу</i>	<i>01.06.2025 – 06.06.2025</i>	
6	<i>Завершення роботи в цілому. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи</i>	<i>07.06.2025 – 10.06.2025</i>	

Здобувач

\_\_\_\_\_ *Яджак В.І.*  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ *Пташник В. В.*  
 (підпис) (прізвище та ініціали)

**УДК 681.521 / 681.518**

Розробка розетки з Wi-Fi керуванням як елементу автоматизації розумного будинку. Яджак В. І. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С.З. Гжицького, 2025.

Кваліфікаційна робота: 57 сторінок текстової частини, 41 рисунок, 12 таблиць, 16 джерел літератури.

*Мета кваліфікаційної роботи* є розробка Wi-Fi розетки з дистанційним керуванням як складового елементу системи автоматизації «розумного будинку», що забезпечує зручне, безпечне та енергоефективне управління електроприладами.

*Об'єктом дослідження* є система дистанційного керування електричним живленням побутових пристроїв у середовищі «розумного будинку».

*Предмет дослідження* охоплює методи і засоби автоматизації керування живленням електроприладів у системах розумного будинку з використанням Wi-Fi розеток, мікроконтролерів ESP8266 та відповідного програмного забезпечення для дистанційного моніторингу й управління.

У роботі проаналізовано предметну область розумної автоматизації, розглянуто технічні характеристики бездротових реле, способи реалізації зв'язку між користувачем і пристроєм через веб-інтерфейс, а також принципи роботи сучасних модулів. Проведено аналіз існуючих рішень, обґрунтовано вибір апаратних та програмних засобів, реалізовано макет системи та досліджено її функціональність з урахуванням вимог до надійності, енергоефективності та зручності використання.

**Ключові слова:** розумний будинок, автоматизація, Wi-Fi розетка, ESP8266, керування живленням, віддалений доступ, веб-інтерфейс, IoT, дистанційне керування, мікроконтролер.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ «РОЗУМНИЙ ДІМ» ..	7
1.1 Класифікація та функціональні можливості сучасних Smart Home-систем.....	7
1.2 Аналіз архітектури типових систем «розумного дому».....	11
1.3 Огляд апаратних та програмних рішень для побудови Smart Home .	13
1.4 Порівняльний аналіз розумних розеток з дистанційним керуванням	17
РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРА РОЗЕТКИ З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ .....	22
2.1 Вибір виконавчих елементів: типи реле та модулів .....	22
2.2 Комунікаційні модулі для дистанційного керування .....	25
2.3 Інтегровані рішення: комбіновані модулі керування .....	29
РОЗДІЛ 3 ПРОТОТИПУВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ РОЗЕТОК З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ .....	32
3.1 Прототипування дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP-01 .....	32
3.2 Програмна реалізація прототипу дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP-01 .....	38
3.3 Прототипування дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP-32 .....	39
3.4 Програмна реалізація прототипу дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP32 .....	44
3.5 Тестування розроблених прототипів та порівняння їх характеристик	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	48
4.1 Аналіз потенційних небезпек під час розробки електронного пристрою .....	48
4.2 Вимоги охорони праці на робочому місці розробника .....	50
4.3 Протипожежна безпека при роботі з електронними пристроями.....	52
ВИСНОВКИ .....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	56

## ВСТУП

Системи розумного дому стають дедалі популярнішими, оскільки технології підвищують комфорт, безпеку та енергоефективність житла. Одним із ключових елементів таких систем є розумна розетка, яка відкриває нові можливості для дистанційного керування побутовою технікою.

Це IoT-пристрій із підтримкою бездротового зв'язку, який дозволяє користувачам вмикати, вимикати або регулювати роботу приладів через мобільний застосунок або голосового помічника – незалежно від місця перебування.

Основна перевага – гнучкість управління: можна запланувати автоматичне ввімкнення або вимкнення пристроїв, що сприяє економії енергії й підвищує зручність. Наприклад, розетку можна активувати перед поверненням додому або вимкнути непотрібні прилади віддалено.

Розумні розетки також контролюють енергоспоживання, допомагаючи виявити потенціал для енергозбереження. Однак, як і будь-які підключені пристрої, вони можуть створювати ризики безпеки, зокрема несанкціонованого доступу.

У цьому документі розглянуто розробку смарт-розетки, яка поєднує функціональність, безпеку й зручність. Проаналізовано апаратну й програмну реалізацію, а також оцінено її ефективність.

Очікується, що результати сприятимуть розвитку розумного дому та забезпечать користувачам гнучкі й енергоефективні способи керування електроприладами.

Смарт-розетки можна інтегрувати з іншими розумними системами – освітленням, термостатами, охороною – для створення єдиного автоматизованого середовища.

Програмне забезпечення може включати сценарії автоматизації, як-от ранковий запуск кавоварки чи ввімкнення світла при виявленні руху, що підвищує комфорт і зручність.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

#### 1.1 Класифікація та функціональні можливості сучасних Smart Home-систем

Системи «Розумний дім» стали результатом наукових досліджень, що розвивалися паралельно з прогресом у сфері інформаційних і комунікаційних технологій. Їхній розвиток почався з домашньої автоматизації та підключення пристроїв. Перші спроби, пов'язані з дистанційним керуванням, датуються ще ХІХ століттям, зокрема 1898 роком, коли Нікола Тесла розробив систему радіокерування для транспорту.

У 1930-х роках електроприлади поступово увійшли в побут, замінюючи ручну працю. Вже на початку ХХ століття з'явилися перші автоматизовані системи, що дозволяли, наприклад, вмикати світло або регулювати температуру.

Із появою персональних комп'ютерів у 1980-х роках почалася нова ера: комп'ютери почали застосовуватися для моніторингу та керування побутовими пристроями. У 1990-х ці системи зазнали суттєвого вдосконалення, зросла їхня зручність і функціональність.

Згодом автоматизація набула поширення в офісних, промислових і житлових будівлях. Винахід мікроконтролерів знизив вартість пристроїв і сприяв масовому впровадженню ІТ у приміщення різного призначення.

У ХХІ столітті з розвитком Інтернету речей (IoT) системи стали ще ефективнішими: пристрої можуть взаємодіяти між собою та з користувачем через мережу. Це дало змогу дистанційно керувати будинком за допомогою смартфонів і планшетів.

Сьогодні розумні будинки дедалі популярніші, забезпечуючи керування освітленням, кліматом, безпекою, розетками, мультимедіа та іншими домашніми системами [1].

Системи розумного дому є однією з найінноваційніших і найдинамічніше зростаючих сфер сучасних технологій. Вони забезпечують користувачам зручність, енергоефективність і безпеку в повсякденному житті.

У розумних будинках використовуються сучасні технології, такі як Інтернет речей (IoT), бездротові мережі, датчики та системи автоматизації для створення інтелектуальної інфраструктури, яка підвищує комфорт і ефективність. На рисунку 1.1 представлено приклад такої системи.

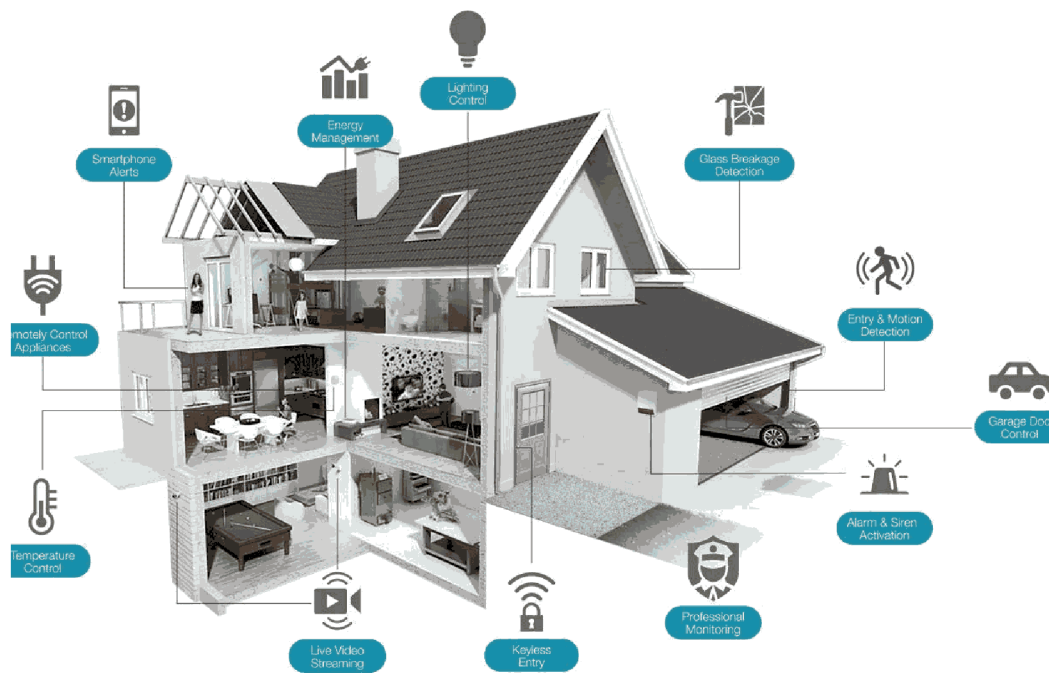


Рисунок 1.1 – Варіанти реалізації систем розумного будинку

Однією з головних особливостей систем розумного дому є їхня різноманітність. Такі системи можна налаштувати відповідно до потреб і вимог різних користувачів. Наприклад, система «розумний дім» може включати автоматизоване керування освітленням, опаленням і кондиціонуванням повітря, що дозволяє користувачам створювати комфортні умови у своєму домі відповідно до власних уподобань і розкладу (рис. 1.2).





Рисунок 1.2 – Архітектура GSM-диспетчеризації освітлення

Системи розумного будинку забезпечують високий рівень безпеки завдяки відеоспостереженню, датчикам диму, витоку газу, сигналізаціям та іншому обладнанню, що захищає життя й майно. Користувачі можуть дистанційно керувати безпекою через мобільний застосунок.

Серед можливостей – розумні розетки для керування електроприладами, графіків їх роботи й контролю енергоспоживання. Також підтримується голосове управління, що підвищує зручність і автоматизацію житла. Різні виробники пропонують варіації, але основна мета – комфорт, безпека та енергоефективність.

Системи HVAC регулюють температуру, вологість і вентиляцію, знижуючи витрати завдяки використанню зовнішніх умов. До них можуть входити функції зволоження, очищення, а також автоматичне відкривання вікон. Користувач задає параметри, а система підтримує їх за допомогою датчиків і центрального контролера.

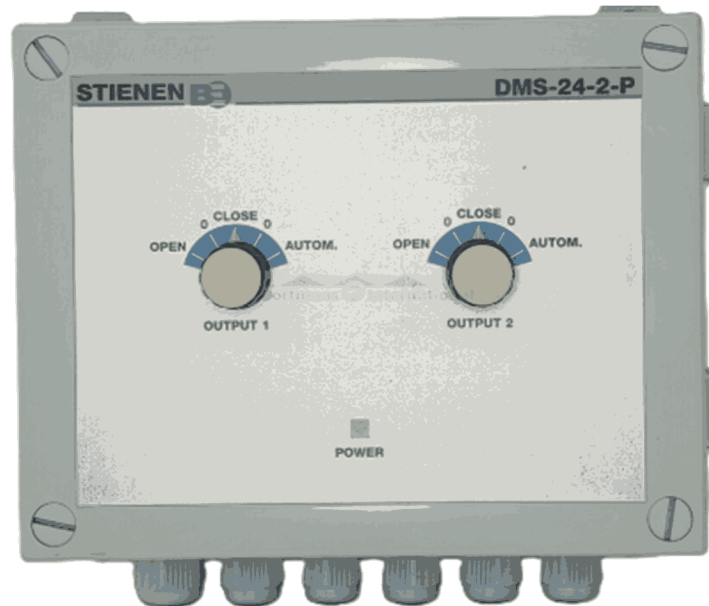


Рисунок 1.3 – Пристрій керування системою мікроклімату

Система розумного дому дозволяє зменшити витрати на підтримку мікроклімату, підтримуючи мінімальні параметри температури й вологості за відсутності мешканців та створюючи комфортні умови перед їх поверненням. Завдяки автоматизації не потрібно змінювати налаштування вручну – система самостійно адаптується до кожної зони.

Освітлення контролюється як у приміщенні, так і зовні: можна дистанційно вмикати світло, регулювати яскравість і колірну температуру, а також створювати сценарії ввімкнення у вечірній час. Керування розетками й жалюзі, а також використання датчиків руху забезпечують додаткову зручність. Система враховує індивідуальні потреби користувача й може імітувати присутність, підвищуючи безпеку.

Системи розумного дому підвищують безпеку мешканців і інженерних мереж, використовуючи датчики, детектори та таймери для моніторингу важливих параметрів. У разі витoku води, задимлення, проникнення або несправностей електро- чи газопостачання система автоматично реагує: перекриває подачу, активує сигналізацію чи пожежогашіння, надсилає повідомлення власнику. Камери дають змогу спостерігати за подіями в реальному часі. Також реалізовано функцію імітації присутності шляхом автоматичного вмикання світла за заданими сценаріями.

