

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Екосистема HomeKit з інтеграцією нових «розумних пристроїв»»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології

(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

(назва)

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

Дмитрій ТКАЧЕНКО

(підпис)

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСД- 43

Дмитрій ТКАЧЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Старший викладач кафедри

Ірина СРІБНА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

*науковий
ступінь,
вчене звання*

Рецензент:

*науковий
ступінь,
вчене звання*

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ткаченко Дмитрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Екосистема HomeKit з інтеграцією нових «розумних пристроїв»

керівник кваліфікаційної роботи Ірина СРІБНА Старший викладач кафедри

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «24» лютого 2025 р. № 56

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2025 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Специфікація протоколу homekit

2 Apple documentation

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

1. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ APPLE HOMEKIT

2. СТОРОННЯ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ HOMEKIT

3. СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ HOMEKIT НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

5. Ілюстративний матеріал: *презентація*

6. Дата видачі завдання: «24» лютого 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
№ з/п	Назва етапів Кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
1	Вступ	13.03.25	
2	Розділ 1. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ APPLE HOMEKIT	25.03.25	
3	Аналіз доступних деталей та пристроїв для реалізації проекту	29.03.25	
4	Розділ 2 СТОРОННЯ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ HOMEKIT	10.04.25	
5	Створення схеми та програмного забезпечення для системи.	20.04.25	
6	Розділ 3. СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ HOMEKIT НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА	26.04.25	

Здобувач(ка) вищої освіти

(підпис)

Дмитрій ТКАЧЕНКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Ірина СРІБНА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра : 65 стор., 35 рис., 0 табл., 43 джерел.

Мета роботи – полягає у всебічному дослідженні та систематизації методів та підходів інтеграції, що дозволяють розширити можливості екосистеми Apple HomeKit, а також у розробці практичного застосування цих методів шляхом створення власного пристрою HomeKit на основі мікроконтролера.

Об'єкт є методи розширення екосистема Apple HomeKit .

Предмет дослідження – програмне забезпечення та технічні рішення для інтеграції сторонніх пристроїв та розширення функціональності Apple HomeKit.

У роботі використані наступні методи дослідження: аналіз літератури, порівняльний аналіз, експеримент, моделювання, тестування.

Короткий зміст роботи: У роботі проаналізовано систематизація методів та підходів , що дозволяють розширити можливості екосистем Apple HomeKit .Розробка практичного застосування цих методів шляхом створення власного пристрою на основі мікроконтролера. Аналіз базових принципів Apple HomeKit

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗУМНИЙ БУДИНОК, APPLE HOMEKIT, HOOPS, THREAD, NAP, РОЗУМНІ ПРИСТРОЇ, УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ, HOME ASSISTANT, MATTER

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
1 ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ APPLE HOMEKIT	15
1.1. Протокол Apple HomeKit: Архітектура та принципи роботи.....	17
HomeKit Accessory Protocol (HAP).....	20
1.2 Програма «Дім» та домашній центр: Функціональність та можливості.....	25
1.3 Автоматизація та розширені автоматизації Apple команди	30
1.4 Офіційно підтримувані пристрої: Критерії та класифікація	33
1.5 Непідтримувані пристрої та домени: Обмеження та шляхи обходу	34
2 СТОРОННЯ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ HOMEKIT	37
2.1 Homebridge: Архітектура, плагіни та налаштування.....	37
2.2 Hoobs.....	43
2.3. Scripted.....	46
2.4. Інтеграція Home Assistant HomeKit Bridge та Controller.....	48
2.5. Протоколи та стандарти: Wi-Fi, ZigBee, Matter, Bluetooth, Thread.....	50
3 СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ HOMEKIT НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА	55
3.1. Вибір мікроконтролера та компонентів.....	55
3.2 Tasmota Matter	57
3.3. Бібліотеки Home Accessory Architect та HomeSpan.....	59
3.4 Espressif ESP Zero CODE ESP RainMaker.....	61
3.5 Створення розумного пристрою на базі Matter.....	63
ВИСНОВОК.....	71
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	73

ВСТУП

Екосистема розумного дому Apple HomeKit стрімко розвивається, стаючи все більш популярною серед користувачів, які прагнуть зробити своє житло комфортнішим, безпечнішим та енергоефективнішим. HomeKit надає зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для керування різноманітними домашніми пристроями, від освітлення та термостатів до систем безпеки та побутової техніки. Інтеграція з Siri дозволяє користувачам контролювати свої пристрої за допомогою голосу, що додає ще більшої зручності та функціональності.

Проте, незважаючи на значний потенціал HomeKit, існують певні обмеження. Офіційна підтримка пристроїв обмежується тими виробниками, які пройшли сертифікацію Apple, що може звужувати вибір для користувачів. Крім того, деякі категорії пристроїв, такі як роботи-пилососи, певні типи датчиків або старіші моделі побутової техніки, можуть не мати офіційної підтримки HomeKit. Це створює потребу в пошуку альтернативних шляхів інтеграції та розширення можливостей екосистеми.

У зв'язку з цим, актуальність теми даної дипломної роботи полягає у дослідженні та аналізі різноманітних методів та підходів, що дозволяють розширити функціональність екосистеми Apple HomeKit. Ми розглянемо як офіційні інструменти та функції HomeKit, так і сторонні системи інтеграції, що дають змогу додати підтримку несертифікованих пристроїв та розширити можливості автоматизації. Особливу увагу буде приділено аналізу програмного забезпечення для інтеграції, адже саме воно відіграє ключову роль у розширенні екосистеми.

Мета дипломної роботи полягає у всебічному дослідженні та систематизації методів та підходів інтеграції, що дозволяють розширити можливості екосистеми Apple HomeKit, а також у розробці практичного застосування цих методів шляхом створення власного пристрою HomeKit на основі мікроконтролера.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Проаналізувати архітектуру та принципи роботи протоколу Apple

HomeKit, визначити його ключові особливості та обмеження.

2. Дослідити можливості офіційного програмного забезпечення Apple для керування HomeKit, а також виявити його потенціал та недоліки.
3. Вивчити сторонні системи інтеграції HomeKit, такі як Homebridge, Hoobs, Magic Scripts, Scrypted, Home Assistant, та оцінити їхню ефективність та зручність використання.
4. Розглянути різні протоколи зв'язку, що використовуються в екосистемі HomeKit (Wi-Fi, Matter, Bluetooth, Thread), та проаналізувати їхні переваги та недоліки.
5. Провести порівняльний аналіз платформ ESPHome Matter та Tasmota Matter для створення пристроїв HomeKit на основі мікроконтролерів.
6. Дослідити інструменти Home Accessory Architect, ESP NOW (Matter), ESP RainMaker & Matter, ESP HomeKit SDK та HomeSpan для розробки пристроїв HomeKit.
7. Практично реалізувати проект розумного пристрою (наприклад, розумного реле або розетки) з підтримкою HomeKit на основі мікроконтролера, продемонструвавши можливості сторонніх інтеграцій.

Об'єктом дослідження є екосистема Apple HomeKit та методи її розширення.

Предметом дослідження є програмне забезпечення та технічні рішення для інтеграції сторонніх пристроїв та розширення функціональності Apple HomeKit.

У роботі використані наступні **методи дослідження**: аналіз літератури, порівняльний аналіз, експеримент, моделювання, тестування.

Наукова новизна роботи полягає в комплексному аналізі та систематизації існуючих методів та підходів інтеграції HomeKit,

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів для розширення функціональності існуючих систем розумного дому на базі HomeKit, а також для створення нових пристроїв та рішень, що інтегруються з екосистемою Apple.

Структура роботи відображає логіку дослідження та складається зі вступу, трьох основних розділів, висновків, списку літератури та додатків.

1 ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ОБМЕЖЕННЯ APPLE HOMEKIT

Apple HomeKit представляє собою уніфіковану платформу для керування розумним домом, що дозволяє користувачам контролювати різноманітні сумісні пристрої через єдиний інтерфейс – додаток "Дім" на пристроях Apple. Ця екосистема значно спрощує взаємодію з розумним домом, усуваючи необхідність перемикатися між численними окремими додатками від різних виробників. [1]

Центральною перевагою HomeKit є інтеграція з віртуальним асистентом Siri, що забезпечує інтуїтивне голосове управління. Користувачі можуть просто звернутися до Siri з проханням вимкнути світло, налаштувати температуру або перевірити статус дверних замків. Це створює природний спосіб взаємодії з домашніми технологіями, особливо цінний у ситуаціях, коли руки зайняті або мобільний пристрій знаходиться поза досяжністю.

Функціональність HomeKit виходить далеко за межі простого керування окремими пристроями. Платформа дозволяє створювати сценарії – групи налаштувань для різних пристроїв, які активуються однією командою. Наприклад, при активації сценарію "Добраніч" система може одночасно приглушити освітлення, знизити температуру, закрити жалюзі та активувати систему безпеки. Ще потужнішим інструментом є автоматизації, які дозволяють пристроям реагувати на різні умови без втручання користувача. Автоматизації можуть базуватися на часі доби, місцезнаходженні користувачів, даних від сенсорів або діях з іншими пристроями. Так, світло може автоматично вмикатися при заході сонця, а опалення – регулюватися залежно від присутності людей вдома.

Важливою особливістю HomeKit є можливість організації пристроїв за їх розташуванням у будинку. Користувачі можуть створювати віртуальні кімнати та зони, що дозволяє керувати групами пристроїв на основі їх фізичного розташування. Це особливо корисно у великих будинках з численними розумними пристроями, оскільки спрощує навігацію та управління. [2]

Apple приділяє особливу увагу безпеці та конфіденційності в HomeKit. Вся комунікація між пристроями шифрується за протоколом end-to-end, що запобігає

несанкціонованому доступу. Для віддаленого керування системою використовується двофакторна автентифікація, яка забезпечує додатковий рівень захисту. Більшість обробки даних відбувається локально, що мінімізує потребу в передачі конфіденційної інформації через інтернет. Крім того, всі сумісні з HomeKit пристрої повинні відповідати суворим стандартам Apple щодо безпеки та приватності.

Для віддаленого доступу до розумного дому користувачам необхідно мати домашній хаб – Apple TV, HomePod або iPad, який постійно підключений до мережі. Цей пристрій функціонує як безпечний шлюз, дозволяючи керувати домашніми системами з будь-якої точки світу через інтернет. Завдяки цьому користувачі можуть перевіряти камери безпеки, регулювати температуру або керувати освітленням, навіть перебуваючи у відпустці чи на роботі.

Незважаючи на численні переваги, HomeKit має і свої обмеження. Одним з найпомітніших є відносно невелика кількість сумісних пристроїв порівняно з конкуруючими платформами, такими як Google Home або Amazon Alexa. Це пов'язано з тим, що Apple встановлює високі вимоги для сертифікації пристроїв, що може призводити до вищої ціни та меншого вибору для споживачів. Виробники повинні інтегрувати спеціальні чіпи безпеки та пройти ретельне тестування, що збільшує собівартість продукції.

Ще одним істотним обмеженням є сильна прив'язка HomeKit до екосистеми Apple. Хоча існують обхідні шляхи та сторонні додатки, які дозволяють обмежену взаємодію з пристроями Android, повноцінне використання HomeKit практично неможливе без iPhone, iPad або Mac. Це значно звужує потенційну аудиторію системи, особливо на ринках, де пристрої Apple менш поширені.

Необхідність домашнього хаба для повноцінного функціонування HomeKit також можна розглядати як недолік, оскільки це представляє додаткові витрати. Без такого хаба користувачі втрачають можливість віддаленого доступу та деяких типів автоматизації, що значно обмежує функціональність системи.

У сфері програмування складних сценаріїв HomeKit також має певні обмеження. Хоча базові функції автоматизації доступні, система не завжди дозволяє створювати складні умовні сценарії без використання сторонніх додатків або

сервісів. Наприклад, інтеграція з веб-сервісами або створення складних ланцюжків умов може бути проблематичним в рамках стандартного інтерфейсу HomeKit.

Деякі користувачі також повідомляють про проблеми з надійністю HomeKit, особливо в складних конфігураціях з багатьма пристроями. Автоматизації можуть працювати непослідовно, а з'єднання з пристроями іноді втрачається, що вимагає перезавантаження обладнання або повторного налаштування. Хоча з кожним оновленням програмного забезпечення Apple покращує стабільність системи, ці проблеми все ще можуть виникати.

Насамкінець, попри постійне вдосконалення, голосовий асистент Siri все ще має певні обмеження порівняно з конкурентами, особливо у розумінні контексту та складних запитів. Це може призводити до необхідності повторювати або спрощувати голосові команди, що зменшує зручність використання.

Незважаючи на ці обмеження, HomeKit залишається потужною та захищеною платформою для розумного дому, особливо для користувачів, які вже інтегровані в екосистему Apple. З кожним оновленням iOS та macOS, Apple розширює функціональність платформи та усуває наявні обмеження, поступово зміцнюючи позиції HomeKit на конкурентному ринку систем розумного дому.

1.1. Протокол Apple HomeKit: Архітектура та принципи роботи

Протокол HomeKit є фундаментальною складовою екосистеми розумного дому Apple, що забезпечує уніфіковану архітектуру комунікації між різними пристроями та додатками. На відміну від звичайних інтерфейсів користувача, протокол HomeKit діє на рівні операційної системи, створюючи надійну та безпечну інфраструктуру для всіх взаємодій у розумному домі. [3]

В основі архітектури HomeKit лежить модель даних, яка представляє розумний дім як ієрархічну структуру різних елементів. Базовим елементом цієї структури є "дім" (Home), який може містити кілька "кімнат" (Rooms), організованих у "зони" (Zones). Кожна кімната може містити різноманітні "аксесуари" (Accessories) – фізичні пристрої, що підключаються до мережі HomeKit. Аксесуари, в свою чергу, складаються з "сервісів" (Services), які представляють

конкретні функції пристрою. Наприклад, розумна лампа може мати сервіс освітлення, а розумний термостат – сервіс контролю температури. Кожен сервіс має набір "характеристик" (Characteristics), що визначають конкретні параметри, які можна зчитувати або змінювати, такі як яскравість світла чи значення температури.

Протокол HomeKit використовує шифрування на всіх рівнях комунікації для забезпечення максимальної безпеки. Коли користувач додає новий пристрій до своєї мережі HomeKit, відбувається процес спарювання, під час якого обмінюються криптографічні ключі. Для спарювання зазвичай використовується унікальний 8-значний код, надрукований на пристрої або в документації, який користувач вводить у додаток "Дім". Після успішного спарювання всі комунікації між пристроєм та іншими елементами системи HomeKit шифруються за допомогою цих ключів, запобігаючи несанкціонованому доступу.

Для забезпечення віддаленого доступу HomeKit використовує архітектуру з домашнім хабом (Home Hub). Роль хаба може виконувати Apple TV, HomePod або iPad, постійно підключений до домашньої мережі. Хаб створює безпечний канал зв'язку між локальною мережею розумного дому та iCloud, через який користувачі можуть отримувати доступ до своїх пристроїв з будь-якої точки світу. Це досягається за допомогою технології iCloud Keychain Sync, яка дозволяє безпечно синхронізувати криптографічні ключі між пристроями одного облікового запису Apple. [4]

Протокол HomeKit підтримує різні транспортні технології для комунікації з пристроями. Найпоширенішими є Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE) та Thread. Wi-Fi забезпечує високу пропускну здатність і великий радіус дії, але споживає більше енергії, що робить його підходящим для стаціонарних пристроїв, підключених до електромережі. BLE, навпаки, дуже енергоефективний, але має обмежену пропускну здатність і дальність, тому часто використовується в батарейних пристроях. Thread – відносно нова технологія, яка забезпечує малопотужну mesh-мережу, що дозволяє пристроям безпосередньо комунікувати між собою без центрального хаба, підвищуючи надійність і швидкодію системи.

Важливим аспектом протоколу HomeKit є його підхід до локальної обробки даних. Більшість операцій відбувається безпосередньо на пристроях користувача, без необхідності відправляти дані на хмарні сервери. Це не лише підвищує приватність, але й забезпечує функціонування системи навіть при відсутності підключення до Інтернету. Наприклад, якщо користувач налаштував автоматизацію, яка вмикає світло при спрацьовуванні датчика руху, ця взаємодія відбуватиметься локально, навіть якщо Інтернет-з'єднання тимчасово недоступне.

Для розробників Apple надає HomeKit Accessory Protocol (HAP) – специфікацію, яка визначає, як пристрої повинні комунікувати з екосистемою HomeKit. HAP визначає набір стандартизованих сервісів і характеристик, забезпечуючи сумісність між пристроями різних виробників. Для створення сумісних пристроїв виробники повинні дотримуватися цих специфікацій і пройти сертифікацію в рамках програми MFi (Made for iPhone/iPad/iPod).

Починаючи з 2019 року, Apple також розвиває Project Connected Home over IP (CHIP), пізніше перейменований у Matter – відкритий стандарт для розумного дому, розроблений у співпраці з Google, Amazon та іншими великими гравцями ринку. HomeKit є одним із протоколів, що підтримує Matter, що дозволяє пристроям, сертифікованим для Matter, працювати з екосистемою HomeKit без необхідності отримання окремої сертифікації MFi. Це значно розширює екосистему сумісних пристроїв.

Архітектура автоматизацій у HomeKit базується на тригерах, умовах та діях. Тригери визначають події, які запускають автоматизацію, такі як певний час доби, геолокація користувача або зміна стану пристрою. Умови визначають додаткові вимоги, які повинні бути виконані для запуску автоматизації, наприклад, час доби або присутність людей вдома. Дії визначають зміни станів пристроїв, які повинні відбутися при запуску автоматизації. Ця структура дозволяє створювати складні сценарії для різних ситуацій у розумному домі.

Загалом, протокол Apple HomeKit представляє собою комплексне рішення, що забезпечує безпечну, надійну та уніфіковану інфраструктуру для розумного дому. Його архітектура спроектована з урахуванням високих вимог до безпеки,

приватності та зручності використання, що робить його одним із провідних протоколів у галузі розумного дому, незважаючи на певні обмеження щодо сумісності з пристроями інших екосистем.

Apple HomeKit — це фреймворк, що дозволяє користувачам керувати домашніми пристроями за допомогою iOS-пристроїв. В основі HomeKit лежить протокол, що забезпечує безпечний та надійний зв'язок між пристроями та Apple-гаджетами. Протокол HomeKit використовує шифрування end-to-end, що гарантує конфіденційність даних. [5]

HomeKit Accessory Protocol (HAP)

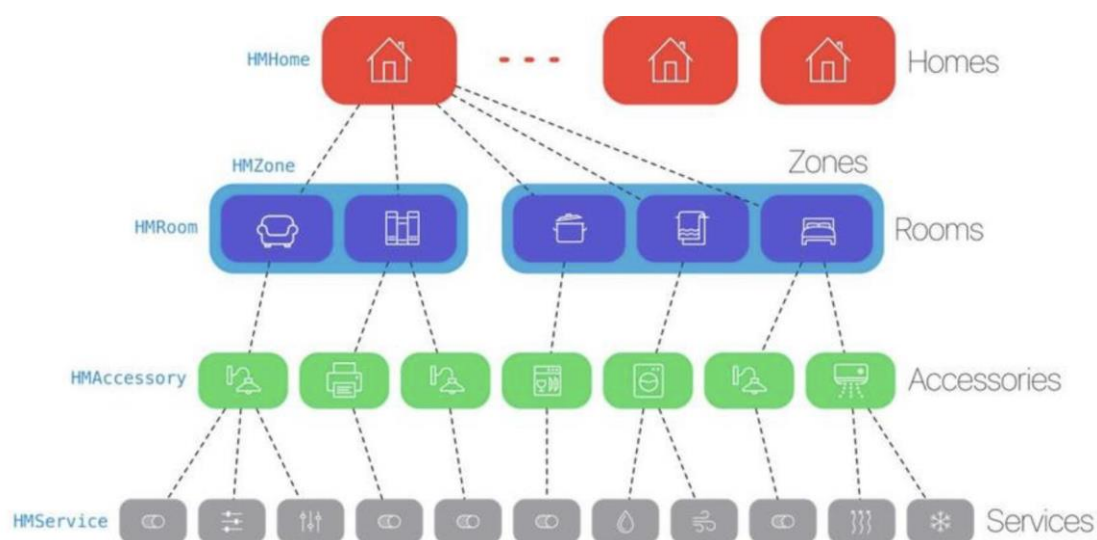


Рис. 1.1 Архітектура HomeKit Accessory Protocol (HAP)

HomeKit Accessory Protocol (HAP) є основою технічної реалізації екосистеми Apple HomeKit, що визначає способи комунікації між пристроями розумного дому та контролерами HomeKit. Цей протокол встановлює стандартизовані методи, завдяки яким різноманітні пристрої можуть інтегруватися в єдину систему управління, незалежно від виробника.

HAP створений для забезпечення безпечного, надійного та ефективного обміну даними між аксесуарами та головними пристроями користувача. Ключова особливість протоколу полягає в тому, що він абстрагує фізичні характеристики

пристрою, представляючи їх як стандартизований набір сервісів та характеристик, які можуть бути універсально розпізнані всіма компонентами системи HomeKit.

В архітектурі HAP кожен фізичний пристрій (аксесуар) представляється як колекція сервісів, а кожен сервіс, у свою чергу, складається з набору характеристик. Наприклад, розумна лампа може мати сервіс освітлення з характеристиками увімкнення/вимкнення, яскравості та, можливо, кольору. Термостат може включати сервіс управління температурою з характеристиками поточної та цільової температури. Ця структурована модель даних дозволяє системі однаково взаємодіяти з різними типами пристроїв, абстрагуючись від їхніх технічних відмінностей. [6]

Поряд із технічним протоколом HAP, Apple надає розробникам набір програмних інтерфейсів та класів для роботи з HomeKit через фреймворк HomeKit. Ключовими компонентами цього фреймворку є класи HMAccessory, HMService, HMRoom та HMZone, які відображають ієрархічну структуру HomeKit на рівні програмування.

Клас HMAccessory представляє фізичний пристрій у системі HomeKit. Він є програмною абстракцією реального аксесуара, підключеного до мережі HomeKit. Кожен об'єкт HMAccessory має унікальний ідентифікатор, назву, інформацію про виробника та модель, а також колекцію сервісів (HMService), які надає цей пристрій. Розробники можуть використовувати цей клас для керування конкретними пристроями, отримання їх статусу, оновлення прошивки та інших операцій. HMAccessory також надає методи для отримання інформації про поточний стан з'єднання пристрою (online/offline) та його загальну доступність у мережі.

Клас HMService відповідає конкретній функціональності, яку надає аксесуар. Наприклад, розумна лампа може мати сервіс освітлення (HMServiceTypeLightbulb), а розумний термостат – сервіс управління температурою (HMServiceTypeThermostat). Кожен сервіс містить набір характеристик (HMCharacteristic), які представляють конкретні параметри, які можна зчитувати або змінювати. Фреймворк HomeKit визначає стандартний набір типів сервісів, що забезпечує сумісність між різними додатками та пристроями. Розробники можуть використовувати HMService для

групування функціональності пристроїв та керування конкретними аспектами їх роботи. [7]

Клас HMRoom представляє фізичну кімнату в будинку користувача. В контексті HomeKit, кімнати використовуються для логічного групування аксесуарів за їх фізичним розташуванням. Наприклад, всі розумні пристрої в спальні можуть бути призначені до кімнати "Спальня", що дозволяє користувачам легко знаходити та керувати ними. Клас HMRoom надає методи для призначення аксесуарів до кімнат, зміни назви кімнат та отримання списку всіх пристроїв у певній кімнаті. Це дозволяє створювати інтуїтивні інтерфейси користувача, організовані за фізичною структурою будинку.

Клас HMZone представляє групу кімнат у будинку. Зони використовуються для об'єднання кількох кімнат у більші логічні групи, такі як "Перший поверх" або "Спальна зона". Це додає додатковий рівень організації до структури HomeKit, дозволяючи користувачам керувати всіма пристроями в групі кімнат одночасно. Наприклад, користувач може створити голосову команду "Вимкнути світло на першому поверсі", яка вимкне всі світлові пристрої у всіх кімнатах, що належать до зони "Перший поверх". Клас HMZone надає методи для додавання та видалення кімнат із зони, зміни назви зони та отримання списку всіх кімнат у зоні. [8]

Процес комунікації в HAP розпочинається з процедури виявлення пристроїв. Протокол використовує Bonjour (mDNS та DNS-SD) для локального виявлення аксесуарів у мережі. Після виявлення пристрою відбувається процес спарювання, під час якого встановлюється захищений зв'язок між аксесуаром та контролером HomeKit. Цей процес вимагає введення унікального 8-значного коду, вказаного на пристрої або в його документації, що забезпечує автентифікацію та обмін криптографічними ключами.

Після успішного спарювання всі комунікації між контролером та аксесуаром шифруються з використанням алгоритму Secure Remote Password protocol (SRP), що забезпечує високий рівень безпеки навіть у потенційно вразливих мережах. Кожна сесія комунікації має власний набір ключів шифрування, що додатково підвищує безпеку.

HAP підтримує кілька транспортних протоколів для фізичної передачі даних, найпоширенішими з яких є IP (для пристроїв, підключених через Wi-Fi або Ethernet) та Bluetooth Low Energy (BLE). Протокол призначений для ефективної роботи з пристроями з обмеженими ресурсами, оптимізуючи використання пам'яті та енергії, що особливо важливо для батарейних пристроїв.

Важливою особливістю HAP є механізм сповіщень про зміни стану. Замість постійного опитування пристроїв (polling), що споживає більше енергії та мережевих ресурсів, HAP дозволяє аксесуарам асинхронно надсилати повідомлення про зміни своїх характеристик. Контролери можуть підписатися на отримання таких сповіщень, що значно підвищує ефективність та швидкодію системи. У контексті програмного фреймворку HomeKit це реалізовано через систему делегатів та нотифікацій, які дозволяють додаткам реагувати на зміни стану пристроїв у реальному часі.

Оперування об'єктами HMAccessory, HMService, HMRoom та HMZone в розробці iOS-додатків дозволяє створювати потужні та гнучкі інтерфейси для управління розумним домом. Наприклад, розробники можуть створювати кастомізовані панелі керування, які відображають пристрої згруповані за кімнатами, реалізовувати голосові команди для керування зонами, або налаштовувати автоматизації, які спрацьовують при зміні стану певних сервісів.

Для розробників та виробників, які бажають інтегрувати свої пристрої з HomeKit, Apple надає детальну специфікацію HAP, що включає опис усіх стандартних сервісів та характеристик, протоколів комунікації та вимог до безпеки. Однак, повний доступ до цієї документації доступний лише учасникам програми MFi (Made for iPhone/iPad/iPod), що вимагає укладання відповідної угоди з Apple та проходження процесу сертифікації.

Альтернативою офіційній реалізації HAP є проект HomeKit Accessory Development Kit (ADK), який Apple відкрила як open-source ініціативу в 2019 році. ADK спрощує розробку HomeKit-сумісних аксесуарів, надаючи бібліотеки та інструменти для імплементації протоколу. Ця ініціатива значно розширила можливості для розробників, дозволяючи створювати сумісні пристрої без

необхідності проходження повного процесу сертифікації MFi, хоча для комерційного використання сертифікація все ще потрібна. [9]

НАР також включає механізми для віддаленого доступу через домашній хаб. Коли користувач знаходиться поза домашньою мережею, його запити до пристроїв проходять через хаб (Apple TV, HomePod або iPad), який функціонує як безпечний шлюз між локальною мережею та хмарною інфраструктурою Apple. Це забезпечує надійний та захищений віддалений доступ без необхідності відкривати домашню мережу для зовнішніх з'єднань.

З розвитком технологій розумного дому НАР постійно еволюціонує, додаючи підтримку нових типів пристроїв та функцій. Особливо важливим є розвиток підтримки протоколу Thread – малопотужної mesh-мережі, що дозволяє пристроям безпосередньо комунікувати між собою, підвищуючи надійність та швидкодію системи. Thread став особливо важливим із появою стандарту Matter, який об'єднує різні екосистеми розумного дому, включаючи HomeKit.

Інтеграція НАР зі стандартом Matter відкриває нові можливості для сумісності між різними екосистемами. Пристрої, сертифіковані для Matter, можуть працювати з HomeKit без необхідності окремої сертифікації MFi, що значно розширює вибір доступних пристроїв для користувачів HomeKit. При цьому Apple зберігає високі стандарти безпеки та приватності, забезпечуючи, щоб всі пристрої, які взаємодіють з HomeKit, відповідали її вимогам. [10]

Загалом, HomeKit Accessory Protocol є потужним та гнучким рішенням, що забезпечує технічну основу для екосистеми розумного дому Apple. Він поєднує високий рівень безпеки, ефективність використання ресурсів та стандартизований інтерфейс, що дозволяє різноманітним пристроям безперешкодно інтегруватися в єдину систему управління. А програмні інтерфейси через класи HMAccessory, HMService, HMRoom та HMZone надають розробникам потужні інструменти для створення інтуїтивних та функціональних додатків для керування розумним домом. Хоча протокол має певні обмеження, пов'язані з вимогами сертифікації та екосистемою Apple, його технічні переваги та інновації роблять його одним із передових рішень на ринку технологій розумного дому.