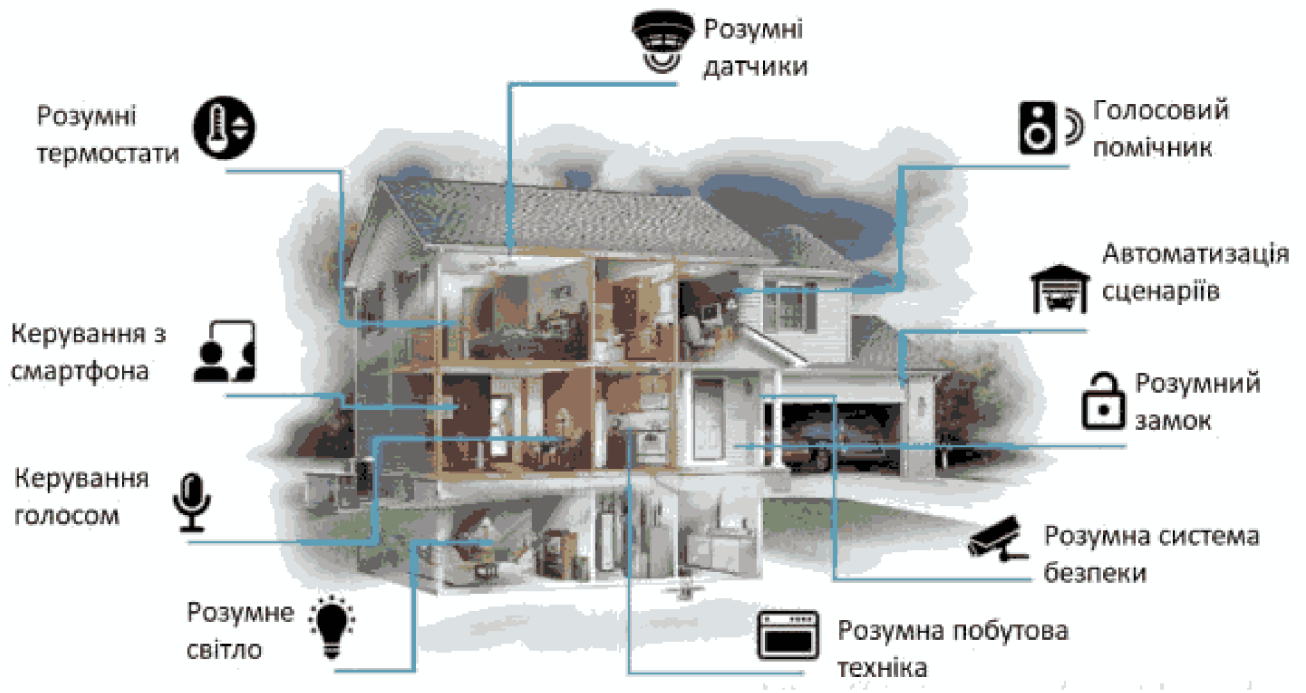


Рисунок 1.4 – Складові системи безпеки в розумному будинку

## 1.2 Аналіз архітектури типових систем «розумного дому»

Екосистема розумного дому зазвичай включає три типи пристроїв: концентратори (хаби, контролери), які об'єднують усі елементи системи й забезпечують дистанційне керування; датчики та лічильники, що збирають інформацію про середовище (температуру, рух, дим тощо); актуатори – пристрої, які виконують команди, як-от розетки, вимикачі, реле, вентилі, кліматичні модулі.

Ці компоненти формують єдину систему, яку можна адаптувати під потреби користувача, обираючи необхідні підсистеми та сценарії роботи. Сучасні розумні будинки стають дедалі гнучкішими та доступнішими.

Системи класифікують за кількома ознаками. За функціональністю – вузькопрофільні (наприклад, лише безпека) та універсальні (охоплюють охорону, клімат, мультимедіа). У професійному середовищі переважають спеціалізовані рішення, а в побуті – універсальні.

За типом зв'язку: дротові системи забезпечують надійність, але складні в установці; бездротові – зручніші, легші в модернізації, стали енергоефективними й безпечними завдяки сучасним технологіям.

Серед найпоширеніших бездротових протоколів – Wi-Fi, Bluetooth, а також Z-Wave і ZigBee, які ефективно об'єднують десятки і навіть сотні пристроїв в єдину екосистему.

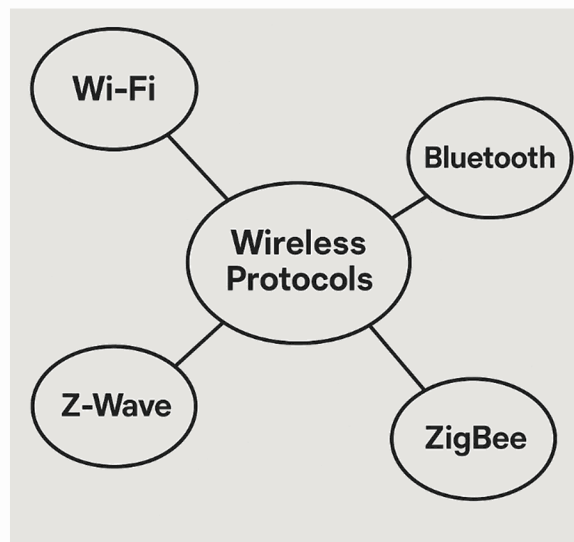


Рисунок 1.5 – Бездротові стандарти зв'язку

Протоколи Z-Wave і ZigBee мають низку переваг: прямий зв'язок між вузлами без маршрутизатора, низьке енергоспоживання, мала затримка сигналу й стабільна робота навіть за великої кількості пристроїв (до 1000). ZigBee підтримує недорогі модулі, тоді як Z-Wave – дорожчий.

Обидва протоколи створені для усунення проблем несумісності між пристроями різних виробників, однак повної інтеграції ще не досягнуто. Частковим вирішенням є універсальні хаби, що об'єднують пристрої на ZigBee, Z-Wave, Wi-Fi і Bluetooth в одну систему. Без хаба користувач обмежується одним стандартом.

За типом керування розумні будинки поділяють на централізовані (один центр керування) та децентралізовані (автономні підсистеми). Децентралізація вважається надійнішою, особливо для безпеки.

Протоколи також бувають відкритими й закритими. Відкриті дозволяють використовувати сумісні пристрої різних виробників, забезпечуючи гнучкість. Закриті гарантують сумісність, але обмежують вибір.

Сьогодні найбільш поширені – централізовані бездротові системи з відкритими протоколами, які поєднують універсальність і зручність. У сфері безпеки часто використовують закриті спеціалізовані рішення, які забезпечують високу надійність і контроль якості.

### 1.3 Огляд апаратних та програмних рішень для побудови Smart Home

*Amazon Alexa* - бездротова екосистема стрімко розвинулась після появи у 2014 році Amazon Echo – першої розумної колонки з голосовим помічником. Вона не лише відтворює музику, а й реагує на запити та керує технікою.

Завдяки відкритості екосистеми з'явилося багато сумісних пристроїв – розетки, лампочки, термостати, камери й навіть автомобілі (рис. 1.6). Alexa використовує Wi-Fi та Bluetooth, а керування здійснюється голосом і через мобільний застосунок, що зробило її однією з найпопулярніших систем у світі.



Рисунок 1.6 – Голосовий асистент Amazon Alexa

*Apple HomeKit* - Apple HomeKit стала однією з перших систем розумного будинку, представивши платформу у 2014 році. Спочатку вона була закритою, і лише сертифіковані пристрої могли працювати з нею. Після спрощення сертифікації у 2016 році платформа почала активно розвиватися, хоча й нині передбачено обов'язкову перевірку якості.

Керування здійснюється через застосунок Home в iOS, а голосовий контроль забезпечує Siri. Для дистанційного доступу необхідний пристрій-хаб – iPad, HomePod або Apple TV (рис. 1.7).

Серед мінусів – менший вибір сумісного обладнання й висока ціна пристроїв преміум-класу. Однак за допомогою хабів на зразок Aqara Gateway можна додати й більш доступні рішення, як-от пристрої від Xiaomi..



Рисунок 1.7 – Програмна платформа Apple HomeKit

*Xiaomi Smart Home* - використання Xiaomi Gateway дозволяє розширити функціональність екосистеми завдяки підтримці протоколу Zigbee, що забезпечує сумісність із пристроями інших виробників – датчиками, замками, реле, перемикачами. Пристрої з Wi-Fi, як-от розетки, лампочки, камери чи зубні щітки, підключаються без шлюзу.

Екосистема охоплює бренди Xiaomi, Aqara, Mijia та Yeelight, що пропонують широкий вибір доступних пристроїв, хоча фрагментація іноді

ускладнює вибір (рис. 1.8). Окрім індивідуального підбору, доступний стартовий набір Xiaomi Mi Smart Home Alarm System Kit, який легко розширити з часом.

Керування здійснюється через застосунок MiJia, де для кожного пристрою доступний окремий інтерфейс або плагін. Недоліком залишається обмежена локалізація – повний переклад доступний лише англійською, а голосовий помічник функціонує лише китайською.

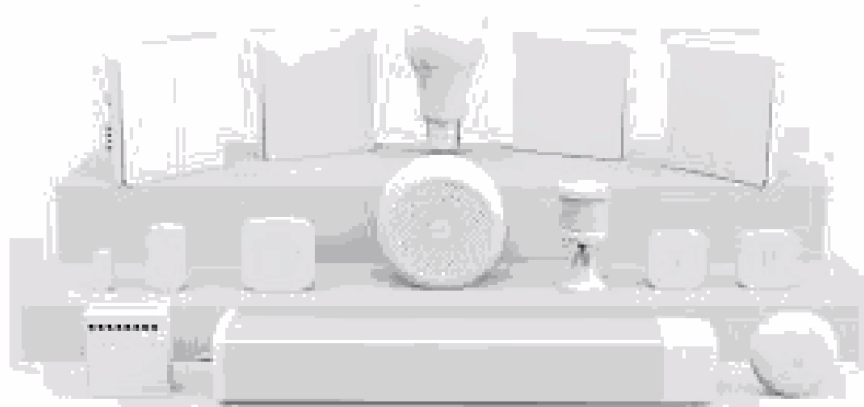


Рисунок 1.8 – Система «розумного дому» Xiaomi

Ajax – це замкнута бездротова екосистема, створена українською командою для забезпечення домашньої безпеки. Вона відзначається якісною локалізацією, простим інтерфейсом застосунку Ajax Security Systems та веб-версії.

Система сертифікована за стандартом EN 50131 (рівень 2), що забезпечує захист від дій досвідчених зловмисників. Вона підходить для охорони будинків і офісів, контролюючи вікна, двері та інші точки доступу.

У 2017 році Ajax отримала нагороду «Security System of the Year» (рис. 1.9).

Центром є Ajax Hub або Hub Plus, які з'єднуються з бездротовими датчиками руху, розбиття, відкриття, диму, температури та затоплення, а також із сиренами та пультами. Систему можна доповнити розетками й реле для віддаленого керування живленням і автоматизації.

У застосунку Ajax передбачено перегляд відео з камер і відеореєстраторів через RTSP. Сторонні пристрої, зокрема дротові датчики, інтегруються через адаптери або модулі, що є доцільним з огляду на ціну фірмових компонентів – від 30 до 120 доларів.



Рисунок 1.9 – Базовий комплект системи Ajax

*Nero* - Білоруський виробник Nero почав роботу у 2017 році, і його екосистема ще не набула широкої популярності. Система використовує два протоколи – власний Intro III (433 МГц) і відкритий Z-Wave Plus (869 МГц), що ускладнює сумісність із західними пристроями. Через це вибір сумісного обладнання обмежений, хоча система підтримує автоматизацію опалення, освітлення, кондиціонування, ролет, воріт і захист від витоків чи проникнень.

Центральний елемент – сервер Oledo 7767 ( $\approx 300$  доларів), який підключається до Інтернету та керує пристроями. Керування здійснюється через застосунок NeroHome для iOS та Android.

До складу входять приводи, реле, модулі автоматизації, панелі, кнопки, а також деякі сумісні з Fibaro датчики. Підтримуються IP-камери HiWatch і Hikvision для онлайн-спостереження.

Під час створення розумного будинку немає потреби обмежуватись однією екосистемою – завдяки мостам і шлюзам можна комбінувати різні відкриті або розширювати закриті рішення, досягаючи гнучкої автоматизації.