1.2 Програма «Дім» та домашній центр: Функціональність та можливості

Програма «Дім» (Home) є центральним елементом взаємодії користувача з екосистемою HomeKit, надаючи інтуїтивний та уніфікований інтерфейс для керування всіма сумісними пристроями розумного дому. Разом із домашнім центром (Home Hub) вони формують основу для комфортного щоденного використання та надійного функціонування всієї системи HomeKit. [11]

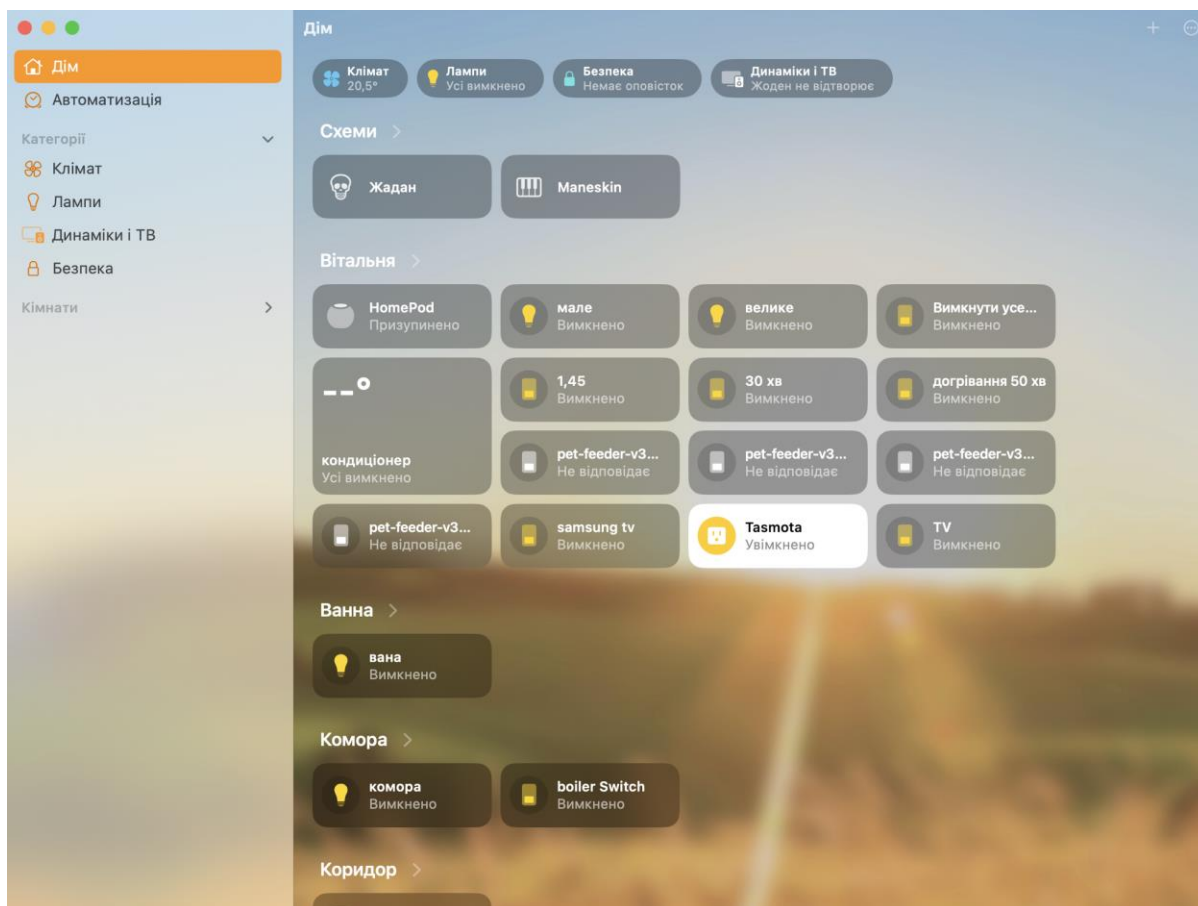


Рис. 1.2. Інтерфейс Apple Дім

Інтерфейс програми «Дім» розроблений з урахуванням філософії Apple щодо простоти та доступності. Головний екран додатку представляє огляд усіх кімнат та пріоритетних аксесуарів, надаючи миттєвий доступ до найчастіше використовуваних функцій. Користувачі можуть швидко керувати основними параметрами пристроїв безпосередньо з цього екрану або заглиблюватися в деталізовані налаштування конкретних аксесуарів. Інтерфейс програми адаптується до типів підключених пристроїв, представляючи релевантні елементи керування,

специфічні для кожного типу — слайдери для регулювання яскравості, кольорові селектори для RGB-освітлення, кнопки для замків тощо.

Організація пристроїв у програмі «Дім» відображає фізичну структуру будинку. Користувачі можуть створювати віртуальні кімнати, які відповідають реальним приміщенням, та групувати їх у зони для більш зручного керування. Така структура не лише спрощує навігацію, але й дозволяє використовувати контекстно-орієнтовані голосові команди, як-от "Привіт, Siri, вимкни світло на кухні" або "Привіт, Siri, підніми температуру на другому поверсі". [12]

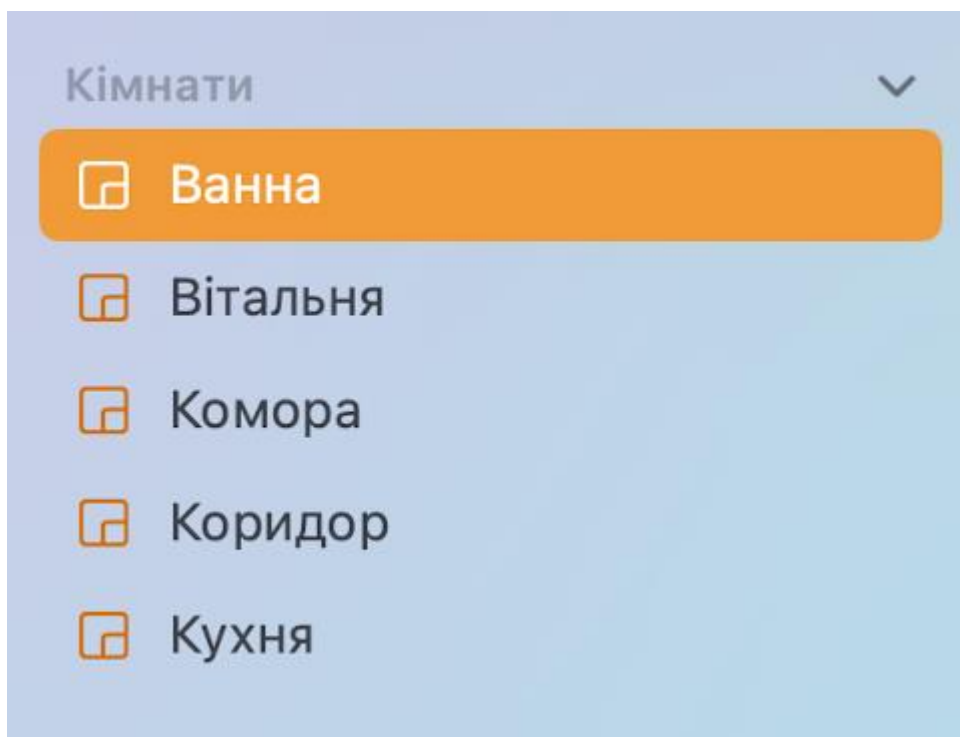


Рис.1. 3. Кімнати у програмі Apple Дім

Одна з найпотужніших функцій програми «Дім» — створення та управління сценаріями. Сценарії дозволяють контролювати кілька пристроїв одночасно через єдину команду. Наприклад, сценарій "Ранок" може відкрити жалюзі, увімкнути м'яке освітлення та запустити кавоварку, коли користувач прокидається. Програма пропонує інтуїтивний інтерфейс для налаштування таких сценаріїв, дозволяючи визначати стан кожного залученого пристрою та послідовність дій.

Автоматизації розширюють можливості сценаріїв, додаючи тригери для їх автоматичного виконання. Програма «Дім» дозволяє налаштовувати автоматизації на основі часу, місцезнаходження, взаємодії з іншими пристроями або датчиками.

Наприклад, можна створити автоматизацію, яка вмикає світло в коридорі, коли датчик руху фіксує активність у нічний час, або автоматично активує сценарій "Повернення додому", коли користувач наближається до будинку. Інтерфейс для створення автоматизацій пропонує покрокове налаштування з вибором тригерів, умов та дій, що робить цей складний функціонал доступним навіть для користувачів без технічного досвіду. [13]

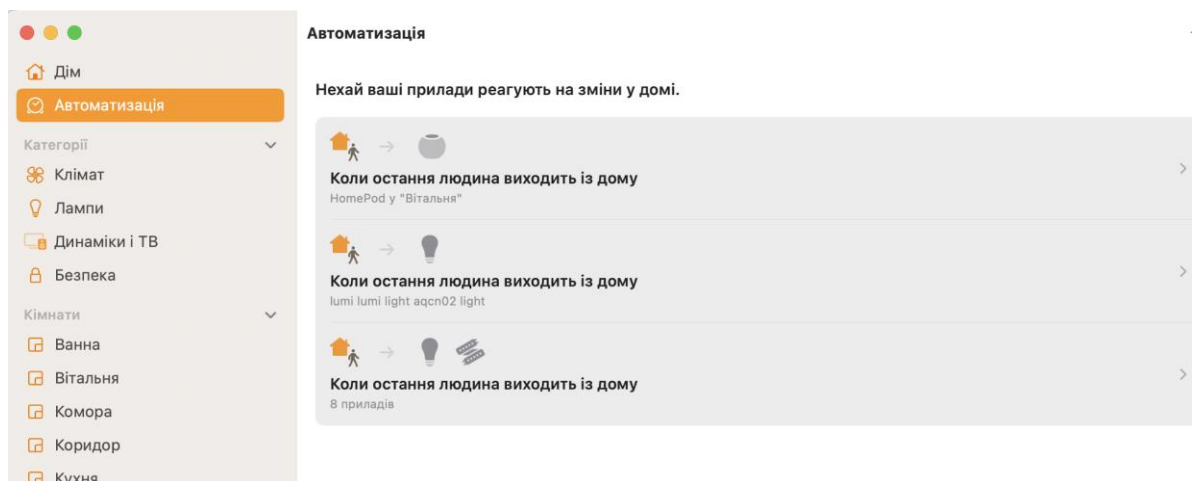


Рис. 1.4. Автоматизації Apple Дім

Функціональність нотифікацій у програмі «Дім» дозволяє користувачам отримувати сповіщення про важливі події в розумному домі — від спрацювання датчиків безпеки до завершення циклу прання. Користувачі можуть налаштовувати типи та важливість сповіщень, що дозволяє зосередитися на дійсно важливих подіях та уникнути інформаційного перевантаження.

Важливим аспектом системи HomeKit є концепція домашнього центру (Home Hub). Цю роль можуть виконувати Apple TV (4-го покоління або новіше), HomePod або iPad, який постійно підключений до домашньої мережі. Домашній центр забезпечує кілька критично важливих функцій для повноцінної роботи екосистеми HomeKit. [14]

Перша і найбільш очевидна функція домашнього центру — забезпечення віддаленого доступу до розумного дому. Без домашнього центру користувачі можуть керувати пристроями HomeKit лише перебуваючи в межах домашньої мережі Wi-Fi або Bluetooth. Домашній центр створює безпечний зашифрований

канал між локальною мережею та серверами Apple, дозволяючи користувачам контролювати свій розумний дім з будь-якої точки світу через Інтернет.

Домашній центр також є ключовим для виконання автоматизацій. Він постійно відстежує стан усіх тригерів та умов, визначених користувачем, і запускає відповідні дії, коли умови виконуються. Без домашнього центру можливості автоматизації суттєво обмежені, оскільки немає постійно активного пристрою для моніторингу умов та виконання сценаріїв.

У новіших версіях програми «Дім» (починаючи з iOS 15) з'явилася функція локальної обробки відео з камер безпеки (homekit secure video). Домашній центр може аналізувати відеопотік з HomeKit-сумісних камер, розпізнаючи людей, тварин, автомобілі та навіть пакунки, що доставляються. Це дозволяє налаштовувати розумні сповіщення та автоматизації на основі конкретних подій, зафіксованих камерами, наприклад, автоматично вмикати світло, коли камера фіксує людину на подвір'ї в темний час доби.

З випуском iOS 16 та macOS Ventura Apple представила оновлену архітектуру для програми «Дім», яка підвищила надійність та ефективність системи, особливо в будинках з великою кількістю пристроїв. Нова архітектура забезпечує швидшу відповідь пристроїв, стабільніше з'єднання та покращену масштабованість для складних налаштувань розумного дому. [15]

Починаючи з iOS 18, користувачі можуть додавати Matter-пристрої в HomeKit та керувати ними без необхідності в Home Hub. Це означає, що iPhone або iPad можуть виступати як основний контролер для локального керування пристроями через Wi-Fi. Крім того, на iPhone 15 і новіших моделях з'явилася підтримка Matter over Thread, що дозволяє безпосередньо підключати пристрої на базі Thread без додаткового хабу чи Thread Border Router. Однак, для віддаленого доступу та автоматизацій все ще потрібен Home Hub, такий як HomePod або Apple TV.

Важливою функцією домашнього центру є підтримка технології Thread – сучасного протоколу для пристроїв розумного дому, який створює mesh-мережу, де кожен пристрій може діяти як ретранслятор для інших пристроїв. HomePod mini та

Apple TV 4K (2-го покоління та новіші) можуть функціонувати як прикордонні маршрутизатори Thread, об'єднуючи пристрої Thread з рештою мережі HomeKit. Це забезпечує кращу стабільність, швидкодію та енергоефективність для сумісних пристроїв.

З появою стандарту Matter домашній центр отримав нову важливу функцію – підтримку пристроїв, сертифікованих для Matter. Це дозволяє інтегрувати в екосистему HomeKit набагато ширший спектр пристроїв від різних виробників без необхідності отримання окремої сертифікації MFi.

Програма «Дім» також підтримує спільний доступ, дозволяючи запрошувати інших користувачів до керування розумним домом. Власник може визначати рівні доступу для кожного запрошеного користувача, надаючи обмежений доступ для гостей або повний доступ для членів родини. Ця функція особливо корисна для сімей, де кілька людей потребують контролю над домашніми системами.

Адаптивність є важливою характеристикою програми «Дім». Додаток доступний на iPhone, iPad, Mac, Apple Watch та навіть Apple TV, з інтерфейсом, оптимізованим для кожної платформи. На Apple Watch пріоритет надається швидким діям та сценаріям, на iPad та Mac розширені можливості керування та налаштування, а на Apple TV додаток інтегрується з екраном блокування, надаючи швидкий доступ до камер та основних функцій. [16]

Хоча програма «Дім» та домашній центр забезпечують потужний функціонал, система має певні обмеження. Інтерфейс може здаватися занадто спрощеним для просунутих користувачів, які шукають глибоку кастомізацію та складні автоматизації. Детальна аналітика використання та енергоспоживання також обмежена порівняно з деякими спеціалізованими рішеннями.

Загалом, програма «Дім» та домашній центр формують цілісну екосистему для керування розумним домом, що поєднує простоту використання з потужними можливостями автоматизації та віддаленого доступу. Постійні оновлення та інтеграція з новими стандартами, такими як Thread та Matter, демонструють прагнення Apple розвивати цю платформу, розширюючи її функціональність та сумісність з широким спектром пристроїв розумного дому.

Програма «Дім» є центральним елементом керування екосистемою HomeKit. Вона дозволяє додавати нові пристрої, створювати сценарії автоматизації, керувати доступом та багато іншого. Домашній центр (Home Hub) — це пристрій, який забезпечує віддалений доступ до HomeKit та автоматизацію. [17]

1.3 Автоматизація та розширені автоматизації Apple команди

Apple HomeKit — це програмний фреймворк, який дозволяє користувачам налаштовувати, керувати та автоматизувати розумні домашні пристрої через додаток «Дім» або за допомогою Siri. Він забезпечує інтеграцію різноманітних пристроїв, таких як освітлення, термостати, замки та датчики, в єдину екосистему, якою можна керувати з iPhone, iPad або Mac.

З випуском iOS 18 Apple спростила процес додавання пристроїв Matter до HomeKit. Тепер їх можна підключати безпосередньо через iPhone без потреби у хабі, хоча для розширених функцій рекомендується використовувати HomePod або Apple TV. Це робить налаштування розумного дому більш доступним для новачків.

Автоматизації в HomeKit виконують дії на основі певних тригерів, таких як час доби, місцезнаходження користувача або спрацьовування датчиків. Наприклад, можна налаштувати автоматизацію, яка вимикає світло та знижує температуру термостата, коли ви залишаєте дім. Додатково, HomeKit підтримує сценарії — групи команд, які можна активувати одним натисканням або голосовою командою. Наприклад, сценарій «Добраніч» може вимикати всі світильники, закривати двері та налаштовувати будильник. [18]

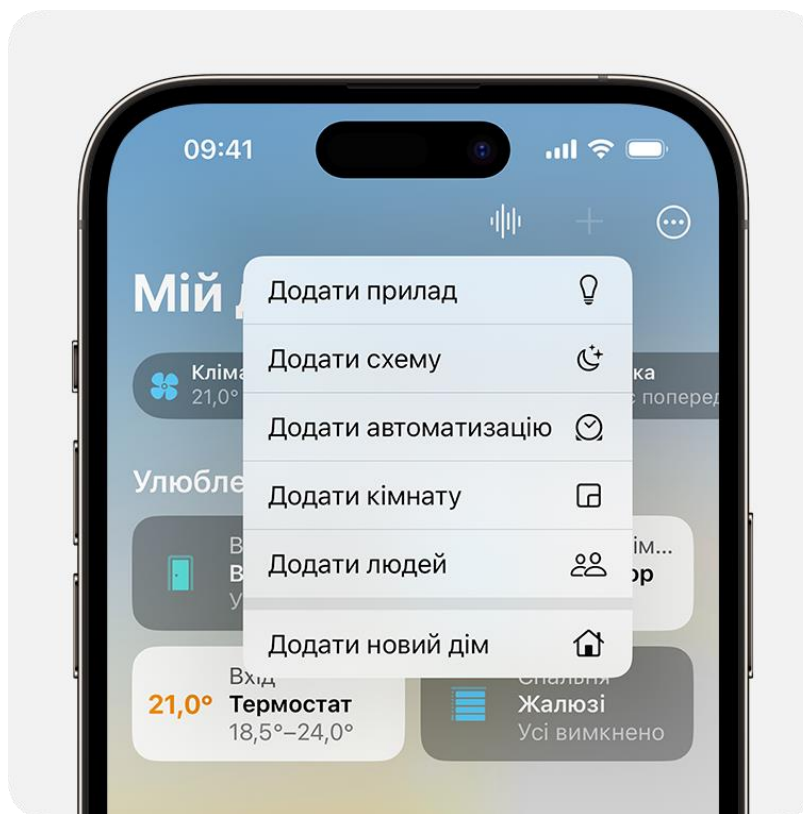


Рис. 1.5. Інтерфейс мобільного застосунку Apple Дім

Apple Команди (Shortcuts) дозволяють створювати персоналізовані автоматизації на iOS та macOS, які можуть включати інтеграцію з додатками, веб-сервісами та пристроями HomeKit. Вони розширюють стандартні можливості автоматизації, додаючи більше логіки та умов.

Однією з ключових можливостей Apple Команд є використання змінних та умов. Наприклад, можна налаштувати команду, яка змінює гучність дзвінка залежно від рівня заряду батареї або відправляє повідомлення членам родини, якщо користувач затримується на роботі.

Apple Команди підтримують взаємодію з багатьма сторонніми додатками. Наприклад, можна створити автоматизацію, яка щоранку відкриває улюблену новинну стрічку, відтворює плейлист у Spotify і налаштовує розумне освітлення для комфортного пробудження. [19]

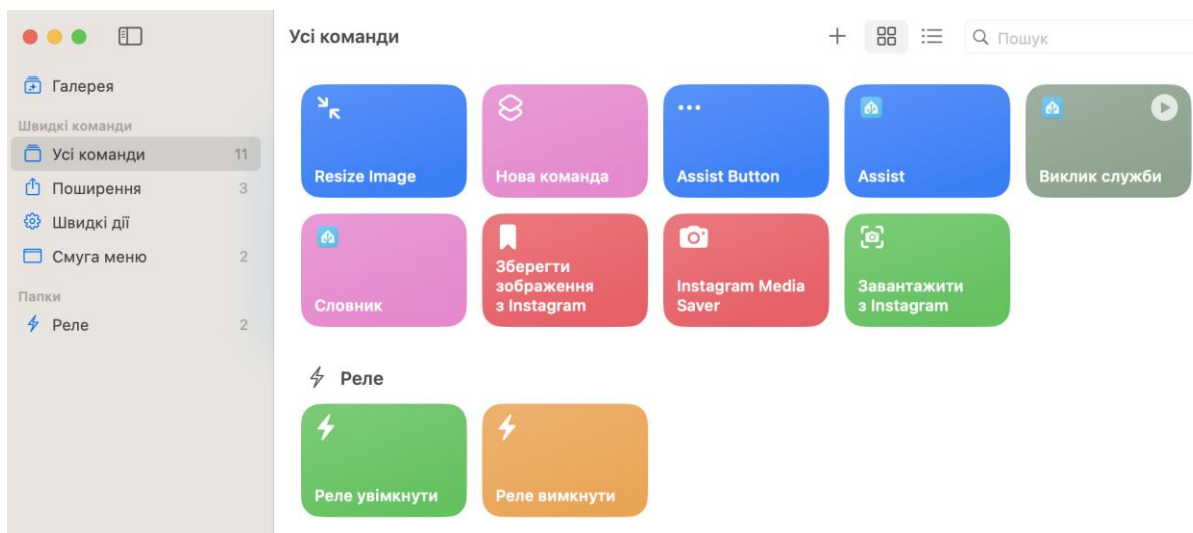


Рис. 1.6. Інтерфейс застосунку Apple команди

Ще одна цікава функція — використання NFC-міток та геолокації. Наприклад, можна налаштувати Apple Команду, яка вмикає тихий режим і надсилає повідомлення «Я на зустрічі», коли користувач входить до офісу. Або ж налаштувати мітку біля входу в дім, яка при скануванні запускає сценарій «Прихід додому»: розблоковує двері, вмикає світло у коридорі та активує улюблену музику.

Для розширених можливостей Apple Команди можуть використовувати веб-запити (API), що дозволяє взаємодіяти навіть із пристроями, які не підтримують HomeKit. Наприклад, можна створити команду, яка через веб-запит керує розумним пілососом або запускає сценарій у системі безпеки.

Крім того, Apple Команди підтримують автоматичне виконання певних дій у відповідь на події. Наприклад, можна налаштувати команду, яка кожного разу після завершення дзвінка записує нотатку із підсумками розмови або зберігає фото у хмарне сховище одразу після його зйомки. [20]

Таким чином, Apple Команди дозволяють створювати складні сценарії, які інтегруються не лише з пристроями HomeKit, а й з іншими сервісами, значно розширюючи можливості автоматизації. Використання цих інструментів робить щоденні задачі більш зручними, підлаштовуючи технології під індивідуальні потреби користувача.

1.4 Офіційно підтримувані пристрої: Критерії та класифікація

Екосистема Apple HomeKit розвивається за чітко визначеними принципами, що гарантують стабільну та безпечну роботу всіх пристроїв, які інтегруються до «розумного дому». Кожен пристрій, що офіційно підтримується Apple, проходить ретельну сертифікацію, щоб відповідати стандартам компанії та забезпечувати максимальну зручність користувачам.

Основним критерієм для офіційної підтримки є сертифікація "Works with Apple HomeKit". Виробники пристроїв повинні отримати цей сертифікат, що підтверджує відповідність апаратного та програмного забезпечення вимогам Apple. Це включає безпеку даних, сумісність із додатком «Дім» і підтримку шифрування для захисту користувачів. Пристрої без такої сертифікації можуть не працювати стабільно або взагалі не підключатися до екосистеми HomeKit.

З появою стандарту Matter Apple спростила інтеграцію розумних пристроїв у свій дім, дозволяючи підключати сертифіковані Matter-пристрої навіть без традиційного HomeKit-сертифіката. Це значно розширило перелік сумісних пристроїв і зробило платформу відкритішою для нових виробників.

Apple HomeKit підтримує широкий спектр пристроїв, кожен з яких виконує певну функцію у розумному будинку. Однією з головних категорій є освітлення. Інтелектуальні лампи, світильники та світлодіодні стрічки дозволяють змінювати яскравість і колір освітлення відповідно до часу доби чи сценаріїв, які задає користувач. Взаємодія таких пристроїв із датчиками руху або геолокацією робить керування світлом не лише зручним, а й енергоефективним. [20]

Не менш важливими є системи безпеки, що включають розумні замки, камери відеоспостереження та датчики відкриття дверей і вікон. Наприклад, замки, які підтримують HomeKit, дозволяють відкривати двері за допомогою iPhone або Apple Watch, надаючи доступ членам сім'ї чи гостям через тимчасові цифрові ключі. Камери відеоспостереження можуть не лише передавати зображення у режимі реального часу, а й розпізнавати обличчя завдяки інтеграції з iCloud та HomeKit Secure Video.

Системи клімат-контролю та енергозбереження також відіграють важливу роль у екосистемі Apple HomeKit. Розумні термостати здатні самостійно регулювати температуру в оселі на основі розкладу користувача або його присутності в будинку. Розумні розетки і вимикачі допомагають оптимізувати енергоспоживання, вимикаючи непотрібні прилади в певний час або за командою Siri.

Ще однією категорією пристроїв є сенсори та датчики, що можуть реагувати на рух, рівень вологості, температуру або якість повітря. Вони стають основою складних автоматизацій у розумному будинку, наприклад, можуть вмикати вентиляцію, коли рівень CO₂ у приміщенні перевищує норму, або автоматично запускати обігрів узимку.

Apple постійно вдосконалює підтримку нових пристроїв та їхню інтеграцію в HomeKit. Якщо раніше для роботи розумного дому потрібен був спеціальний хаб (наприклад, Apple TV або HomePod), то сьогодні деякі пристрої можуть працювати безпосередньо через Wi-Fi або Thread. З інтеграцією Matter користувачі отримали ще більшу гнучкість у виборі пристроїв, оскільки тепер вони можуть працювати не лише в екосистемі Apple, а й у Google Home або Amazon Alexa.

Таким чином, офіційно підтримувані пристрої HomeKit проходять суворий відбір, забезпечуючи стабільність, безпеку та комфорт у розумному будинку. Завдяки розвитку технологій та інтеграції нових стандартів, можливості автоматизації розширюються, роблячи життя користувачів ще зручнішим та ефективнішим. [21]

1.5 Непідтримувані пристрої та домени: Обмеження та шляхи обходу

В екосистемі HomeKit, як і в будь-якій іншій системі для розумного будинку, користувачі можуть зіткнутися з ситуацією, коли певні пристрої або функції не підтримуються. Оскільки Apple активно розвиває свою платформу для інтеграції смарт-пристроїв, деякі продукти можуть бути виключені з підтримки через обмеження в технології або політиці компанії.

Одним з прикладів є відсутність підтримки пілососів та деяких інших побутових пристроїв у початкових версіях HomeKit. Це було зумовлено рядом факторів, серед яких низька популярність цих пристроїв серед користувачів, а також обмеження щодо їх інтеграції в систему. Однак, на щастя, ситуація змінилася з випуском нової версії Matter 1.3, де пілососи були нарешті додані до списку підтримуваних пристроїв. Цей стандарт дозволяє більшій кількості пристроїв легко інтегруватися в розумний будинок, незалежно від того, яка саме екосистема використовується, чи то HomeKit, чи інші платформи. Проте важливо зазначити, що, попри додавання пілососів, наразі не підтримується функція енергомоніторингу для цих пристроїв, що є важливою складовою для тих, хто прагне повністю контролювати енергоспоживання своїх гаджетів.

Інші обмеження, з якими стикаються користувачі, часто пов'язані з відсутністю підтримки певних протоколів або технологій. Наприклад, пристрої, які використовують такі протоколи, як Zigbee або Z-Wave, не можуть бути безпосередньо підключені до HomeKit, оскільки система підтримує лише обмежену кількість стандартів, таких як Wi-Fi, Bluetooth та Thread. Для таких випадків необхідні додаткові шлюзи або хаби, які можуть виступати моста між різними технологіями і забезпечити їх інтеграцію.