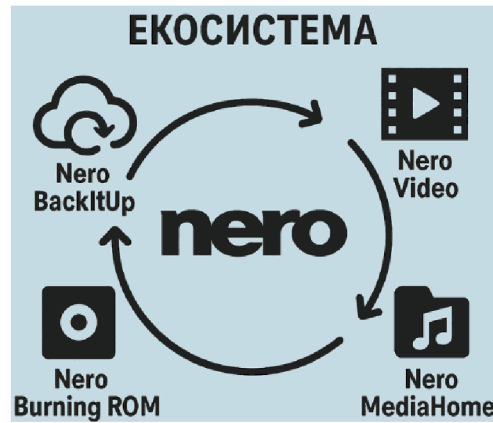



Рисунок 1.10 – Інтерфейс системи Nero

#### 1.4 Порівняльний аналіз розумних розеток з дистанційним керуванням

Розетки з дистанційним керуванням широко застосовуються для автоматизації житлових і промислових об'єктів. За типом керування розрізняють Wi-Fi, GSM, Bluetooth і радіокеровані моделі. Найпоширеніші – Wi-Fi розетки через зручність і універсальність, хоча вони залежать від інтернету. За його відсутності доцільніше використовувати GSM-рішення.


Wi-Fi розетка TP-Link Таро P100 проста в установці, підтримує керування через застосунок Таро та сумісна з голосовими асистентами. Має заземлення, таймер, індикатор і режим імітації присутності (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики TP-Link Таро P100 Wi-Fi

	Виробник	TP-LINK
	Стандарт вилки	європейський
	Клас захисту IP	IP20
	Робоча напруга	220-240V, 50 /60Гц
	Максимальна потужність навантаження	2300 В
	Українська мова	+
	Управління через	Android 4.3 і вище iOS 9 і вище

BroadLink SP3S Wi-Fi – це розумна розетка, якою можна дистанційно керувати за допомогою мобільного застосунку Broadlink E-Control для iOS та Android. Застосунок підтримує українську та російську мови, а також голосове керування через Google Home. Розетка підтримує створення сценаріїв і таймерів, а також оснащена вбудованим вимірювачем потужності, що дозволяє контролювати енергоспоживання підключених пристроїв у реальному часі (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики BroadLink SP3S Wi-Fi

	Виробник	BroadLink
	Стандарт вилки	європейський
	Клас захисту IP	IP67
	Робоча напруга	100-250V, 50/60 Гц
	Максимальна потужність навантаження	3,5 кВт, 16А
	Українська мова	+
	Управління через	Android, iOS

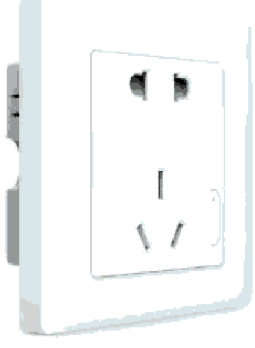
Пристрій можна інтегрувати з системами Broadlink E-Air та SmartOne, які додають функції автоматичного вимкнення неактивних пристроїв і моніторингу енергоспоживання. Модель SP3S витримує навантаження до 3,5 кВт, що дозволяє підключати енергоємне обладнання, як-от котли чи обігрівачі.

Aqara Smart Socket ZigBee – це розумна розетка з електронним блоком керування, яка підтримує дистанційне керування через смартфон. Вона підключається до системи через Mi Gateway з використанням протоколу ZigBee, дозволяє створювати сценарії, таймери та переглядати статистику споживання (табл. 1.3).

Конструкція корпусу передбачає паралельні гібридні роз'єми. Верхня частина сумісна з вилками типу А (плоска) та типу С (кругла) без заземлення, тоді як нижня частина призначена для вилок типу І (потрійна з заземленням), які застосовуються переважно в Китаї та Австралії.

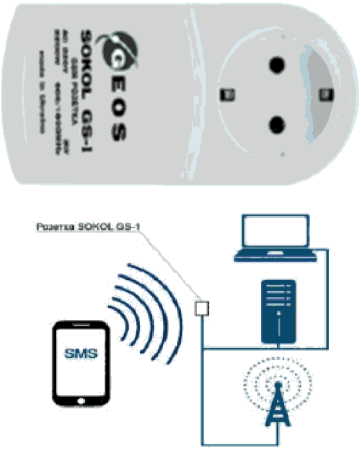
Пристрій також оснащений фізичною кнопкою для ручного ввімкнення або вимкнення живлення, а також світлодіодним індикатором синього кольору для візуалізації поточного стану розетки.

Таблиця 1.3 – Технічні параметри Xiaomi Aqara Wall Outlet Socket ZigBee

	Виробник	Aqara
	Стандарт вилки	Гібридний (I,A,C)
	Клас захисту IP	IP20
	Робоча напруга	100-200V, 50 Гц
	Максимальна потужність навантаження	2,5 кВт, 10А
	Українська мова	-
	Управління через	Android, iOS

SOKOL GS-1 A – це розетка для дистанційного керування електроживленням за допомогою мобільного телефону. Керування здійснюється через надсилання дзвінків або текстових повідомлень (SMS) на SIM-карту, встановлену в пристрій. Розетка підтримує налаштування сценаріїв, таймерів, розпізнавання поточного стану, а також має вбудований захист від перегріву (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Характеристики та схема розетки SOKOL GS-1 A

	Виробник	SOKOL
	Стандарт вилки	європейський
	Стандарт зв'язку	GSM:900/1800 МГц
	Робоча напруга	160-260V
	Максимальна потужність навантаження	3 кВт, 20А
	Автономність	24 години
	Управління через	SMS, дзвінок

У разі зникнення напруги в мережі пристрій залишається активним протягом 24 годин завдяки вбудованому джерелу резервного живлення. SOKOL

GS-1 А дозволяє зареєструвати до 10 мобільних номерів для дистанційного керування.

GSM Socket SKL – це система дистанційного керування електроживленням, яка має три гібридні розетки. Кожною з них можна керувати окремо, і вони підтримують підключення пристроїв загальною потужністю до 2200 Вт. Керування здійснюється за допомогою SMS-команд, що надсилаються на номер SIM-карти, встановленої в пристрій (рис. 11).



Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд GSM-розетки SKL

Кожна розетка має унікальний активний ідентифікатор, що дозволяє точно визначити її стан та керувати нею індивідуально. У разі зникнення електроживлення всі налаштування зберігаються у вбудованій пам'яті пристрою, що забезпечує стабільність роботи після відновлення живлення.

Ajax Socket – це розумна розетка для керування живленням побутових пристроїв. Керування здійснюється через концентратор Ajax за допомогою радіопротоколу Jeweller, а команди задаються у мобільному застосунку, підключеному до концентратора через Wi-Fi.

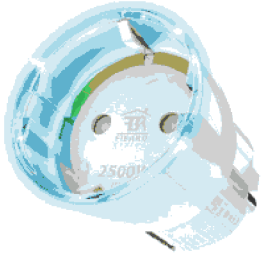
Розетка має кольорові світлодіоди для індикації навантаження, підтримує контроль енергоспоживання, оснащена захистом від перенапруги та перевантаження, і надсилає push-сповіщення у разі збоїв (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Параметри Ajax Socket Black

	Виробник	Ајах
	Стандарт вилки	європейська
	Клас захисту IP	IP20
	Робоча напруга	184-253 V, 50 Гц
	Максимальне навантаження	2,5 кВт, 13А
	Діапазон частот	868.0-868.6 МГц
	Діяльність радіосигналу	до 1000 м

Настінна розетка FIBARO – це розумна розетка для системи HomeKit, яка працює через Wi-Fi та Bluetooth. Вона вмикає та вимикає живлення, контролює енергоспоживання та попереджає про критичне навантаження (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики FIBARO Wall Plug (Apple HomeKit)

	Виробник	Fibaro
	Стандарт вилки	європейська
	Клас захисту IP	IP20
	Робоча напруга	220V, 50 Гц
	Керування	iOS, HomeKit
	Протокол зв'язку	Bluetooth 2.4 GHz
	Діяльність радіо-сигналу	50 м

Настінна розетка FIBARO – це розумна розетка для системи HomeKit, яка працює через Wi-Fi та Bluetooth. Вона вмикає та вимикає живлення, контролює енергоспоживання та попереджає про критичне навантаження.

Через концентратор HomeKit дані передаються по Bluetooth на відстань до 30–50 метрів. Розетка також підтримує сценарії та таймери для автоматизації роботи підключених пристроїв.

## РОЗДІЛ 2

### СТРУКТУРА РОЗЕТКИ З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

#### 2.1 Вибір виконавчих елементів: типи реле та модулів

Щоб створити власну розумну розетку з дистанційним керуванням, необхідно розглянути наявні компоненти та можливості їх використання. Основними елементами цього типу обладнання є: реле для вмикання/вимикання електричного струму, модуль керування для взаємодії з користувачем, а також джерело живлення.

Релейний модуль та модуль керування зазвичай розміщуються на одній платі або в загальному корпусі. У такому випадку їх доцільно розглядати з урахуванням обраного методу або протоколу взаємодії з користувачем чи системою керування.

Реле – це автоматичний перемикаючий пристрій, що змінює фізичний стан контактного або безконтактного виходу (у двох або трьох положеннях) у відповідь на постійний або дискретний керуючий сигнал. Реле є одними з найпоширеніших пристроїв в електронних системах автоматизації, оскільки забезпечують замикання або розмикання електричних кіл залежно від вхідного сигналу.

Для реалізації розеток із дистанційним керуванням найдоцільніше використовувати електромагнітні реле. Їхня конструкція зазвичай включає котушку з великою кількістю витків ізолюваного дроту, сердечник, якор і пружний контакт. Оскільки для більшості побутових розеток не потрібна висока напруга, важливими параметрами залишаються компактність і можливість керування сигналами логічного рівня TTL. Такий підхід дозволяє спростити конструкцію пристрою та зменшити його габарити, що є критично важливим для вбудованих систем. Крім того, інтеграція керування і виконавчого елемента на одній платі полегшує процес монтажу.

Реле Songle SRA-12VDC-CL – це електромеханічне реле на 12 В з п'ятьма контактами, призначене для комутації високих струмів. Воно здатне перемикає навантаження до 20 А при 14 В DC або 10 А при 250 В AC. Реле має компактний корпус, хорошу ізоляцію та широко використовується в системах автоматики, живлення та керування побутовими пристроями..

Електромагнітні реле використовуються для комутації ланцюгів із великими робочими струмами. Реле має п'ять контактів, два з яких призначені для подачі керуючого сигналу напругою 12 В. Максимальна комутувана напруга становить 250 В змінного струму або 30 В постійного струму (рис. 2.1).

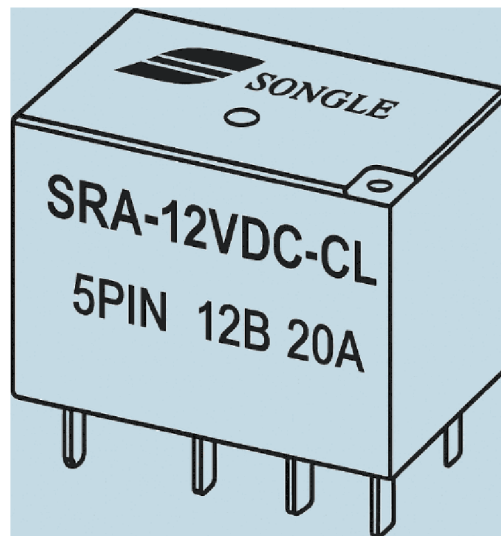


Рисунок 2.1 – Реле Songle SRA-12VDC-CL 5pin 12B 20A

Модуль реле 5V сумісний із мікроконтролерами Arduino, PIC, ARM та AVR і дозволяє комутувати потужні навантаження за допомогою слабкострумowego керування. Він працює від 5В і містить електромагнітне реле, що дозволяє вмикати чи вимикати пристрої з напругою до 250В AC або 30В DC. Завдяки вбудованому транзистору, діоду захисту та світлодіоду індикації, модуль легко інтегрується в автоматизовані системи. Такий реле-модуль широко застосовується у проєктах розумного дому, автоматики та дистанційного керування (рис. 2.2).

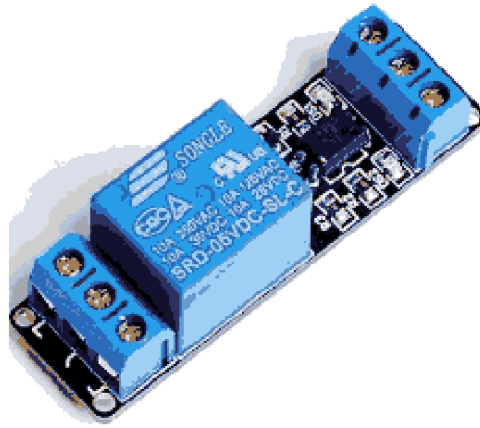


Рисунок 2.2 – Одноканальний модуль реле Arduino 5V

Одноканальний релейний модуль на 5 В використовується для керування різними пристроями з високою входною напругою. Модуль має два інтерфейси: один – для підключення керуючого пристрою, інший – для підключення навантаження (керованого пристрою) до контактів реле.

Одноканальний релейний модуль на 5 В використовується для підключення до плати мікроконтролера або для керування побутовою технікою. Модуль працює з керуючим сигналом 12 В та оснащений індикатором живлення ( рис. 2.3).

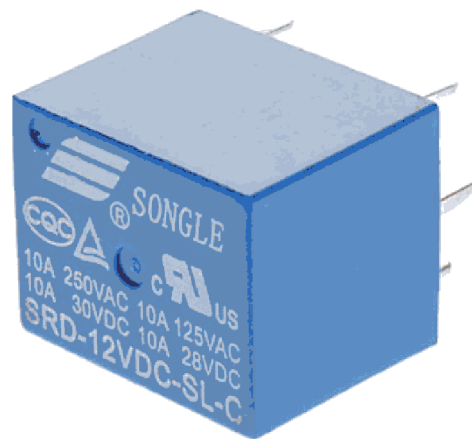


Рисунок 2.3 – Реле SONGLE SDR-05VDC-SL-C

Для розширення функціональності розеток до них можуть додаватися фотореле – для контролю рівня освітлення та подальшого керування живленням освітлювального обладнання. Термореле застосовуються для контролю температури та керування обігрівачами, кондиціонерами тощо.



## 2.2 Комунікаційні модулі для дистанційного керування

Модулі для прийому й передачі сигналу класифікують за типом використовуваного протоколу. Найчастіше застосовуються Wi-Fi, Bluetooth, радіочастотні модулі, а також мережі ZigBee (табл. 2.1).

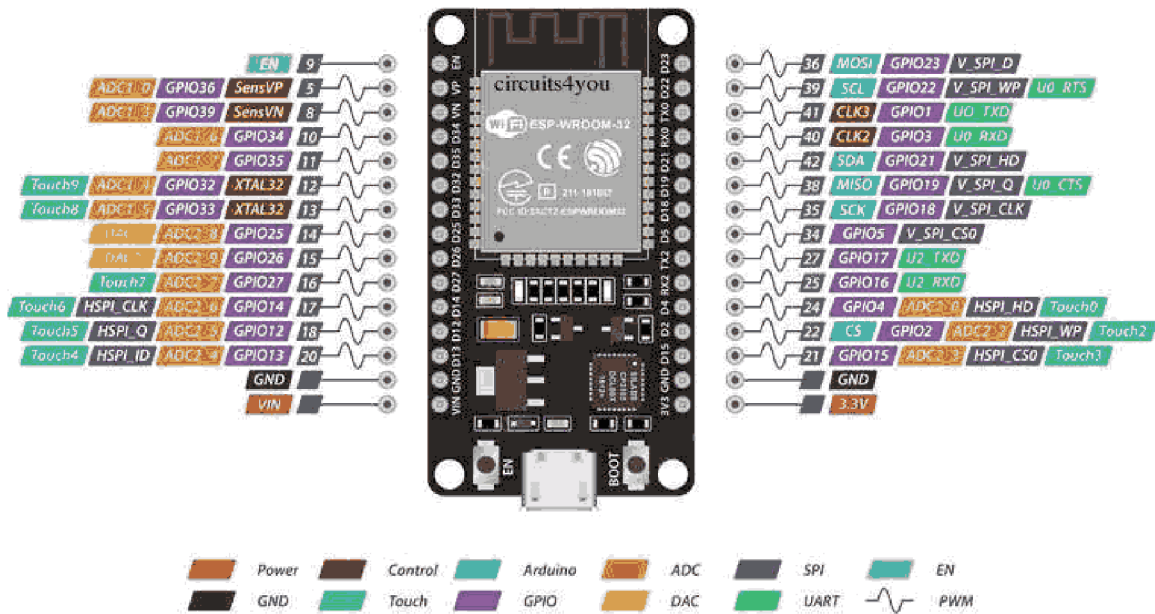


Рисунок 2.4 – Мікроконтролер LuaNode32 з ESP-32

Wi-Fi модуль LuaNode32 з ESP-32 (рис. 2.4) – це потужний мікроконтролер із підтримкою Wi-Fi та Bluetooth, який ідеально підходить для проєктів Інтернету речей (IoT). Він оснащений двоядерним процесором Tensilica Xtensa LX6, працює на частоті до 240 МГц і має велику кількість цифрових і аналогових входів/виходів. ESP-32 підтримує численні інтерфейси, зокрема UART, SPI, I2C, PWM і ADC, що робить його універсальним для різних застосувань.

ESP32 є вдосконаленою версією модуля ESP8266. У серії ESP32 використовується потужніше процесорне ядро – Xtensa LX6 з двома ядрами, що працюють на частоті до 240 МГц. Модуль підтримує Wi-Fi, Bluetooth і BLE, а також має розширену кількість входів і виходів, з яких 18 можуть використовуватись для обробки аналогових сигналів.

Таблиця 2.1 – Основні характеристики ESP-32

Підтримка Wi-Fi мережі	802.11 b/g/n
Бездротові стандарти	Wi-Fi, Bluetooth, BLE (v4.2)
Частота	240 МГц
Об'єм ОЗП	520 КБ
Об'єм ПЗП (ESP32)	448 КБ
Об'єм флеш пам'яті	4МБ
Робоча напруга	2,3-3,6 В
Розміри	25.2 x 18 мм

ESP32 оснащено вбудованим годинником реального часу (RTC), апаратною підтримкою підключення SD-карт і клавіатур, а також кількома режимами енергозбереження. Такий модуль має численні переваги перед ESP8266, а його розширені функціональні можливості дозволяють застосовувати його в пристроях Інтернету речей (IoT), мультимедійних системах та інших вбудованих рішеннях (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. – Технічні характеристики Wi-Fi модуля

Підтримка мереж	WiFi 802.11 b / g / n + Bluetooth4.2 LE
Живлення	5В 6-310мА
Камера	JPEG, BMP
Пам'ять	SD-карта < 4Гб
Антенa	PCB
Об'єм флеш пам'яті	32 Мбіт SPI
Розмір	240.5*27*4.5мм

ESP32-CAM (рис. 2.5) – це розробна плата на базі мікроконтролера ESP32 з 2-мегапксельною камерою OV2640. Цей модуль дозволяє поєднувати можливості бездротового керування через Wi-Fi із функціональністю камери. Плата зручна для створення систем відеоспостереження та може використовуватись для реалізації автоматичного вмикання або вимикання пристроїв на основі виявлення присутності людини (з використанням датчика присутності).



Рисунок 2.5 – Wi-Fi модуль ESP32 з камерою 2MP

Релейний і контрольний модулі зазвичай розміщуються на одній платі або в загальному корпусі. У таких випадках доцільно класифікувати модулі за методом або протоколом взаємодії з користувачем чи системою керування.

Універсальний бездротовий пульт дистанційного керування з двоканальним релейним приймальним модулем. Керування здійснюється за допомогою пульта на частоті 433 МГц у радіусі до 80 метрів від приймача за умови відсутності перешкод (рис. 2.6). Цей модуль можна використовувати для створення розетки з двома роз'ємами, що підтримують дистанційне керування (табл. 2.3).



Рисунок 2.6 – Пульт дистанційного керування KR2202+KT05

Таблиця 2.3 – Характеристики блоку дистанційного керування

Виробник	QIACHIP
Керування	RF 433 МГц
Робоча напруга	AC 85V-250V
Струм спокою	8,5 мА
Чутливість	> 97dbm
Розміри	68 * 47 * 26мм
Робоча відстань	80 м

Перевагою модуля є незалежність від домашніх мереж Wi-Fi, Bluetooth тощо. Недоліком є обмежений радіус дії сигналу дистанційного керування.

GSM-реле RTU5024 – одноканальне реле для дистанційного керування живленням за допомогою SMS або телефонного дзвінка з мобільного пристрою. Перевагами цього модуля є незалежність від домашніх мереж, таких як Wi-Fi чи Bluetooth; необмежений радіус дії, який визначається лише зоною покриття GSM, а також широкий діапазон робочих температур.

Одним із незначних недоліків є відносно великі розміри через наявність зовнішньої антени, що може ускладнити використання пристрою в компактних системах. На основі таких модулів можна створювати розетки з функцією дистанційного керування для відкривання дверей, увімкнення опалення або використання в нежитлових і промислових приміщеннях (рис. 2.7). GSM-реле оснащено SIM-картотримачем і дозволяє дистанційно керувати навантаженням за допомогою SMS-команд або дзвінків. Воно зазвичай працює в мережах 2G, підтримує реле на 10–30 А і може функціонувати без інтернету (табл. 2.3).



Рисунок 2.7 – GSM-реле RTU5024

Таблиця 2.3 – Параметри GSM-реле

Виробник	King Pigeon
Керування	GSM (850/900/1800/1900 МГц), Android, iOS
Живлення	2-24 В, 50 мА, режим очікування 15мА
Характеристика реле	3А-220В/ 5А-24В.
Антенa	50 Ом, SMA
Розміри	10,3 * 9,2 * 2,6 см
Робочі температури	-20 ~ +60С

### 2.3 Інтегровані рішення: комбіновані модулі керування

Bluetooth-реле - це модуль реле з вбудованим Wi-Fi-модулем ESP8266, який дозволяє дистанційно керувати електричними приладами через інтернет. Модуль містить чотири електромеханічні реле, кожне з яких може комутувати навантаження до 10А при 250В АС або 30В DC. Завдяки інтеграції мікроконтролера ESP-01/ESP8266 він підтримує підключення до мережі Wi-Fi та сумісний з платформами автоматизації, як-от Blynk, Arduino IDE, чи Home Assistant. Плата також містить стабілізатор живлення, транзистори керування реле та світлодіодні індикатори стану. Такий пристрій ідеально підходить для реалізації розумних розеток, освітлення чи систем керування побутовими приладами (рис.2.8).

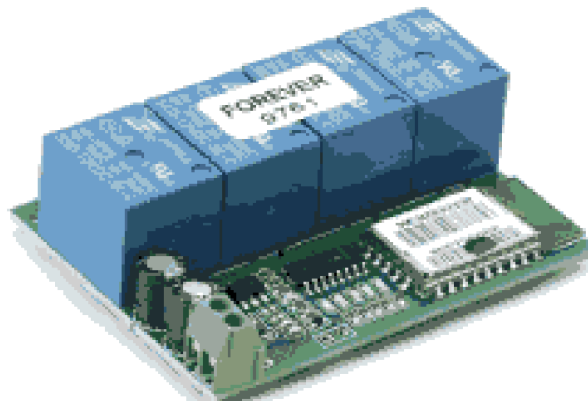


Рисунок 2.8 – Блок керування з Bluetooth

На основі цього Bluetooth-реле можна створити кабель-подовжувач або мережевий розгалужувач на чотири роз'єми з можливістю дистанційного керування через протокол Bluetooth. Перевагою такого модуля є компактність і зручність у використанні в межах радіусу дії 20–25 метрів без перешкод. Недоліком є обмежений ефективний радіус керування (табл.2.4).

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики Bluetooth-реле

Виробник	DIYMall
Керування	Bluetooth, Android, iOS
Живлення	12В
Х-тика реле	10А-250В
К-ть каналів	4
Розміри	70*55*20мм
Bluetooth контролер	CYBL10162-56L

Wi-Fi-реле eWeLink 2 – це сучасний двоканальний модуль керування електроживленням, призначений для дистанційного керування побутовими або промисловими пристроями через бездротову мережу Wi-Fi. Основне його призначення — забезпечити зручне вмикання та вимикання електроприладів за допомогою смартфона або голосових помічників. Для цього модуль має попередньо встановлену прошивку, яка сумісна з фірмовими мобільними застосунками, такими як eWeLink, що доступний для операційних систем Android та iOS. Завдяки цьому користувач отримує готове до роботи рішення, яке не потребує програмування або складного налаштування. Модуль також підтримує програмування таймерів, циклічне увімкнення/вимкнення, сценарії автоматизації та інтеграцію в екосистеми розумного дому. (рис. 2.9).

Пристрій повністю сумісний із популярними системами голосового керування, такими як Amazon Echo, Echo Dot, Amazon Tap, Google Home та Google Nest, що дозволяє керувати приладами безпосередньо за допомогою голосових команд. Це робить реле зручним для використання в побуті: наприклад, для автоматичного керування освітленням, обігрівачами, вентиляцією або навіть побутовими розетками. До переваг eWeLink 2 можна

віднести компактність, підтримку хмарних сервісів, просту інтеграцію в екосистеми розумного дому та наявність інтерфейсу для ручного керування.