Не менш важливою проблемою є застарілі прошивки пристроїв, які не підтримують новітні оновлення або функції HomeKit. Багато пристроїв, що були випущені до початку активної підтримки HomeKit або на ранніх етапах його розвитку, можуть не мати можливості оновлення до останніх версій програмного забезпечення, що обмежує їх сумісність із сучасними функціями екосистеми.

Незважаючи на ці обмеження, існують шляхи для обходу проблем сумісності. Наприклад, використання хабів і шлюзів може значно розширити можливості інтеграції непідтримуваних пристроїв в екосистему HomeKit. За допомогою таких пристроїв можна підключати продукти, що працюють на інших протоколах, до HomeKit через сторонні додатки або сервіси. [23]

Ще одним поширеним методом є використання програмного забезпечення Homebridge, яке дозволяє створювати «міст» між непідтримуваними пристроями та

HomeKit. Це рішення дає змогу користувачам інтегрувати різноманітні пристрої в свою смарт-систему, навіть якщо ці пристрої не мають сертифікації від Apple.

В цілому, хоча деякі пристрої та функції можуть бути не підтримувані в HomeKit на початкових етапах, завдяки розвитку стандартів, таких як Matter, з'являються нові можливості для розширення екосистеми. Це дозволяє значно полегшити інтеграцію більшої кількості пристроїв, хоч і з певними обмеженнями, що, зрештою, дає користувачам більший вибір і зручність.

2 СТОРОННЯ СИСТЕМИ ІНТЕГРАЦІЇ НОМЕКІТ

2.1 Homebridge: Архітектура, плагіни та налаштування

Homebridge — це популярна платформа, що дозволяє інтегрувати в HomeKit пристрої, які офіційно не підтримуються. Homebridge використовує плагіни, що відповідають за взаємодію з різними типами пристроїв.

Невдовзі після того, як Apple представила HomeKit, нетерплячі ентузіасти розумного дому з нетерпінням чекали, коли виробники пристроїв почнуть додавати підтримку цієї платформи. Однак, процес інтеграції виявився набагато повільнішим, ніж очікувалося. Розробники спільноти вирішили не чекати і у 2016 році створили Homebridge – програмне рішення з відкритим кодом, яке можна було б додати до платформи Apple як пристрій-концентратор. [24]

Homebridge було задумано як тимчасове рішення, яке мало б допомогти користувачам HomeKit інтегрувати пристрої, що не мають нативної підтримки. Проте, він виявився настільки вдалим, що продовжує залишатися цінним інструментом для просунутих користувачів HomeKit і сьогодні, розширюючи можливості цієї екосистеми.

Одним з ключових елементів цієї концепції є можливість інтеграції різних пристроїв та платформ в єдину екосистему, де користувач може легко керувати всіма своїми розумними пристроями з єдиного інтерфейсу. Однак, різноманіття протоколів та стандартів зв'язку, які використовуються виробниками розумних пристроїв, часто створює перешкоди для досягнення цієї мети. Саме тут на допомогу приходить Homebridge – легкий Node.js сервер з відкритим кодом, який емулює iOS HomeKit API. По суті, Homebridge "обманює" HomeKit, змушуючи його думати, що пристрої, які спочатку не сумісні з цією екосистемою, є її частиною. Це відкриває широкі можливості для користувачів Apple, які бажають керувати всіма своїми розумними пристроями, незалежно від їх бренду чи протоколу, з єдиного інтерфейсу, використовуючи Siri або додаток "Дім" на своїх iPhone, iPad, Apple Watch та Mac [25]

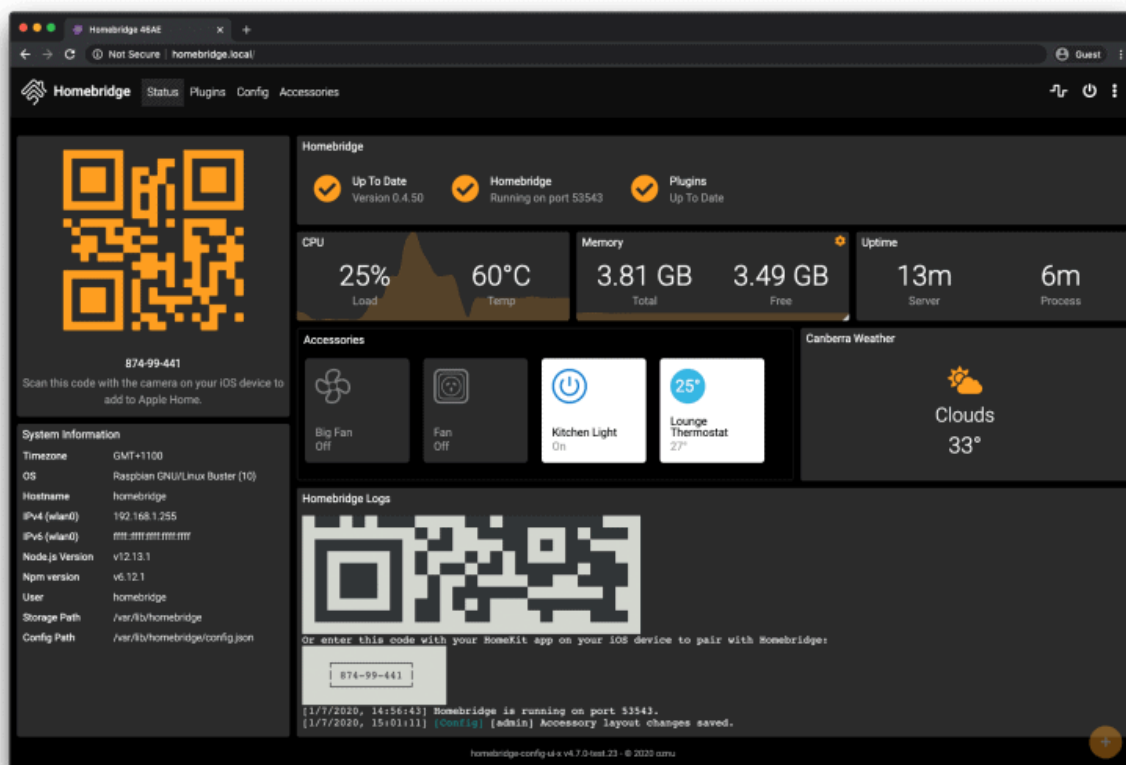


Рис. 2.1 Інтерфейс Apple Homebridge

Homebridge виступає своєрідним "містком" між різними протоколами та API, дозволяючи об'єднати в єдину мережу пристрої, які використовують Zigbee, Bluetooth, Wi-Fi та інші стандарти зв'язку. Варто зазначити, що Homebridge не має власної підтримки Z-Wave, але деякі плагіни можуть забезпечити непряму інтеграцію з Z-Wave пристроями через інші хаби. Завдяки великій та активній спільноті розробників, Homebridge має величезну кількість плагінів, які постійно розширюють його функціональність та забезпечують підтримку тисяч різних пристроїв [3]. Серед найпопулярніших плагінів можна виділити ті, що дозволяють інтегрувати пристрої Ring, Nest, TP-Link Kasa, Philips Hue, Belkin Wemo, SwitchBot та UniFi Protect. Ці плагіни відрізняються за складністю налаштування: деякі з них можна встановити одним кліком, тоді як інші вимагають ручного редагування конфігураційного файлу. [26]

Встановлення та налаштування Homebridge досить просте. Його можна запуснути на різних платформах, включаючи Raspberry Pi, Linux, macOS та Windows. Для зручності керування плагінами та налаштуваннями Homebridge пропонує веб-інтерфейс Homebridge UI 6. Цей інтерфейс надає користувачеві

можливість встановлювати, оновлювати та видаляти плагіни, змінювати конфігурацію Homebridge у файлі config.json, контролювати стан сервера, переглядати логи, керувати аксесуарами з веб-браузера та створювати резервні копії. Homebridge UI значно спрощує процес налаштування та керування Homebridge, роблячи його доступним навіть для користувачів без глибоких технічних знань.

Однією з ключових переваг Homebridge є його гнучкість та можливість налаштування під індивідуальні потреби користувача. Завдяки відкритому коду та активній спільноті, Homebridge постійно розвивається та вдосконалюється, пропонуючи нові можливості та підтримку нових пристроїв 7. На відміну від деяких хмарних рішень, Homebridge надає можливість локального керування пристроями та використовує надійні функції безпеки HomeKit, що підвищує рівень конфіденційності користувачів [27].

З технічної точки зору, Homebridge працює як проксі-сервер, який перехоплює запити від HomeKit та перетворює їх у команди, зрозумілі для цільового пристрою [28]. Для цього використовуються плагіни, які реалізують логіку взаємодії з конкретними API пристроїв. Щоб налаштувати Homebridge, користувачеві необхідно встановити Node.js та завантажити образ Homebridge на вибраний пристрій. Після цього, за допомогою терміналу або веб-інтерфейсу Homebridge UI, можна встановити необхідні плагіни та налаштувати їх параметри. Конфігурація Homebridge зберігається у файлі config.json, який можна редагувати вручну або за допомогою Homebridge UI 9. Homebridge також підтримує концепцію "платформ", які дозволяють інтегрувати цілі екосистеми пристроїв, такі як системи безпеки або клімат-контролю [29].

У реальних сценаріях Homebridge може використовуватися для інтеграції різноманітних пристроїв та систем. Наприклад, один з користувачів Reddit розповів, як він використовує Homebridge для керування освітленням, датчиками якості повітря, датчиками витоку води, термостатами, телевізором Samsung, камерами відеоспостереження Unifi, розумними розетками Kasa та системою безпеки Ring 10. Інший користувач поділився своїм досвідом використання Homebridge для створення складних сценаріїв автоматизації, таких як автоматичне вмикання світла в

гаражі при виявленні руху, з можливістю налаштування яскравості в залежності від часу доби, та отримання сповіщень, якщо двері залишаються відчиненими протягом певного часу [30]. Ці приклади демонструють гнучкість та потужність Homebridge у створенні індивідуальних рішень для розумного дому.

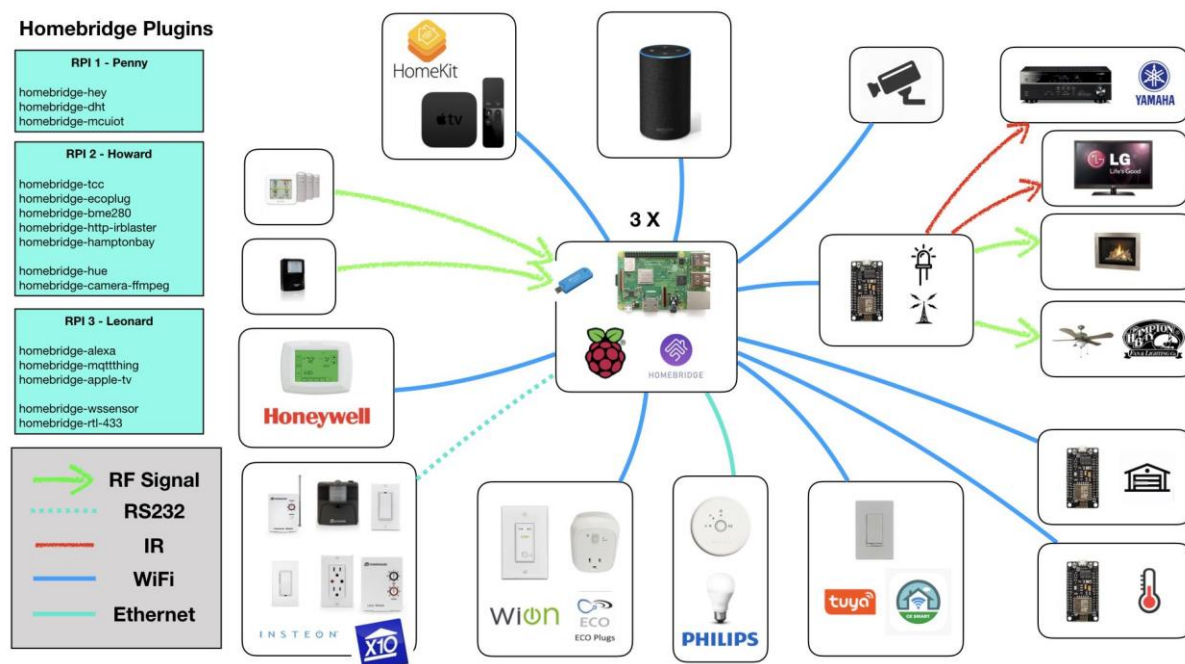


Рис. 2.2 Плагіни Homebridge

Незважаючи на всі переваги, Homebridge має і деякі обмеження. Одним з них є ліміт HomeKit на 150 аксесуарів на один міст [31]. Однак, це обмеження можна обійти, використовуючи дочірні мости або запускаючи кілька екземплярів Homebridge.

Щодо перспектив розвитку Homebridge, можна з упевненістю сказати, що він продовжить відігравати важливу роль в екосистемі розумного дому. З появою нового стандарту Matter, який об'єднує різні екосистеми, Homebridge може стати ще більш актуальним, дозволяючи інтегрувати пристрої, які не підтримують Matter напряму [12]. Це забезпечить сумісність Homebridge з широким спектром пристроїв у майбутньому. Крім того, активна спільнота розробників гарантує постійне вдосконалення та розширення функціональності Homebridge, що робить його привабливим рішенням для тих, хто бажає створити дійсно розумний та комфортний дім.

Homebridge – це не просто інструмент для інтеграції пристроїв, це ключ до створення єдиної та зручної екосистеми розумного дому, яка буде адаптуватися до потреб користувача та розвиватися разом з технологіями. Його гнучкість, простота налаштування та активна спільнота роблять його незамінним помічником у побудові сучасного та комфортного житла. [32]

Для керування Homebridge існує зручний застосунок для iOS під назвою Homemanager . Він надає інструменти адміністрування та моніторингу для Homebridge, допомагаючи підтримувати систему та плагіни в актуальному стані, перевіряти файли журналів, стан системи та редагувати файли конфігурації. Хоча Homemanager не є обов'язковим для запуску Homebridge, він дуже корисний для швидких перевірок та завдань технічного обслуговування.