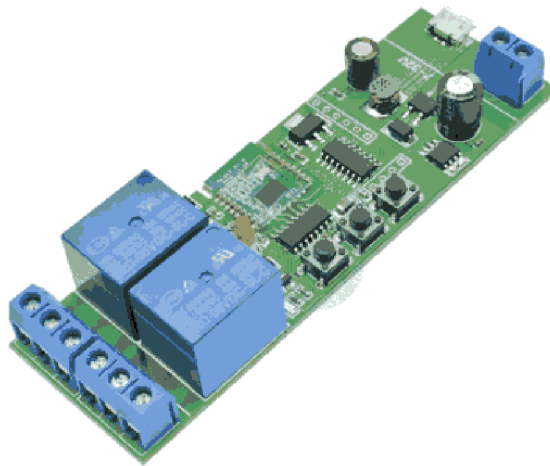


Рисунок 2.9 – Wi-Fi реле eWeLink 2

Водночас, основним недоліком цього модуля, на мою думку, є обмежена можливість кастомізації прошивки. Користувач не має повного доступу до внутрішньої логіки керування, що робить неможливим глибоку адаптацію програмного забезпечення під нестандартні задачі. Іншими словами, eWeLink 2 більше орієнтований на кінцевого споживача, ніж на розробника, який хоче реалізувати власну логіку керування або інтегрувати модуль у складніші системи з відкритим програмуванням (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Параметри Wi-Fi реле eWeLink

Виробник	eWeLink
Керування	Wi-Fi
Живлення	5В/ 7-32В
Х-тика реле	$85-250В \leq 10A2,5кВт$
К-ть каналів	2
Розміри	120*38*25мм
Підтримка	Amazon, Google

## РОЗДІЛ 3

### ПРОТОТИПУВАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ РОЗЕТОК З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

#### 3.1 Прототипування дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP-01

Завдання кваліфікаційної роботи передбачають створення Wi-Fi розетки з дистанційним керуванням. Цей пристрій є одним із найпоширеніших і найуніверсальніших у системі «розумного дому». Відповідно до поставленого завдання керування пристроєм має здійснюватися через мережу Wi-Fi, що дає змогу дистанційно керувати живленням підключених приладів.

Релейний модуль ESP-01 є зручним і компактним рішенням для реалізації дистанційно керованої розетки. Завдяки вбудованому модулю ESP8266, він забезпечує бездротове з'єднання через Wi-Fi, що дозволяє легко керувати живленням підключених пристроїв через мобільний застосунок або веб-інтерфейс. По суті, це готове рішення "з коробки", яке не потребує складної пайки чи додаткових компонентів для базової функціональності.

Схема Wi-Fi базується на релейному модулі ESP-01/ESP-01S (рис. 3.1) та модулі Wi-Fi ESP8266 версії ESP-01. За допомогою цього модуля можна керувати будь-яким пристроєм через мережу Wi-Fi, використовуючи як передавальний пристрій контролер ESP8266-01S (ESP-01S). Модуль, зібраний на платі з зеленого скловолокна, має розміри  $37 \times 25$  мм і вагу 30 г; більшу частину простору на платі займає реле SRD-5VDC-SL-C – те саме, що використовується в звичайних одно- та двоканальних релейних модулях.

Поряд із реле знаходиться невеликий джгут проводів, який забезпечує належне перемикання реле. Оскільки реле керується напругою 5 В, а ESP-01 працює при напрузі 3,3 В, на платі встановлено стабілізатор напруги AMS1117, а поруч розташовані керамічні конденсатори (рис. 3.2). Також на платі



передбачено кнопку RESET, за допомогою якої можна скинути модуль, а світлодіод поруч із нею вказує, чи реле розімкнене. Модуль підтримує вихідний код APP і мову програмування LUA.



Рисунок 3.1 – Модуль релейний ESP-01/ESP-01S

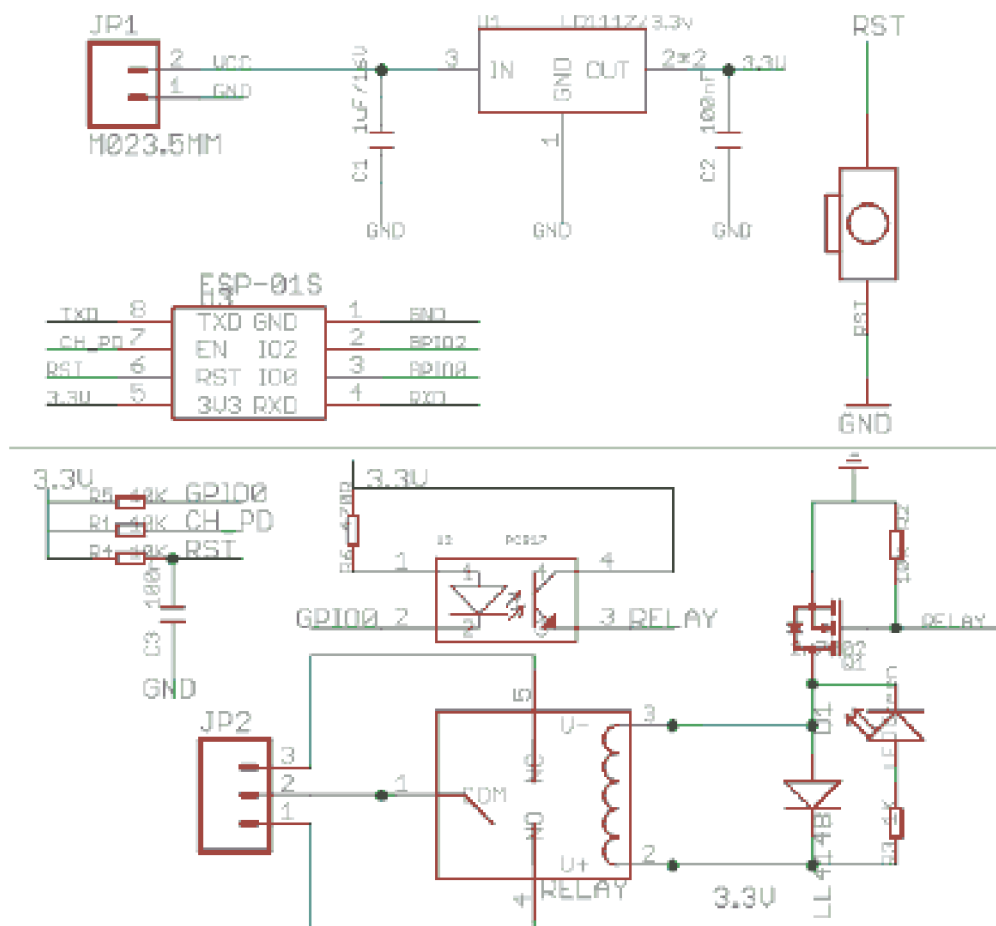


Рисунок 3.2 – Схеми електричних з'єднань модуля ESP-01/ESP-01S

Для налагодження бездротового зв'язку використовується модуль ESP8266 (рис. 3.3)– це мікромодуль Wi-Fi із вбудованим стеком протоколів TCP/IP, який підтримує керування за допомогою AT-команд. Чип розроблений для використання в розумних розетках, сітчастих мережах, IP-камерах, бездротових датчиках, портативній електроніці тощо.

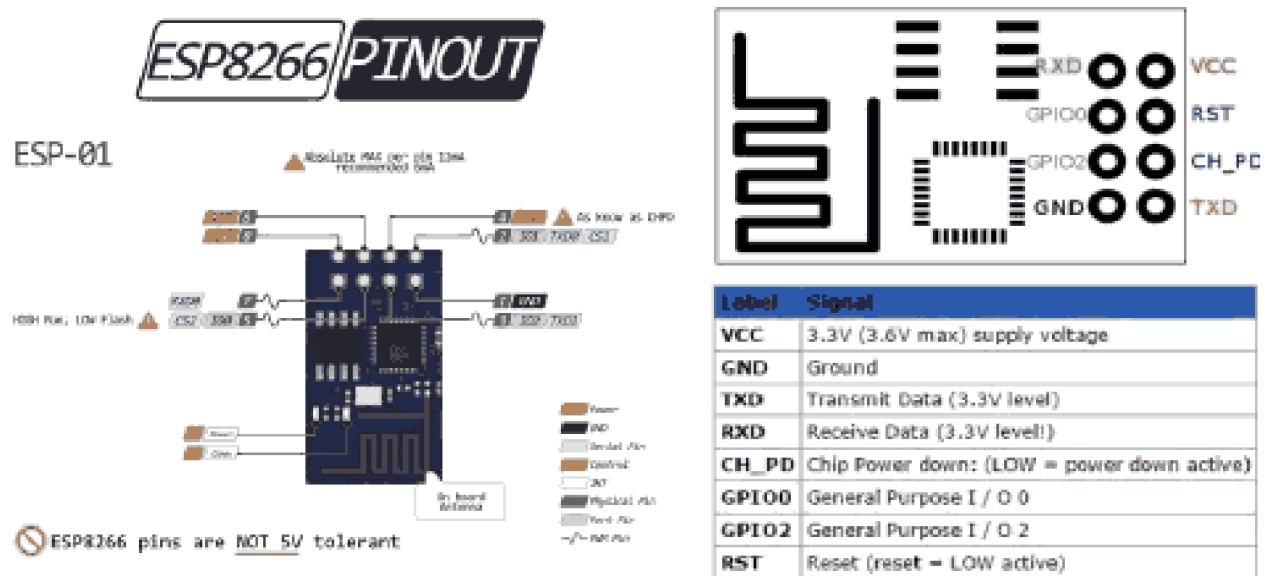


Рисунок 3.3 – Схема підключення модуля ESP8266

Характеристики ESP8266:

- підтримка стандартів 802.11 b/g/n;
- вбудовані перемикач TR, балун, LNA та підсилювач потужності;
- вбудовані PLL, стабілізатор напруги та компоненти керування енергоспоживанням;
- вбудований 32-розрядний енергоефективний процесор;
- струм витоку менше ніж 10 мкА;
- вбудований датчик температури;
- у режимі 802.11b вихідна потужність становить 19,5 дБм;
- підтримка інтерфейсів SDIO 2.0, SPI, UART;
- вбудований стек протоколів TCP/IP;
- підтримка технологій STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO;
- підтримка різноманітності антен;

- підтримка Wi-Fi Direct (P2P), режиму Soft AP;
- агрегація пакетів A-MPDU та A-MSDU, затримка пробудження до 0,4 мс;
- енергоспоживання в режимі очікування менше ніж 1,0 мВт (DTIM3).

Загальна схема підключення релейного модуля як елемента управління розумною розеткою з необхідним периферійним обладнанням показано на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд модуля ESP8266

Згідно з вищенаведеною схемою для збирання макету також необхідно розрахувати компактний і надійний блок живлення. Оскільки подача живлення 220 В безпосередньо до плати модуля контролера є неприйнятною, для її стабілізації та зниження напруги використано імпульсний блок живлення Hi-Link HLK-PM01, зображений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Блок живлення Hi-Link HLK-PM01

Модуль Hi-Link HLK-PM01 є компактним AC-DC перетворювачем у герметичному корпусі, що ідеально підходить для живлення мікроконтролерних проєктів. Він працює з вхідною напругою в межах 100-240 В і забезпечує стабільний вихід 5 В з максимальним струмом до 0,6 А, при цьому його вихідна потужність сягає 3 Вт. Коефіцієнт корисної дії перевищує 70 %, а вбудовані функції захисту від перевантаження та короткого замикання забезпечують безпечну експлуатацію. Розміри модуля становлять  $3,4 \times 2 \times 1,5$  см. Схему його підключення наведено на рисунку 3.6 нижче.

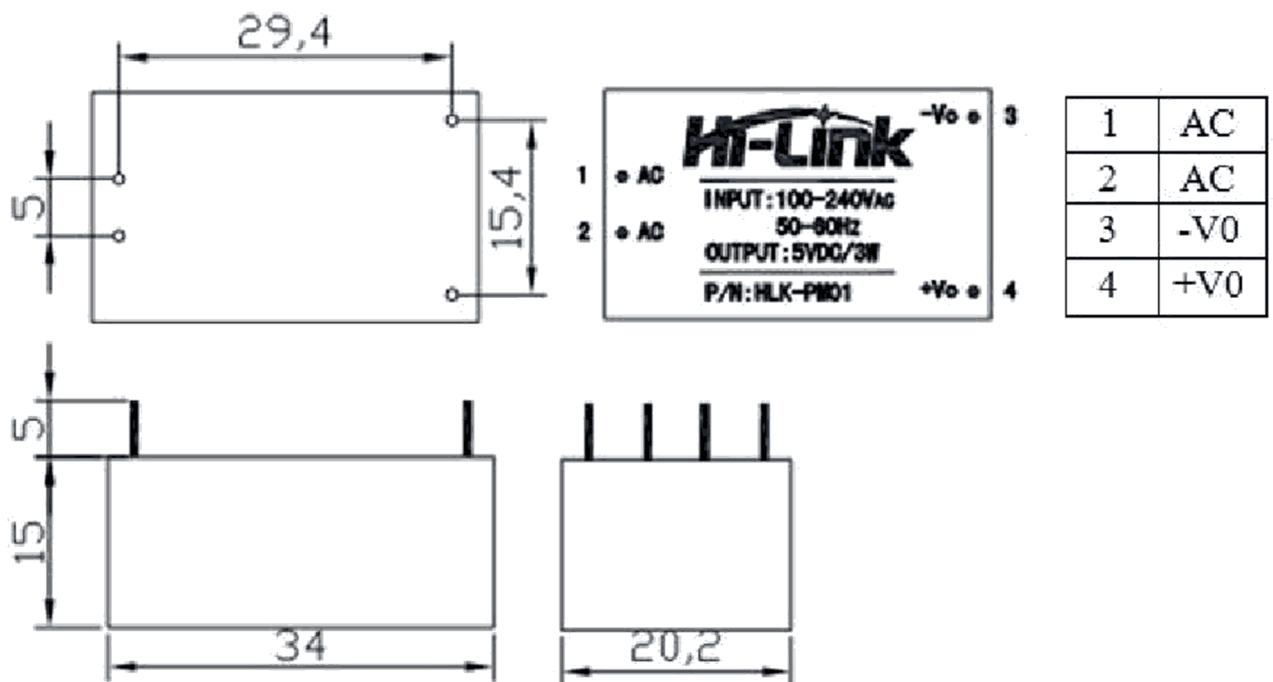


Рисунок 3.6 – Габарити джерела живлення Hi-Link HLK-PM01

Вибір цього блоку живлення зумовлений його повною відповідністю технічним вимогам проекту. Для реалізації функції моніторингу стану електричної мережі одним із найбільш ефективних і поширених рішень є застосування датчика струму ACS712.

Обраний Wi-Fi модуль ESP8266 версії ESP-01 не має вбудованого програматора і не може бути підключений безпосередньо до USB. Тому ми будемо використовувати зовнішній модуль USB-UART (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – USB-to-UART програматор з інтерфейсом CP2102

Програматор використовує мікросхему CP2102, тому додаткове встановлення драйвера не потрібне. Програматор також має додаткові контакти, через які можна завантажити прошивку до модуля Sonoff.

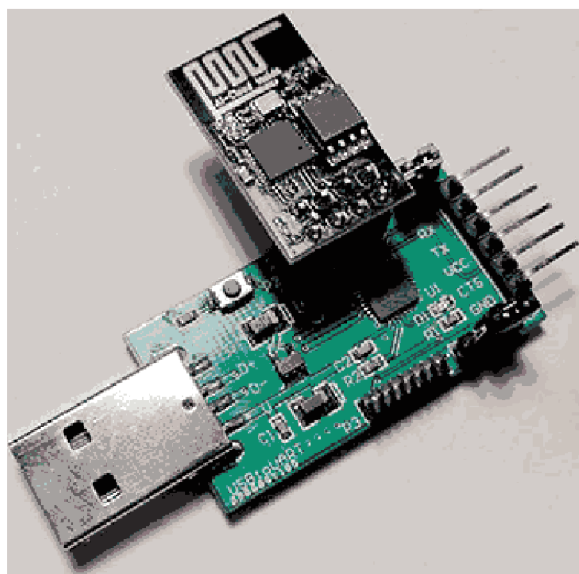


Рисунок 3.8 – З'єднання Wi-Fi модуля з програматором

## 3.2 Програмна реалізація прототипу дистанційно керовної розетки на базі релейного модуля ESP-01

Розглянемо програмне забезпечення розробленого модуля. Його створення проводилось у середовищі розробки Arduino IDE.

Щоб підключитися до Wi-Fi мережі, її потрібно ідентифікувати та надати відповідні облікові дані (рис. 3.9).

```
const char* ssid = "Назва вашої мережі";  
const char* password = "Пароль вашої мережі";
```

Рисунок 3.9 – Ідентифікація мережі

Далі налаштовуємо модуль Wi-Fi, яким можна керувати через будь-який браузер, підключений до тієї ж мережі. Такий підхід спрощує керування пристроєм, оскільки не вимагає обов'язкової наявності смартфона. Для цього налаштовуємо сервер і клієнт (рис. 3.10).

```
server.begin();  
Serial.println("Server started");  
Serial.print("Use this URL to connect: ");  
Serial.print(WiFi.localIP());
```

Рисунок 3.10 – Налаштування серверного з'єднання

Після завантаження прошивки необхідно:

- визначити власну IP-адресу,
- встановити прошитий модуль ESP-01S у модуль Wi-Fi реле,
- подати живлення.

У браузері на вказаній IP-адресі з'являться кнопки для ввімкнення та вимкнення розетки (рис. 3.11).

Relay is now: ON

Turn OFF RELAY

Turn ON RELAY

Рисунок 3.11 – Вебінтерфейс керування реле через браузер

### 3.3 Прототипування дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP-32

Оскільки попереднє рішення практично є рішенням «з коробки», було продовжено аналіз доступних апаратних та програмних засобі для реалізації поставленого завдання.

Продовжено пошук контролера з підтримкою необхідних протоколів зв'язку, зокрема Wi-Fi, Bluetooth або Zigbee, що дозволить організувати зручне та стабільне керування через мобільний застосунок або інші смарт-пристрої. У зв'язку з тим, що розетка має компактні габарити, контролер повинен мати мінімальні розміри, щоб ефективно розміститись у обмеженому просторі. Не менш важливою є кількість входів і виходів – цифрових та аналогових – для підключення всіх необхідних елементів, таких як кнопки, датчики та виконавчі механізми.

Крім того контролер має забезпечувати захист від перенапруги та перешкод, які можуть призвести до збоїв або становити загрозу для користувача. З огляду на потребу в енергоефективності, контролер також повинен мати низьке споживання електроенергії, що сприятиме тривалій автономній роботі в разі резервного живлення від батарей.

Для реалізації цього проєкту оптимальним рішенням є використання контролера на базі ESP32 (рис. 3.12), який поєднує необхідні характеристики: підтримку Wi-Fi та Bluetooth, малогабаритність, широкий набір входів/виходів, захист, зручне середовище розробки та високу енергоефективність.

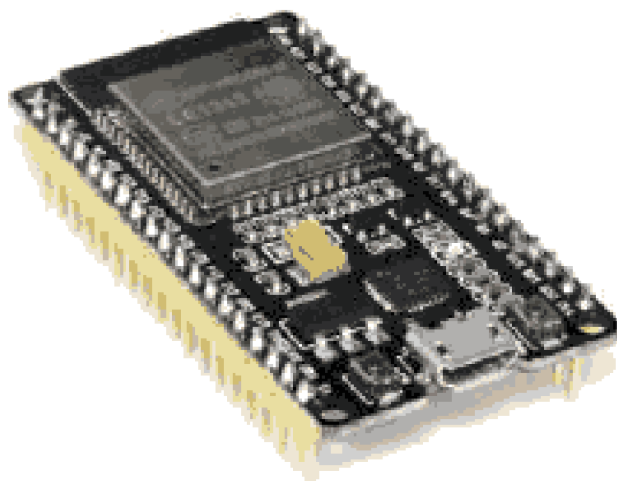


Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд плати ESP32 DevKit v1

ESP32 – це серія мікроконтролерів типу «система на кристалі» з вбудованими модулями Wi-Fi та Bluetooth (двохрежимна підтримка), що вирізняється низьким енергоспоживанням та високою інтеграцією компонентів. В основі ESP32 лежить мікропроцесор Tensilica Xtensa LX6, який доступний у одно- та двоядерних конфігураціях. Модуль включає радіочастотний тракт із антенними перемикачами, балуном, підсилювачем потужності, малощумним приймачем, фільтрами й блоками керування живленням, що забезпечує стабільну бездротову комунікацію в діапазоні 2,4–2,5 ГГц.

Живлення ESP32 може здійснюватися в межах 2,2–3,6 В, а середній робочий струм становить близько 80 мА з піковими навантаженнями до 500 мА. Для зручного з'єднання з комп'ютером передбачено USB-UART конвертер (CP2102), а стабілізатор напруги витримує навантаження до 800 мА. Модуль підтримує стандарти Wi-Fi (802.11 b/g/n) із швидкістю до 150 Мбіт/с, протоколи Bluetooth v4.2 (BR/EDR, BLE), а також має розширені можливості в частині шифрування (AES, RSA, ECC, SHA) і захисту з'єднань (WPA/WPA2/WPS).

ESP32 оснащений багатьма апаратними інтерфейсами, серед яких UART, SPI, I<sup>2</sup>C, PWM, ADC, DAC, I<sup>2</sup>S, SDIO, сенсорні входи, інфрачервоні інтерфейси тощо. Вбудовані датчики включають температурний сенсор і датчик Холла. Також модуль має два генератори – кварцові на 26 МГц і 32 кГц. Підтримується широкий спектр мережевих протоколів, зокрема IPv4, IPv6, SSL, HTTP, FTP,



MQTT, а оновлення програмного забезпечення можливе як через UART, так і по мережі. Для розробки програм можна використовувати SDK або хмарні сервіси, а також мобільні застосунки для Android та iOS, з підтримкою команд AT. Нижче наведено схему підключення модуля ESP32, яка відображає типову конфігурацію для реалізації функціоналу бездротового керування.

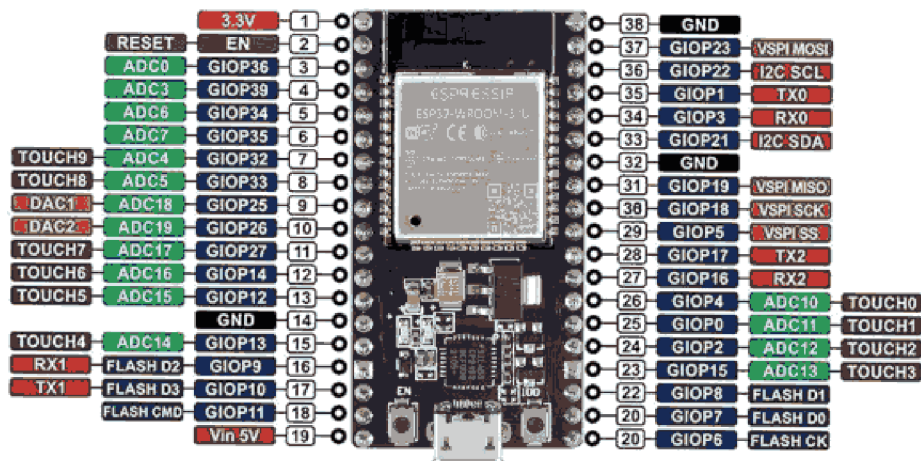


Рисунок 3.13 – Схема підключень ESP32 WROOM

Для реалізації функції дистанційного вмикання та вимикання живлення на виході розетки використано одноканальне твердотільне реле типу FL-3FF-S-Z, що показано на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Реле FL-3FF-S-Z

Твердотільне реле FL-3FF-S-Z працює в діапазоні напруги від 5 до 30 В і здатне комутувати навантаження потужністю до 2200 Вт. Його компактні розміри становлять  $4,35 \times 1,7 \times 1,7$  см, що дозволяє легко інтегрувати його в корпус розетки. Схему підключення цього реле наведено на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Схема підключення реле FL-3FF-S-Z

Датчик струму ACS712 (рис. 3.16) характеризується низьким рівнем шумів на виході та швидким часом відгуку, що становить лише 5 мікросекунд. Його смуга пропускання сягає 80 кГц, а сумарна похибка при температурі 25 °C не перевищує 1,5%. Завдяки компактному розміру та низькому профілю, мікросхема виготовлена у корпусі SOIC8. Вбудований шунт має опір 1,2 мОм, а напруга ізоляції між групами виводів становить 2,1 кBRMS. Живлення датчика здійснюється від 5 В, а чутливість становить 185 мВ на ампер струму. Вихідна напруга лінійно залежить від пропущеного струму, а всі налаштування здійснюються на рівні заводського калібрування, що забезпечує високу стабільність роботи. Схема підключення датчика ACS712 наведена нижче на рисунку 3.17.

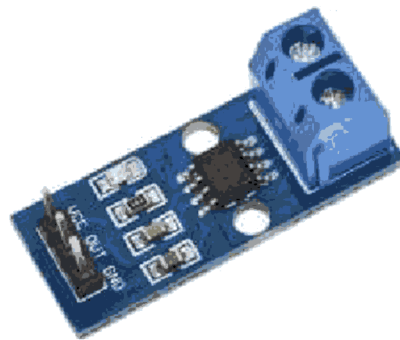


Рисунок 3.16 – Модуль датчика струму ACS712

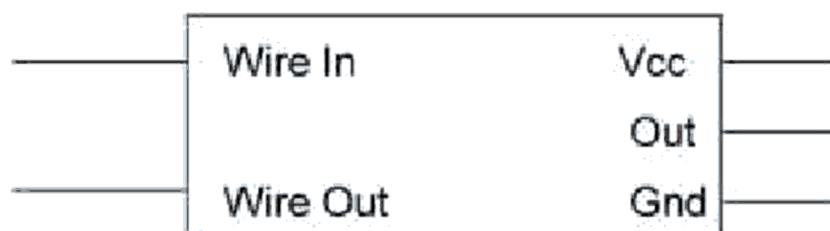


Рисунок 3.17 – Схема підключення ACS712

У результаті етапу вибору компонентів для розумної розетки були визначені всі необхідні елементи системи. Їхній підбір здійснювався з урахуванням функціонального призначення та відповідності технічним вимогам проекту. На основі сформованої апаратної конфігурації можна переходити до наступних кроків, зокрема підключення обраних компонентів і програмування контролера для реалізації запланованої функціональності.