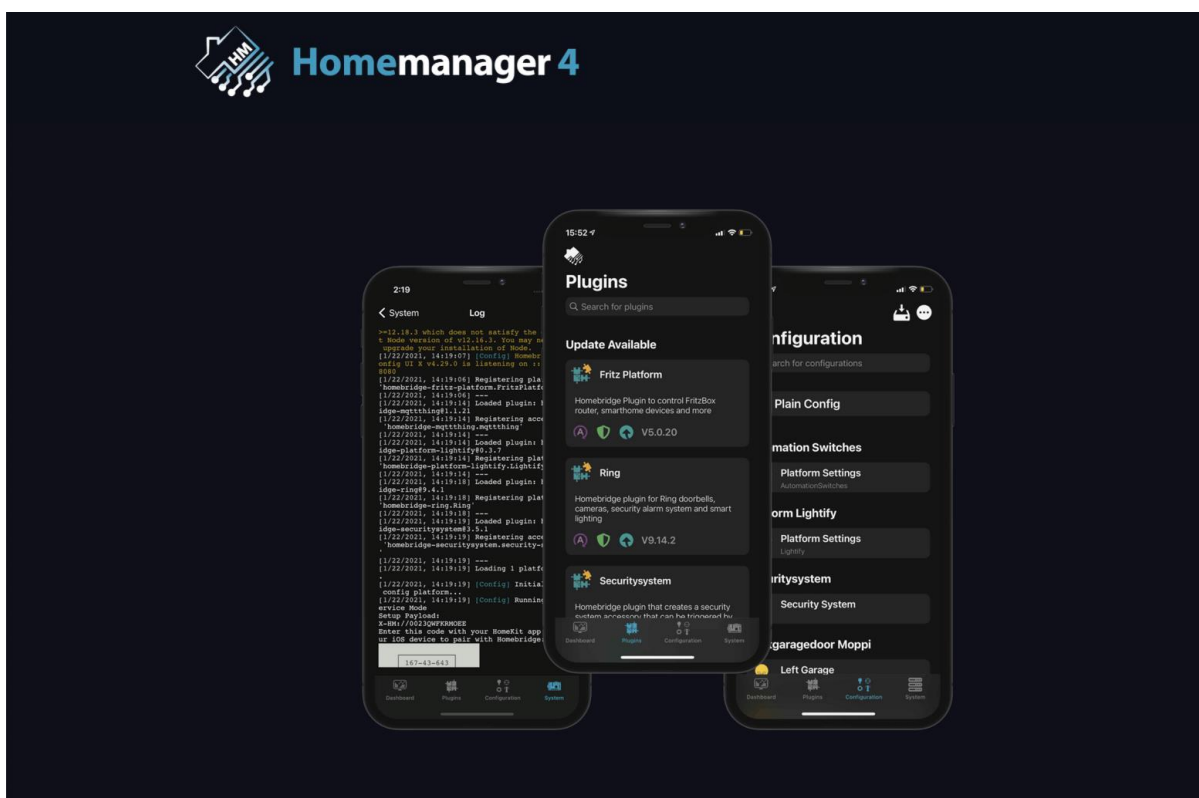


Рис.2.3. Інтерфейс програми Homemanager

Кожен виробник пристроїв у HomeBridge підтримується за допомогою плагіна. Ці плагіни розробляються сторонніми розробниками, тому якість може відрізнятися, але загалом вони працюють досить добре й забезпечують широкий спектр функцій. Щоб отримати кращий досвід і активну підтримку, можна шукати сертифіковані плагіни. [33]

Кожен плагін, який ви хочете використовувати, потрібно встановити у вашу конфігурацію HomeBridge та налаштувати в текстовому файлі config.json. Використання iOS-застосунку разом із встановленням на Raspberry Pi допомагає зробити цей процес простішим і зменшити кількість помилок.

Існують сотні пристроїв із підтримкою плагінів, і для деяких популярних брендів доступно кілька варіантів. Ось деякі з найкращих рішень:

Ring Plugin. Дуже затребуване рішення через відсутність офіційної підтримки HomeKit для пристроїв Ring. Це комплексний плагін, який підтримує весь асортимент продукції Ring і всі його функції.

Sensibo Plugin. Новіші моделі Sensibo підтримують HomeKit нативно, але передають лише необроблені дані сенсорів, ігноруючи калібрування, зроблені через сервіс Sensibo. Якщо у вас є пристрій Sensibo Sky, то нативної підтримки HomeKit у нього немає. Цей плагін вирішує обидві проблеми, додаючи пристрої в HomeKit через сервіс Sensibo. Також можна налаштувати ігнорування пристроїв, які вже мають нативну підтримку.

Tado Plugin. Tado підтримує HomeKit у всіх своїх продуктах, але якщо у вас Smart AC Control версії до v3, цей плагін надасть аналогічну функціональність. Оскільки Smart AC Control працює дещо інакше, ніж звичайний контролер кондиціонера, він використовує низку спеціальних атрибутів і не відображається як звичайний термостат. Проте за функціоналом він нічим не поступається.

Dummy Switch — це віртуальний перемикач, який можна вмикати й вимикати, хоча він фізично нічого не підключає. На перший погляд це може здатися марним, але насправді це один із найкорисніших інструментів у HomeKit. Чому? Тому що кожен такий перемикач можна налаштувати на автоматичне вимикання через певний час, що дозволяє:

зв'язувати автоматизації, запускаючи події через Dummy Switch, використовувати таймер для затримки виконання інших автоматизацій. Цей плагін допомагає вирішити багато завдань і, чесно кажучи, мав би бути вбудованою функцією HomeKit.

2.2 Hoobs

HOOPS, або “Homebridge out of the box”, — це програмне забезпечення Homebridge, представлене у зручному форматі, який готовий до використання одразу після встановлення. Воно усуває необхідність вручну налаштовувати Homebridge, пропонуючи інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і розширену функціональність. Завдяки цьому користувачі отримують доступ до широкого спектра пристроїв та інтеграцій без зайвих складнощів. [34]

Система HOOPS випускається у різних форматах, що відповідають різним потребам користувачів. Для тих, хто хоче готове рішення, існує HOOPS Box — компактний пристрій, який можна просто підключити до мережі й одразу почати використовувати. Для просунутих користувачів доступний HOOPS Pro — більш потужний варіант із підтримкою Zigbee, Thread та Matter, що дозволяє підключати розумні пристрої безпосередньо, без додаткових хабів. Також є можливість самостійного встановлення системи у вигляді HOOPS Image — образу диска, який можна запустити на Raspberry Pi або сумісному пристрої.



Рис.2.4 Зовнішній вигляд Hoobs

Незалежно від обраного варіанту, HOOBS забезпечує простоту налаштування, зручний інтерфейс, широку сумісність із пристроями, активну підтримку спільноти та постійний розвиток. Остання версія, HOOBS Pro, виводить можливості інтеграції розумного дому на новий рівень. Завдяки підтримці Matter, Zigbee та Thread, цей пристрій може стати центральним вузлом для керування всією домашньою автоматизацією, об'єднуючи різні екосистеми в єдине рішення. [35]

Окрім розширених можливостей підключення, HOOBS Pro вирізняється високою продуктивністю, швидким відгуком та стабільністю роботи. Його потужний процесор, велика оперативна пам'ять і швидке сховище гарантують ефективність навіть при роботі з великою кількістю пристроїв. Дизайн також відіграє важливу роль — компактний корпус без вентилятора забезпечує безшумну роботу, а стильний вигляд гармонійно вписується в будь-який інтер'єр.

Starling Home Hub

Сучасний ринок розумного дому пропонує користувачам безліч екосистем, кожна з яких має свої переваги та обмеження. Однак, коли справа доходить до інтеграції пристроїв з різних платформ, виникають труднощі. Одним із рішень цієї проблеми є Starling Home Hub – пристрій, який дозволяє безшовно інтегрувати екосистему Google Nest з Apple HomeKit. [36]

Starling Home Hub – це компактний пристрій, який підключається до локальної мережі користувача і виступає в ролі мосту між розумними пристроями Google Nest (такими як термостати, камери, дверні дзвінки тощо) та Apple HomeKit. Його головною перевагою є те, що він не вимагає хмарного підключення або складного налаштування – все відбувається локально через Wi-Fi або Ethernet-з'єднання.



Рис.2.5 Зовнішній вигляд Starling Home Hub

Пристрій працює через локальні API Google Nest і створює віртуальні пристрої у HomeKit, що дозволяє користувачам керувати ними через додаток Apple Home, голосові команди Siri та автоматизації HomeKit. Таким чином, користувач отримує всі переваги обох екосистем без необхідності відмовлятися від улюблених гаджетів.

1. Підтримка різних пристроїв – працює з Nest Thermostat, Nest Protect, Nest Cam, Nest Doorbell та іншими гаджетами.
2. Швидке налаштування – для роботи достатньо підключити хаб до роутера та увійти у свій Google-акаунт.
3. Локальне підключення – управління пристроями здійснюється безпосередньо, що покращує швидкість реакції та безпеку.
4. Голосове керування Siri – дозволяє використовувати Apple Home для керування Nest-пристроями через голосові команди.
5. Автоматизація – завдяки інтеграції з HomeKit можна створювати складні сценарії для розумного дому.

Однією з головних переваг Starling Home Hub є простота налаштування та надійність роботи. Пристрій дозволяє подолати обмеження, які виникають через те, що Google і Apple офіційно не підтримують взаємну інтеграцію. Також хаб працює

незалежно від сторонніх серверів, що робить його більш стабільним та безпечним рішенням.

Серед обмежень варто відзначити, що Starling Home Hub не підтримує двостороннє аудіо для Nest Cam та Doorbell через HomeKit і не інтегрується з усіма можливими функціями Google Home. Крім того, пристрій не є офіційним продуктом Google або Apple, тому в майбутньому можливі зміни в API, які можуть вплинути на його функціональність. [37]

Starling Home Hub є чудовим рішенням для тих, хто бажає використовувати Nest-пристрої у екосистемі Apple. Він забезпечує гнучкість, швидку інтеграцію та стабільну роботу, дозволяючи користувачам отримати максимум від своїх розумних гаджетів. У майбутньому, із розвитком стандартів, таких як Matter, можливо, подібні пристрої втратять актуальність, але наразі Starling Home Hub залишається одним із найкращих способів об'єднати дві конкуруючі екосистеми.

2.3. Scrypted

Scrypted — це високопродуктивна платформа для інтеграції розумного дому, яка спеціалізується на швидкому підключенні камер відеоспостереження до HomeKit, Google Home та Amazon Alexa. Її головна перевага — миттєва передача відео з мінімальною затримкою, що робить її ідеальним вибором для користувачів, які хочуть отримувати відеопотік у реальному часі. Завдяки підтримці нативного потокового формату, Scrypted уникає тривалого перекодування відео, що часто стає проблемою в інших рішеннях. У результаті трансляція з камери починається практично миттєво, що особливо важливо для систем безпеки та відеодомофонів.

Одна з основних функцій Scrypted — це можливість інтегрувати будь-яку IP-камеру, навіть якщо вона не має офіційної підтримки HomeKit або інших екосистем. Платформа працює з камерами, що використовують RTSP, WebRTC або HomeKit Secure Video, що робить її універсальним рішенням для відеоспостереження. Вона також дозволяє налаштовувати виявлення руху та звуку, розпізнавання обличчя і об'єктів, а також інтегрувати ці події в автоматизовані сценарії розумного дому.

Наприклад, можна налаштувати, щоб при виявленні руху перед дверима включалося освітлення або надсилося сповіщення на смартфон.

Scripted не обмежується лише камерами — він також підтримує інші пристрої розумного дому, такі як реле, датчики руху, освітлення та розумні замки. Завдяки цьому платформа може стати центральним хабом для розширеного керування розумним будинком. Гнучка система плагінів дозволяє додавати нові функції та інтеграції, а відкритий код та активна спільнота розробників сприяють постійному вдосконаленню програмного забезпечення. [38]

Ще однією важливою особливістю Scripted є його сумісність із різними пристроями та операційними системами. Він може працювати на Windows, macOS, Linux, а також на одноплатних комп'ютерах на кшталт Raspberry Pi або Intel NUC. Завдяки цьому користувачі можуть вибрати оптимальну платформу для свого розумного дому.

Scripted відрізняється не лише продуктивністю, а й глибокими можливостями автоматизації. Він дозволяє інтегрувати різні події між платформами, об'єднуючи пристрої з різних екосистем у єдину систему. Наприклад, можна налаштувати сценарій, у якому камера, підключена через Scripted, надсилає сигнал у HomeKit або Google Home для запуску певних дій.

Завдяки всім цим перевагам, Scripted стає одним із найкращих рішень для тих, хто хоче отримати максимальну продуктивність, швидкість та зручність в інтеграції відеоспостереження та пристроїв розумного дому.

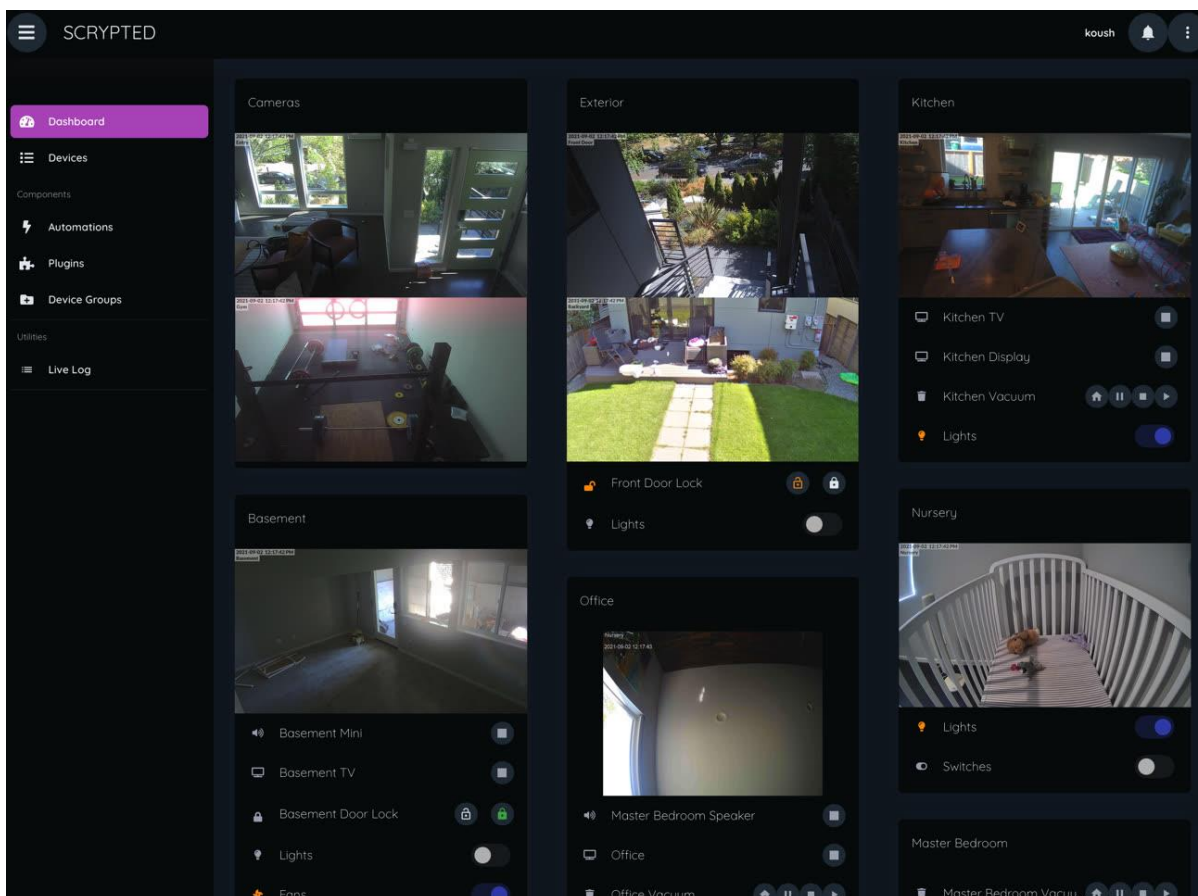


Рис.2.6 Графічний інтерфейс програми Scrypted

2.4. Інтеграція Home Assistant HomeKit Bridge та Controller

HomeKit — це платформа Apple для керування розумними пристроями, яка дозволяє контролювати техніку через програму “Дім” або голосового асистента Siri. Для дистанційного доступу до пристроїв необхідно мати хаб — Apple TV, HomePod або iPad, що працює як центр управління. Однак не всі пристрої мають вбудовану підтримку HomeKit, тому для інтеграції сторонньої техніки використовується Home Assistant, який пропонує два варіанти взаємодії: HomeKit Controller та HomeKit Bridge.