Мікроконтролер ESP32 виконує функції основного елемента управління: він відповідає за керування реле та зчитування даних з датчика струму. Живлення всіх компонентів забезпечується стабільним блоком живлення. Датчик струму слугує для моніторингу параметрів електричного навантаження. Для наочності представлена структурна схема (рисунок 3.18), яка демонструє взаємозв'язки між основними частинами системи та принципова схем, що детально відображає фізичні з'єднання, використовувані піни та інтерфейси (рис. 3.19).

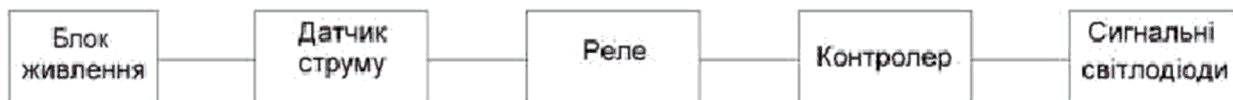


Рисунок 3.18 – Структурна схема розетки з дистанційним керуванням

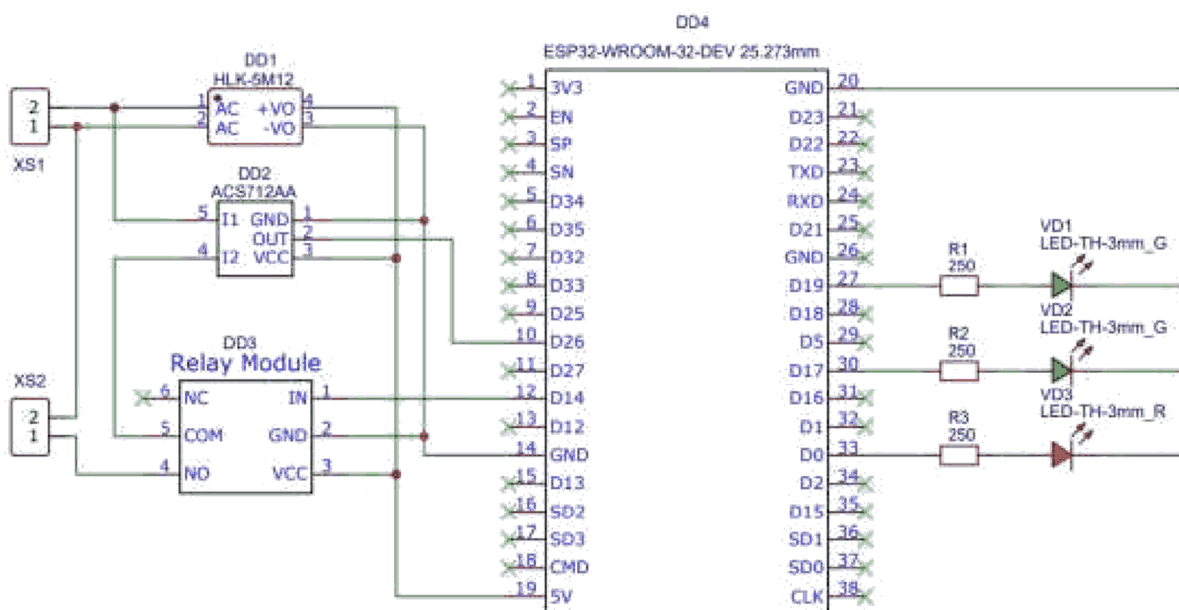


Рисунок 3.19 – Принципова схема розетки з дистанційним керуванням

### 3.4 Програмна реалізація прототипу дистанційно керованої розетки на базі релейного модуля ESP32

За початкове налаштування мікроконтролера ESP32 відповідає код, наведений на рис. 3.20. Він здійснює встановлення швидкості передачі даних через серійний порт, конфігурує пінові режими для реле. Далі виконується підключення до Wi-Fi-мережі з обробкою стану з'єднання. Успішне підключення підтверджується через монітор порту. Завершується блок запуском локального веб-сервера.

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  pinMode(relayPin, OUTPUT);  
  pinMode(ledPin1, OUTPUT);  
  pinMode(ledPin2, OUTPUT);  
  pinMode(ledPin3, OUTPUT);  
  
  WiFi.begin(ssid, password);  
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
    delay(1000);  
    Serial.println("Підключення до Wi-Fi...");  
  }  
  Serial.println("Підключено до мережі Wi-Fi!");  
  server.begin();  
}
```

Рисунок 3.20 – Ініціалізація пінів і підключення до мережі Wi-Fi

Далі було реалізовано веб-інтерфейс для керування розеткою (рис. 3.21). Після встановлення з'єднання клієнта з сервером, аналізується HTTP-запит. Якщо виявлено команду GET /on, реле вмикається, а команда GET /off –

вимикає його. Крім цього, формується HTML-сторінка, яка виводить поточний стан розетки. Це забезпечує просту інтерактивність із користувачем через браузер.

```
WiFiClient client = server.available();
...
if (client.find("GET /on")) {
    digitalWrite(relayPin, HIGH);
}
else if (client.find("GET /off")) {
    digitalWrite(relayPin, LOW);
}
...
client.println("<p>Стан розетки: ");
client.print(digitalRead(relayPin) ? "Увімкнено" : "Вимкнено");
```

Рисунок 3.20 – Обробка HTTP-запитів для керування реле та відображення стану розетки

Також у системі передбачено безперервний контроль напруги в мережі (рис. 3.21). Для цього зчитується аналогове значення з датчика струму ACS712, перетворюється в напругу, після чого порівнюється з допустимими межами. У разі виявлення перевищення чи падіння напруги за межі норми, активується світлодіод попередження і виводиться повідомлення. Це підвищує безпеку при використанні електропристроїв.

```
float voltage = getVoltage();
if (voltage < voltageThreshold - voltageTolerance || voltage > voltageThreshold + voltageTolerance
    sendNotification("Проблема з напругою!");
    digitalWrite(ledPin3, HIGH);
} else {
    digitalWrite(ledPin3, LOW);
}
```

Рисунок 3.21 – Контроль рівня напруги та виведення сигналізації при відхиленнях

### 3.5 Тестування розроблених прототипів та порівняння їх характеристик

У процесі реалізації проєкту було протестовано два варіанти створення розумної розетки з керуванням по Wi-Fi: перший – на основі модуля ESP-01 з релейним модулем, другий – на базі контролера ESP32 з додатковими сенсорами та індикацією. Обидва підходи мали на меті забезпечити дистанційне вмикання/вимикання електроживлення, однак під час практичної перевірки були виявлені суттєві відмінності в функціональності, стабільності роботи та гнучкості налаштувань.

Перший зібраний варіант базувався на релейному модулі з вмонтованим ESP-01. Налаштування полягало у завантаженні прошивки через UART-програмактор, підключенні до домашньої Wi-Fi-мережі та обробці HTTP-запитів типу GET /on та GET /off. Розетка відповідала на команди з браузера без затримок, керування працювало стабільно в межах однієї мережі. Протягом кількох годин тестування під навантаженням у 200 Вт система не виявила збоїв. Однак були виявлені певні обмеження: відсутність зворотного зв'язку про стан реле (окрім веб-сторінки), неможливість контролю напруги або перевантаження, а також складність у додаванні додаткових елементів через обмежену кількість GPIO.

У другому варіанті був використаний ESP32, до якого підключено модуль реле, датчик струму ACS712 та три світлодіоди для індикації. Програма дозволяла не лише керувати розеткою через локальний веб-інтерфейс, а й у реальному часі зчитувати напругу в мережі та виводити її значення через серійний монітор. Під час тестування спеціально моделювались ситуації з пониженням напруги, у відповідь на які ESP32 активував тривожну індикацію та виводив попередження. Система залишалась стабільною навіть при навантаженні понад 500 Вт. Додатково тестувалась реакція на втрату з'єднання з Wi-Fi: ESP32 автоматично перепідключався та відновлював веб-сервер без необхідності ручного втручання.

Порівняльний аналіз обох розглянутих рішень наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати порівняння розеток з дистанційним керуванням на базі модулів ESP-01 та ESP32.

<b>Критерій</b>	<b>ESP-01</b>	<b>ESP32</b>
Швидкість налаштування	Висока, мінімальні дії	Середня, потребує написання повного скетчу
Керування реле	Працює стабільно	Працює стабільно, додатково контролюється станом
Моніторинг параметрів мережі	Відсутній	Реалізовано через ACS712
Індикація	Відсутня	Три світлодіоди для зворотного зв'язку
Підтримка розширень	Мінімальна	Широкі можливості підключення додаткових пристроїв
Стабільність при навантаженні	Добра (до 200 Вт)	Відмінна (до 500 Вт і вище)
Вартість реалізації	Низька (~4–5 USD)	Вища (~8–10 USD)

На основі практичного тестування можна зробити висновок, що ESP-01 – це ефективне рішення для реалізації базової розетки з керуванням по Wi-Fi. Воно має низьку вартість, просте у налаштуванні та добре підходить для простих задач. У свою чергу, ESP32 демонструє значно вищий рівень функціональності, що дозволяє реалізувати не лише керування, а й діагностику стану електромережі, індикацію помилок, а також інтеграцію з іншими сенсорами. Такий варіант є доцільним для використання у складніших розумних системах, де важлива не лише автоматизація, а й безпека та надійність.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1 Аналіз потенційних небезпек під час розробки електронного пристрою

Аналіз потенційних небезпек під час розробки електронного пристрою є важливою складовою будь-якого інженерного проєкту, особливо коли мова йде про пристрої, що працюють з електричною енергією та взаємодіють з мережею живлення. Розетка з Wi-Fi керуванням, як елемент розумного будинку, поєднує в собі як традиційні компоненти побутової електрики, так і сучасні електронні модулі. Саме тому особливу увагу слід приділити виявленню можливих ризиків на всіх етапах її створення – від проєктування до тестування і монтажу.

Однією з основних небезпек є ураження електричним струмом. Оскільки розетка працює від мережі змінного струму 220 В, будь-яке недотримання техніки безпеки може мати серйозні наслідки для розробника. Зокрема, під час збирання чи перевірки функціонування пристрою можливе випадкове торкання відкритих струмоведучих частин. Це може трапитися внаслідок поганої ізоляції, відсутності заземлення або через конструктивні недоліки. Саме тому при створенні пристрою необхідно передбачити як внутрішні, так і зовнішні засоби захисту – наприклад, подвійну ізоляцію, захисні кожухи та відповідне маркування.

Окрім цього, однією з типових проблем є виникнення короткого замикання. Це може бути зумовлено помилками у схемотехніці, використанням неякісних або несправних компонентів, неправильним з'єднанням провідників. Коротке замикання не тільки призводить до виходу з ладу пристрою, але й становить небезпеку для оточення, оскільки може спричинити іскріння, перегрів або навіть загоряння. Особливо небезпечним є той факт, що деякі електронні компоненти, зокрема силові мікросхеми або модулі живлення,



можуть миттєво вийти з ладу при неправильному підключенні, утворюючи джерело високої температури.

Не менш актуальною є проблема електростатичних розрядів (ESD). Сучасні мікросхеми, зокрема Wi-Fi модулі або контролери, є вкрай чутливими до електростатичних полів. Навіть незначний розряд, невидимий для людини, може пошкодити кремнієву структуру чипа, що спричинить приховані дефекти. У результаті пристрій може спершу працювати нормально, але з часом виходити з ладу без видимих причин. Це особливо критично на етапі розробки і тестування, коли проводяться численні підключення, паяння та ручні маніпуляції з платою. Щоб мінімізувати ризик ESD-ушкоджень, варто працювати в умовах, що забезпечують антистатичний захист – зокрема, на антистатичному килимку та з використанням спеціального браслета, який з'єднаний із заземленням.

Ще одним потенційним ризиком є перегрів компонентів. Якщо проектування не враховує належного тепловідведення, деякі елементи – наприклад, транзистори, стабілізатори напруги або силові резистори – можуть нагріватися до критичних температур. Перегрів може спричинити не тільки пошкодження самої деталі, а й деформацію плати, оплавлення ізоляції або навіть займання. Ця небезпека особливо актуальна для компактних пристроїв, таких як розетка, де обмежена можливість встановлення радіаторів або активного охолодження. Тому дуже важливо ще на етапі моделювання враховувати теплові характеристики елементів, забезпечувати вентиляційні отвори у корпусі або використовувати компоненти з вищою температурною стійкістю.

На завершення, важливо згадати, що під час розробки пристрою можуть виникати небезпеки не лише для розробника, але й для кінцевого користувача. Якщо конструкція не відповідає стандартам безпеки, це може спричинити проблеми під час експлуатації – наприклад, неадекватне спрацювання автоматики, некоректне керування навантаженням або навіть неконтрольоване вмикання побутових приладів. Це вимагає дотримання вимог відповідних технічних стандартів (наприклад, ІЕС, UL або ДСТУ) вже на етапі

проекування, а також проведення ретельного тестування прототипу у різних режимах роботи.

Таким чином, аналіз потенційних небезпек дозволяє не тільки зменшити ризики для розробника та користувача, але й підвищити загальний рівень якості й надійності електронного пристрою. Усвідомлення цих факторів ще на ранньому етапі розробки створює основу для безпечної та ефективної реалізації ідеї автоматизованої Wi-Fi розетки як частини інтелектуальної домашньої інфраструктури.

## **4.2 Вимоги охорони праці на робочому місці розробника**

Організація безпечного та комфортного робочого місця для розробника електронних пристроїв є ключовим елементом охорони праці, що безпосередньо впливає не лише на здоров'я і працездатність працівника, а й на якість виконання інженерних завдань. Особливо це актуально в умовах інтенсивної роботи з електронними схемами, пайкою, програмуванням та тестуванням обладнання, де поєднується фізичне, зорове і розумове навантаження. Розробка розетки з Wi-Fi керуванням передбачає тривале перебування за робочим столом, використання електроінструментів, комп'ютерної техніки, а також контакт із небезпечними напругами. У зв'язку з цим виникає необхідність дотримання комплексу вимог, що забезпечують безпечне і ефективне функціонування робочого середовища.

Перш за все, робоче місце розробника має бути правильно організоване з точки зору ергономіки. Це передбачає наявність достатнього робочого простору, зручного столу та крісла, що дозволяють підтримувати правильну поставу протягом усього робочого дня. Висота стільниці повинна відповідати анатомічним параметрам користувача, а стілець має регулюватися за висотою та кутом нахилу спинки. Це дозволяє уникнути перевантаження м'язів шиї, плечей і спини, а також запобігти розвитку професійних захворювань опорно-

рухового апарату. Особливу увагу слід приділити освітленню. Робоче місце має бути достатньо освітлене як природним, так і штучним світлом, при цьому бажано уникати відблисків на екранах моніторів або друкованих платах. Локальне освітлення – наприклад, лампа з регульованим кутом – забезпечує точне підсвічування зони пайки або складання пристрою, що значно зменшує навантаження на зір.

Одним із критичних аспектів охорони праці є електробезпека. Оскільки розробка електронного пристрою, зокрема розетки з Wi-Fi, передбачає роботу з живленням 220 В та компонентами, що перетворюють або стабілізують напругу, важливо дотримуватись жорстких норм безпеки. Електрифіковане робоче місце повинно бути оснащено надійною системою заземлення, автоматичними вимикачами, УЗО (пристроями захисного відключення), а також мати чітке зонування – виділення низьковольтної та високовольтної частин. Для забезпечення безпечної взаємодії з електронними компонентами бажано використовувати антистатичні засоби: килимки, браслети, а також виконувати монтаж тільки в зоні, де дотримано ESD-захист. Робота з паяльним обладнанням також несе низку потенційних ризиків – опіки, отруєння парами флюсу, механічні травми. У зв'язку з цим паяльна станція має бути надійно закріплена, мати тримач для паяльника та вентиляційний відвід для відведення шкідливих парів. У робочому приміщенні необхідно забезпечити якісну вентиляцію, а при тривалих роботах бажано використовувати витяжну систему або хоча б переносний витяжний вентилятор.

Ще одним важливим фактором є правильна організація кабельного господарства. Всі дроти, шнури живлення та сигнальні лінії повинні бути акуратно закріплені, мати захист від механічних пошкоджень та не створювати небезпеки спотикання чи випадкового зірвання приладів з робочої поверхні. Працюючи із сучасними модулями, розробник може мати справу з мікроконтролерами, Wi-Fi адаптерами, сенсорами, які часто потребують підключення до комп'ютера через USB або інші інтерфейси. Усі ці маніпуляції мають виконуватись обережно, щоб уникнути статичних розрядів, замикань чи пошкодження портів.

Крім фізичних аспектів охорони праці, слід враховувати й психофізіологічне навантаження. Розробка інтелектуального електронного пристрою вимагає високої концентрації уваги, здатності до тривалого аналізу, розв'язання нетривіальних завдань та прийняття рішень. У зв'язку з цим необхідно організовувати регулярні перерви, передбачити зони для відпочинку, а також стежити за рівнем шуму в приміщенні. Надмірне інформаційне або акустичне навантаження може призводити до зниження працездатності, виникнення хронічної втоми та погіршення точності виконання робіт.

На завершення, кожен розробник повинен бути обізнаний із загальними правилами техніки безпеки, знати алгоритми дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій, вміти користуватись первинними засобами пожежогасіння та надавати першу допомогу при нещасних випадках. Підвищення рівня обізнаності працівників, регулярне проходження інструктажів, дотримання технічних регламентів – усе це в сукупності формує культуру безпеки на робочому місці, що є запорукою не лише збереження здоров'я працівника, а й успішної реалізації технічного проєкту.

### **4.3 Протипожежна безпека при роботі з електронними пристроями**

Протипожежна безпека при роботі з електронними пристроями є однією з найважливіших складових загальної системи охорони праці, адже саме електричні та електронні компоненти часто стають джерелом займання в умовах лабораторій, виробництва чи навіть побутового середовища. Під час розробки пристроїв, зокрема таких, як розетка з Wi-Fi керуванням, відбувається взаємодія з елементами, які працюють під напругою, генерують тепло, можуть коротко замикатися або працювати в режимах, близьких до граничних. Внаслідок цього завжди існує ризик виникнення пожежонебезпечної ситуації, тому необхідно заздалегідь враховувати усі потенційні джерела займання та впроваджувати превентивні заходи.

Один із основних ризиків пов'язаний із перегрівом елементів електронної схеми. Під час розробки розетки з функцією Wi-Fi використовуються компоненти, які можуть виділяти значну кількість тепла, особливо при неправильному підборі номіналів або недостатньому охолодженні. Наприклад, стабілізатори напруги, силові транзистори, імпульсні перетворювачі в разі перевантаження або нестачі вентиляції здатні перегріватися до температур, які можуть розплавити пластикові деталі корпусу, порушити ізоляцію провідників або навіть стати причиною займання текстоліту друкованої плати. У конструкції пристрою має бути передбачено належне відведення тепла: або через радіатори, або шляхом теплового розсіювання через корпус, виготовлений з матеріалу, який не підтримує горіння.

Не менш небезпечним чинником є коротке замикання, яке може виникати з кількох причин. Перш за все, це помилки в проектуванні або виробництві: погано спаяні з'єднання, залишки флюсу, металеві частинки, які спричиняють утворення струмопровідного мосту між доріжками. Особливо ризикованим є етап тестування, коли пристрій підключається до мережі вперше, і будь-який недогляд може призвести до іскри або займання. У таких умовах важливо використовувати джерела живлення з обмеженням струму та мати можливість швидкого відключення схеми у випадку аварійної ситуації. Використання автоматичних запобіжників, плавких вставок або електронних обмежувачів струму дозволяє мінімізувати наслідки короткого замикання ще до того, як воно призведе до пожежі.

Суттєву роль у забезпеченні протипожежної безпеки відіграють матеріали, з яких виготовлений пристрій. Корпус розумної розетки, як і всі елементи конструкції, що контактують із струмоведучими частинами або розташовані поблизу них, повинен бути виготовлений із негорючих або самозагасаючих матеріалів. Багато видів пластику, що використовуються в електроніці, мають відповідні класи вогнестійкості (наприклад, UL94 V-0), і саме на них варто орієнтуватися при виборі. Небезпечною практикою є використання дешевих корпусів сумнівного походження, які при нагріванні не

лише плавляться, але й активно підтримують горіння, виділяючи при цьому токсичні речовини.

Окрему увагу слід звернути на організацію робочого простору. Місце, де проводиться монтаж, налаштування або випробування електронних пристроїв, має бути обладнане так, щоби унеможливити поширення полум'я в разі виникнення загоряння. На столі не повинно бути легкозаймистих матеріалів – паперу, тканин, ацетоновмісних речовин, а вся техніка повинна бути розміщена на негорючій поверхні. У лабораторії або робочій майстерні обов'язково повинні бути присутні засоби первинного пожежогасіння. Найбільш доцільним є використання вогнегасників порошкового або вуглекислотного типу, які ефективно гасять загоряння електрообладнання і при цьому не проводять електричний струм. Варто враховувати, що водні або пінні вогнегасники не підходять для таких умов, оскільки можуть призвести до ураження електричним струмом.

Знання інструкцій із пожежної безпеки та уміння швидко реагувати у разі надзвичайної ситуації є обов'язковими для кожного, хто працює з електронікою. Розробник повинен не лише вміти запобігти пожежі, але й знати, як діяти, якщо вона все ж виникла. Вчасне відключення живлення, локалізація вогнища займання, виклик екстрених служб – ці дії мають бути доведені до автоматизму. Також важливо регулярно перевіряти справність протипожежних засобів, наявність вільного доступу до них, актуальність інструкцій та схем евакуації.

Таким чином, протипожежна безпека при роботі з електронними пристроями – це не окремий аспект, а комплекс заходів, що охоплює як правильне проектування техніки, так і організацію робочого середовища, матеріальне забезпечення та навчання персоналу. Лише при дотриманні всіх цих вимог можна гарантувати безпечне створення пристроїв, таких як Wi-Fi розетка, що повинні бути не лише функціональними, а й безпечними у використанні.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано, реалізовано та протестовано прототип Wi-Fi розетки з дистанційним керуванням, яка є важливим компонентом системи автоматизації «розумного будинку». Було проведено ґрунтовний аналіз сучасних систем Smart Home, вивчено типи бездротових технологій, особливості протоколів зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth, GSM), а також технічні характеристики наявних комерційних рішень. Це дало змогу сформулювати чіткі вимоги до функціональності, енергоефективності та безпеки розумної розетки, що стала основою для подальшого проектування.

У межах роботи реалізовано два повноцінні прототипи: перший – на основі релейного модуля ESP-01 з використанням мікроконтролера ESP8266, другий – на основі ESP32. Обидва варіанти забезпечують можливість бездротового керування живленням підключених електроприладів через мобільний застосунок або вебінтерфейс. Програмна реалізація виконана в середовищі Arduino IDE із використанням кастомної прошивки, яка дозволяє змінювати логіку роботи відповідно до потреб користувача. Вивчено особливості підключення та програмування обраних мікроконтролерів, а також реалізовано інтерфейс взаємодії з користувачем.

Під час тестування було підтверджено стабільність роботи, швидкість реакції на команди, а також відповідність розробленої системи вимогам до енергозбереження та безпеки. Завдяки використанню реле, мікроконтролера, датчиків струму та енергоефективного джерела живлення досягнуто високої надійності й компактності системи. Особливу увагу приділено можливостям масштабування, що дозволяє інтегрувати розетку у більші інтелектуальні системи керування освітленням, опаленням, кліматом та безпекою.

Отримані результати демонструють перспективність розробки в контексті подальшої комерціалізації або інтеграції в ширші екосистеми розумного дому.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Сенько І. В. Основи побудови систем автоматизації : навч. посіб. Львів : ЛНУ, 2020. 215 с.
2. Назаренко О. Мікроконтролери в системах автоматизації : навч. посіб. Харків : УПА, 2021. 188 с.
3. Назаревич О. Б. Управління розумним будинком на базі мікроконтролера ESP8266 Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Інформаційні технології», 2018. Тернопіль : ТНТУ, 2018. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/25395/2/MNTK\\_2018\\_2018\\_Nazarevich\\_O\\_B-Managing\\_smart\\_home\\_based\\_223.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/25395/2/MNTK_2018_2018_Nazarevich_O_B-Managing_smart_home_based_223.pdf) (дата звернення: 23.05.2025).
4. Осіпова М. А. Автоматизована система керування «розумний будинок» для одноповерхового котеджу : кваліфікац. Робота. Суми : СумДУ, 2023. 52 с.
5. Овчиний С. О. «Розумний будинок» на основі технології Internet of Things. Харків : ХПІ, 2021. 24 с.
6. Маслова М. «Розумний будинок». Запоріжжя : ЗОУНБ, 2021. 76 с.
7. Розробка безпечної бездротової мережі для керування елементами розумного будинку / авт. кол. – [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://dSPACE.OP.EDU.UA/jspui/bitstream/123456789/12833/> (дата звернення: 23.05.2025).
8. Матеріали з електроніки – [Lampra.KPI.ua](http://Lampra.KPI.ua) / інтернет-ресурс. 2021. URL: <https://lampra.kpi.ua/education/> (дата звернення: 23.05.2025).
9. Боровик В. П., Макаренко О. Ю. Інтернет речей: архітектура та протоколи. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 168 с.
10. Дьяків С. В. Системи «Розумний будинок» : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2021. 124 с.
11. Кириленко П. О. Основи IoT: модулі, протоколи, архітектури. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 142 с.



12. Когут І. М. Програмування Arduino : навч. посіб. Чернівці : ЧНУ, 2020. 232 с.
13. Ткаченко В. Г. Основи мікропроцесорної техніки : навч. посіб. Одеса : ОНПУ, 2021. 198 с.
14. Сіренко В. М. Системи дистанційного керування в побуті та промисловості. Київ : Видавничий дім «Слово», 2020. 120 с.
15. Смаль І. Р. Релейна техніка і автоматика : підручник. Тернопіль : ТНТУ, 2022. 160 с.
16. Савченко М. І. Елементи та вузли автоматики : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2020. 152 с.