HomeKit Controller дозволяє підключати пристрої, які офіційно підтримують HomeKit. Це означає, що пристрої з позначкою “Works with HomeKit” можуть бути додані безпосередньо в Home Assistant, оминаючи додаток “Дім” від Apple. У такому разі Home Assistant працює як центр управління, що дозволяє створювати складні автоматизації, об’єднувати пристрої з інших екосистем і контролювати їх через власний інтерфейс. Наприклад, можна інтегрувати розумні лампи або розетки,

які підтримують HomeKit, і налаштувати їх так, щоб вони працювали разом з Zigbee або Z-Wave пристроями. [39]

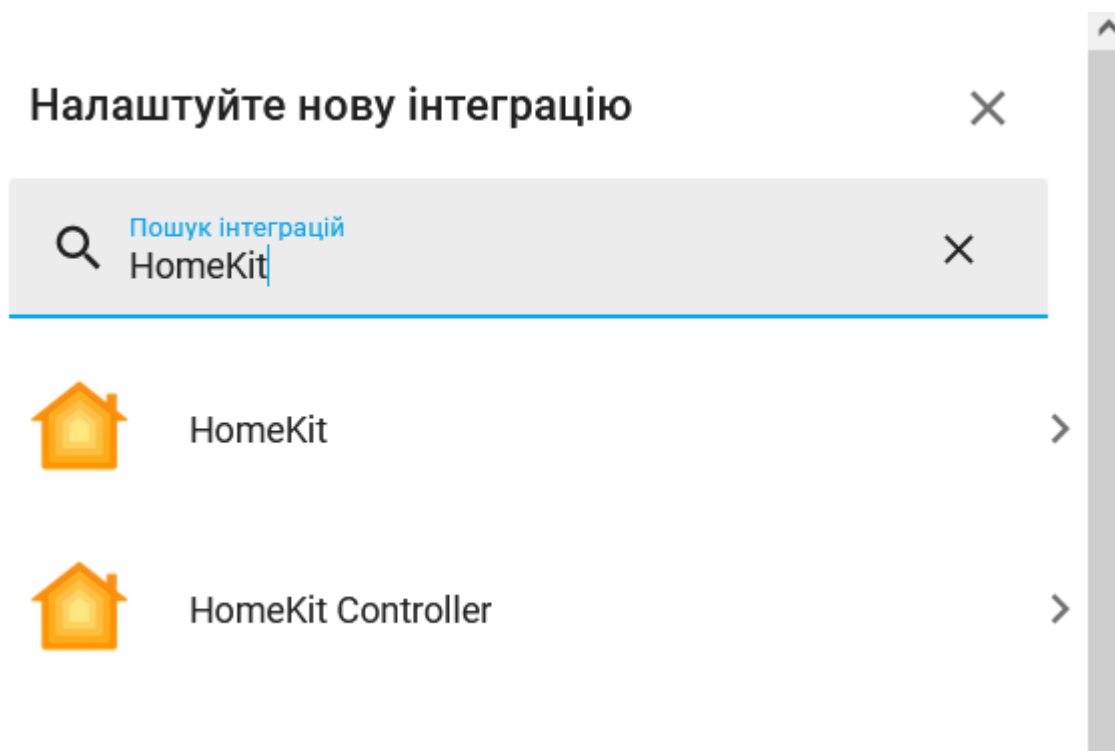


Рис.2.7 Інтеграції Home Assistant HomeKit та HomeKit Controller

HomeKit Bridge, у свою чергу, працює в протилежному напрямку. Ця інтеграція дозволяє зробити будь-які пристрої, які вже підключені до Home Assistant, доступними в HomeKit. У такому випадку Home Assistant виступає в ролі віртуального моста, що передає інформацію між системами. Це особливо корисно, якщо у вас є пристрої, які не підтримують HomeKit, наприклад, розумні вимикачі або датчики, що працюють через Zigbee або MQTT. Після налаштування мосту вони з'являються в додатку “Дім” і можуть бути керовані за допомогою Siri чи автоматизацій Apple.

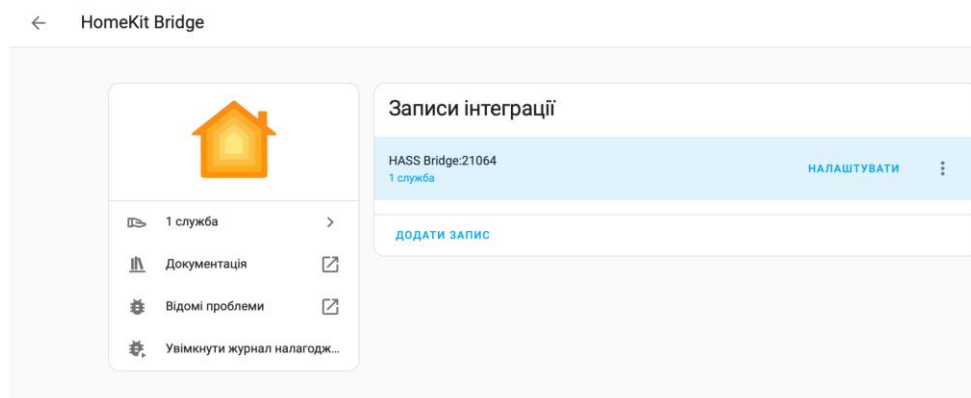


Рис.2.8 Інтерфейс інтеграції Home Assistant - HomeKit Bridge

Щоб додати пристрої Home Assistant до HomeKit через HomeKit Bridge, потрібно активувати відповідну інтеграцію, обрати, які пристрої мають бути доступними в Apple Home, і завершити налаштування через спарювання з кодом. Під час процесу можна налаштувати фільтри, які дозволяють вибрати тільки потрібні пристрої. Наприклад, можна включити лише датчики температури або освітлення, щоб уникнути перевантаження інтерфейсу.

Виберіть режим і домени. ? ×

HomeKit can be configured expose a bridge or a single accessory. In accessory mode, only a single entity can be used. Accessory mode is required for media players with the TV or RECEIVER device class to function properly. Entities in the "Domains to include" will be included to HomeKit. You will be able to select which entities to include or exclude from this list on the next screen.

HomeKit mode

☒ bridge

☐ accessory

Inclusion mode

☒ exclude

☐ include

Вибрати домени
Alarm Control Panel, Climate, Cover, Light, Remote, Switch, Vacuum, Scenes, Scri...

НАДІСЛАТИ

Рис. 2.9 Налаштування інтеграції HomeKit Bridge

Різниця між цими двома інтеграціями проста: HomeKit Controller використовується для підключення пристроїв HomeKit до Home Assistant, тоді як HomeKit Bridge потрібен, щоб зробити пристрої Home Assistant доступними в HomeKit. Таким чином, Home Assistant стає універсальним центром для керування розумним домом, дозволяючи об'єднати пристрої з різних екосистем та інтегрувати їх в зручний інтерфейс Apple Home. [40]

2.5. Протоколи та стандарти: Wi-Fi, ZigBee, Matter, Bluetooth, Thread

Сучасні технології розумного дому неможливо уявити без бездротових стандартів зв'язку, які забезпечують взаємодію між пристроями. Серед найбільш

поширених і важливих протоколів можна виділити Wi-Fi, ZigBee, Matter, Bluetooth та Thread. Кожен із них має свої особливості, які визначають їх застосування у розумних пристроях, що використовуються в побуті, а також у таких екосистемах, як Apple HomeKit.

Wi-Fi залишається основним стандартом для підключення пристроїв до Інтернету та локальних мереж. Його головною перевагою є висока пропускна здатність, що дозволяє передавати великі обсяги даних. Саме тому Wi-Fi широко використовується у відеокамерах, медіапристроях та інших системах, що вимагають швидкого з'єднання. У HomeKit цей стандарт використовується для підключення камер, термостатів, освітлення та інших пристроїв, які потребують постійного доступу до мережі та швидкої взаємодії з хмарними сервісами.

ZigBee є одним із популярних низькоенергетичних протоколів, що застосовується у розумному домі. Його основна перевага полягає у використанні технології сіткової мережі, де кожен пристрій може передавати дані далі, збільшуючи дальність зв'язку. Це дозволяє створювати масштабовані системи з високою надійністю, оскільки мережа автоматично знаходить альтернативні шляхи для передачі даних. У HomeKit ZigBee використовується в окремих пристроях через спеціальні хаби, такі як Philips Hue Bridge, що дозволяє інтегрувати розумне освітлення у HomeKit та керувати ним через додаток Home або Siri.

Matter — це сучасний стандарт для розумного дому, який спрощує інтеграцію пристроїв різних виробників і забезпечує їхню сумісність. Використовуючи Wi-Fi, Ethernet і Thread як основні транспортні протоколи, а також BLE для спрощеного додавання пристроїв у мережу, Matter створює надійну та безпечну систему для підключення розумних гаджетів.

Однією з ключових переваг є можливість одночасного підключення пристроїв до кількох екосистем. Наприклад, той самий пристрій може працювати з HomeKit, Google Home та Alexa без додаткових хабів чи містків. Це робить розумний дім більш гнучким та зручним для користувача.

HomeKit повністю підтримує Matter, що дозволяє легко інтегрувати сумісні пристрої в екосистему Apple. Завдяки цьому користувачі можуть насолоджуватися

безпечним і простим управлінням розумним домом без потреби в закритих рішеннях, обмежених лише одним виробником.

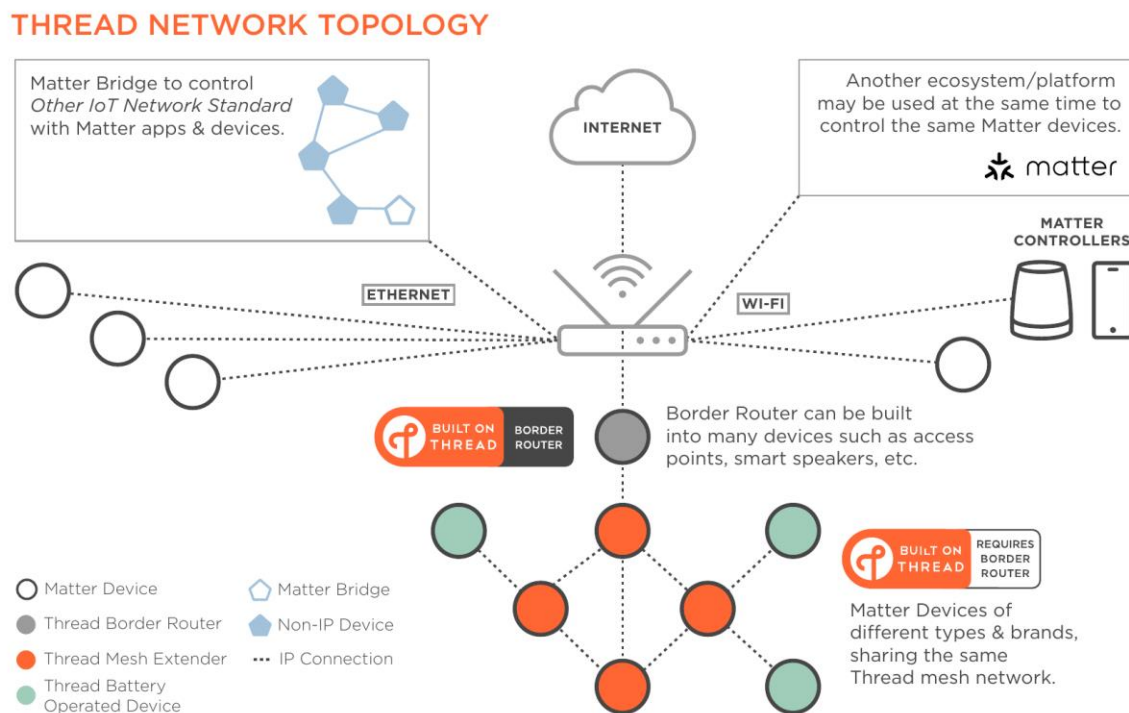


Рис. 2.10 Топологія стандарту Matter та протоколу Thread

Bluetooth давно використовується у бездротових технологіях і знайшов широке застосування у розумних пристроях. Завдяки версії Bluetooth Low Energy (BLE) цей стандарт став одним із найефективніших для автономних пристроїв, таких як трекери активності, датчики температури та дверні замки. У HomeKit Bluetooth використовується у багатьох пристроях, зокрема у розумних замках, датчиках руху та кнопках керування. Основним обмеженням є коротка дальність зв'язку, через що для роботи з HomeKit рекомендується використовувати Home Hub, наприклад, Apple TV або HomePod, які допомагають розширити радіус дії пристроїв Bluetooth.

Thread є ще одним перспективним протоколом, який розроблений спеціально для пристроїв розумного дому. Він також використовує сіткову топологію, що підвищує його надійність та стійкість до відмов окремих вузлів. Основною перевагою Thread є його сумісність із IP-протоколами, що дозволяє інтегрувати пристрої без необхідності використання проміжних шлюзів. Apple активно впроваджує Thread у свої пристрої, зокрема HomePod mini та Apple TV 4K, які

можуть виступати як Thread Border Router, що значно покращує взаємодію пристроїв у межах HomeKit та забезпечує стабільний і швидкий зв'язок.

Таким чином, різні бездротові протоколи відіграють ключову роль у розвитку розумного дому, забезпечуючи зв'язок між пристроями та їх ефективну роботу. У контексті HomeKit вони дозволяють користувачам створювати гнучкі та інтегровані екосистеми, вибираючи найкращий протокол залежно від потреб. З розвитком технологій можна очікувати подальше вдосконалення існуючих стандартів і появу нових рішень, що зроблять розумний дім ще більш ефективним та доступним.

В екосистемі HomeKit використовуються різні протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, Matter, Bluetooth та Thread. Кожен протокол має свої переваги та недоліки, і вибір протоколу залежить від конкретного пристрою та умов використання.

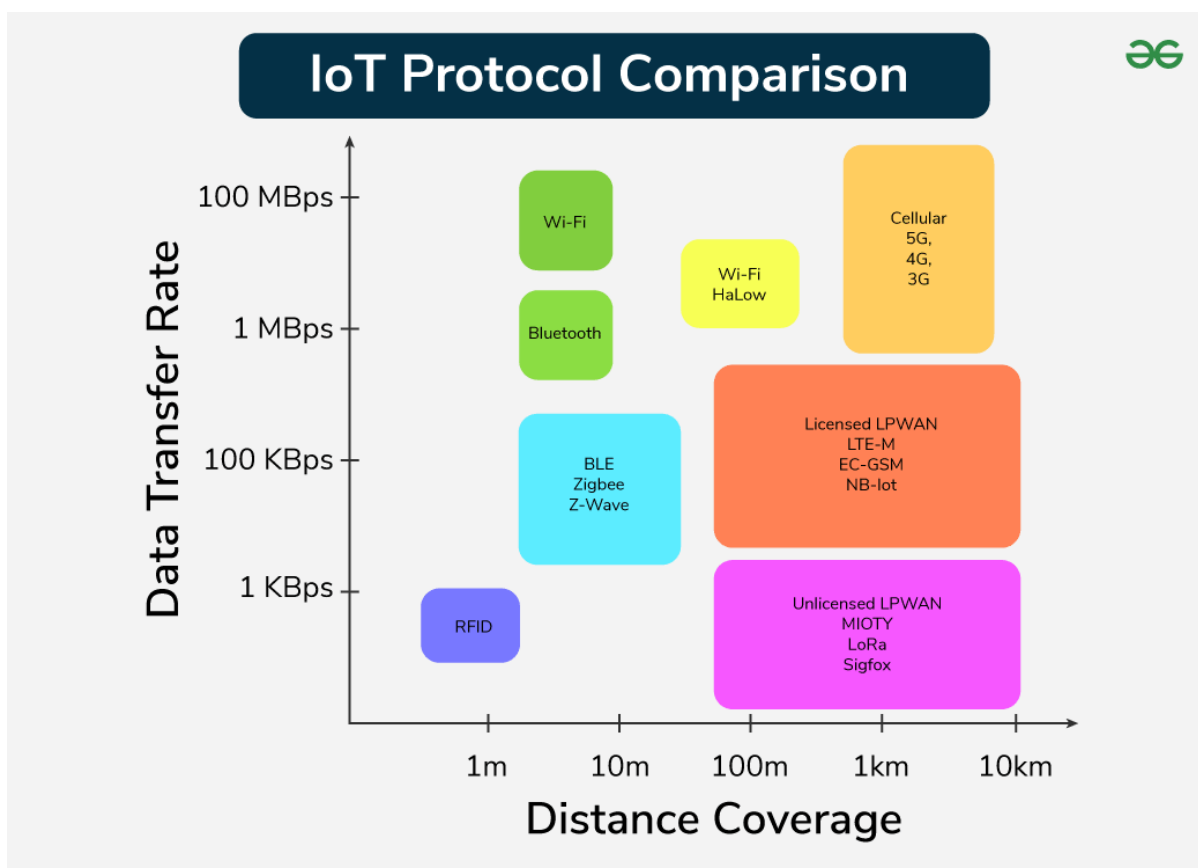


Рис. 2.11. Порівняння IoT протоколів

3 СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ НОМЕКІТ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

3.1. Вибір мікроконтролера та компонентів

При створенні пристрою HomeKit важливо правильно підібрати апаратні компоненти, щоб забезпечити стабільну і безперебійну роботу системи. Одним із ключових етапів є вибір мікроконтролера, адже саме він відповідальний за обробку даних, взаємодію із сенсорами та виконавчими елементами, а також підтримку бездротового зв'язку. Крім того, необхідно визначитися з додатковими компонентами, які виконуватимуть конкретні функції в межах розумного будинку.

Одним із найпоширеніших мікроконтролерів для розумних пристроїв є ESP32. Цей чип став популярним завдяки своїй високій продуктивності, енергоефективності та широкій підтримці комунікаційних технологій. Він має вбудовані модулі Wi-Fi і Bluetooth, що дозволяє легко інтегрувати його в мережу розумного будинку. Крім того, ESP32 оснащений двоядерним процесором Tensilica LX6, який забезпечує швидку обробку даних та можливість одночасного виконання кількох задач. Це особливо важливо, якщо пристрій має працювати з великою кількістю датчиків або підтримувати складні алгоритми управління.

Альтернативними варіантами можуть бути мікроконтролери серії STM32 або деякі моделі Arduino, зокрема ті, що мають вбудований Wi-Fi, як-от Arduino MKR WiFi 1010. Проте вони поступаються ESP32 за співвідношенням ціни та можливостей, а також вимагають додаткових модулів для підтримки бездротового з'єднання. Це ускладнює розробку та збільшує вартість кінцевого пристрою.

Окрім вибору мікроконтролера, важливу роль відіграють додаткові компоненти, які визначають функціональність пристрою. Якщо, наприклад, система повинна здійснювати моніторинг температури та вологості в приміщенні, доцільно використовувати сенсори типу DHT22 або BME280. Ці модулі забезпечують точні вимірювання та мають простий інтерфейс підключення до мікроконтролера.

Для організації автоматичного керування освітленням або охоронними системами можуть використовуватися датчики руху. Найбільш популярним рішенням є PIR-сенсори (наприклад, HC-SR501), які реагують на зміну

інфрачервоного випромінювання та здатні фіксувати присутність людини в кімнаті. Такі сенсори можна інтегрувати з HomeKit для активації сценаріїв, наприклад, автоматичного вмикання світла при вході до приміщення.

Якщо пристрій повинен контролювати стан дверей або вікон, доцільно використовувати магнітоконтатні сенсори. Вони складаються з двох частин: одна кріпиться на рухомій поверхні (наприклад, на дверях), а друга – на нерухомій основі (наприклад, на дверній рамі). Коли двері закриті, контакт залишається замкнутим, а при відкритті він розмикається, що дає можливість передавати сигнал про зміну стану в HomeKit.

Для керування електричними приладами часто використовують реле. Найбільш поширеними є модулі реле Sonoff або твердотільні реле (SSR), які можуть працювати з високими навантаженнями та забезпечують безпечне підключення до мережі. Завдяки таким реле можна дистанційно вмикати та вимикати освітлення, нагрівачі, кондиціонери чи інші електропристрої без необхідності фізичної взаємодії.

Ще одним важливим компонентом є світлодіодні індикатори та RGB-стрічки. Наприклад, світлодіоди WS2812B можуть використовуватися не лише для підсвічування, а й для індикації різних режимів роботи пристрою. Вони дозволяють змінювати колір і яскравість, що відкриває широкі можливості для кастомізації розумного освітлення.

Не менш значущим є вибір джерела живлення. Якщо пристрій працює від стаціонарної електромережі, потрібно використовувати стабілізовані DC-DC перетворювачі, які забезпечують необхідну напругу для мікроконтролера та підключених модулів. У випадку автономних пристроїв можуть застосовуватися акумулятори або батареї, що дозволяє забезпечити безперебійну роботу навіть при відсутності електроживлення.

Таким чином, вибір мікроконтролера та компонентів визначає функціональність та ефективність роботи пристрою HomeKit. Оптимальним рішенням для більшості проєктів є використання ESP32, оскільки він має необхідну продуктивність, бездротовий зв'язок та підтримує широкий спектр периферійних

пристроїв. Решта компонентів підбирається відповідно до завдань, які має виконувати система, що дозволяє створювати гнучкі та адаптивні рішення для розумного будинку.

3.2 Tasmota Matter

Tasmota — це прошивка з відкритим кодом для пристроїв на базі мікроконтролерів ESP8266 та ESP32, яка дозволяє автоматизувати роботу розумного дому. Завдяки можливості безперешкодно працювати в локальних мережах без потреби в сторонніх хмарних сервісах, Tasmota дає користувачам повний контроль над своїми пристроями, такими як розетки, вимикачі, освітлення, сенсори та інші. [41]

Однією з важливих новинок, яку Tasmota підтримує, є протокол Matter. Цей стандарт дозволяє пристроям різних виробників взаємодіяти між собою в межах єдиного стандарту, що забезпечує сумісність і надійний зв'язок. Запущений у 2022 році, протокол Matter був інтегрований у Tasmota починаючи з версії 13.0, що зробило можливим використання пристроїв Tasmota в системах розумного дому, які підтримують Matter.

Tasmota Matter працює на всіх моделях ESP32 (C3, S2, S3), починаючи з Tasmota v13.0.0. Це дозволяє легко підключати пристрої до різних Matter-екосистем, таких як Apple Home, Amazon Alexa, Google Home, Home Assistant та інші. Проте пристрої на базі ESP8266 не підтримують Matter через обмеження пам'яті, але можна використовувати ESP32 як міст для інтеграції таких пристроїв в систему Matter.

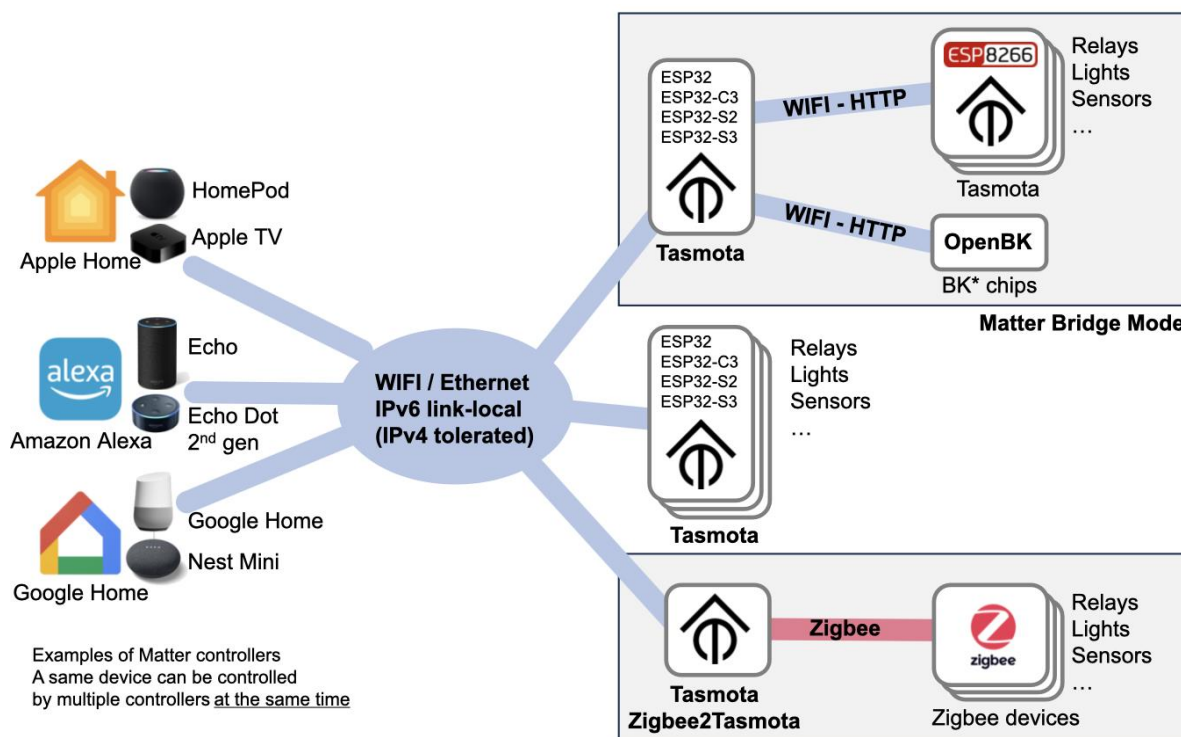


Рис.3.1 Реалізація стандарту Matter у Tasmota

До основних можливостей Tasmota Matter належить інтеграція з різними популярними платформами розумного дому:

Apple Home — підтримка Matter з платформою Apple Home потребує певних налаштувань для забезпечення коректної роботи.

Amazon Alexa — для інтеграції з Alexa необхідно дотримуватись специфічних вимог.

Espressif-Matter iOS/Mac — спеціальний додаток для налаштування та керування пристроями Tasmota через Matter на iOS та Mac.

Google Home — підтримка Google Home вимагає додаткових інструкцій для правильного налаштування.

Home Assistant — можливість інтегрувати Tasmota Matter з платформою Home Assistant для створення автоматизованих систем.

Окрім цього, в Tasmota з'явилася можливість підключати пристрої до Matter віддалено. Це означає, що будь-який існуючий пристрій Tasmota або OpenBK можна інтегрувати в систему Matter через спеціальну опцію. Це робить Tasmota ще більш універсальним рішенням для розумного дому, оскільки користувачі можуть

підключати свої пристрої до нових екосистем без необхідності оновлення апаратного забезпечення.

Крім того, з версії Tasmota 14.2.0 з'явилася можливість інтеграції з пристроями Zigbee через мостовий пристрій Zigbee2Tasmota (Z2T). Цей мостовий пристрій дозволяє підключати пристрої Zigbee до Tasmota і керувати ними через Matter. Для цього потрібно скомпілювати прошивку, оскільки підтримка цієї функції є експериментальною, але вже відкриває нові можливості для розширення функціональності пристроїв Tasmota.

Завдяки таким можливостям, Tasmota Matter забезпечує максимальну сумісність і гнучкість для інтеграції в різні системи розумного дому, створюючи зручну та надійну платформу для автоматизації.

3.3. Бібліотеки Home Accessory Architect та HomeSpan

Інтеграція саморобних пристроїв на платформі ESP32 з екосистемою Apple HomeKit є важливим кроком у створенні розумного дому. Одним із основних викликів є необхідність використання спеціальних бібліотек та інтерфейсів, які забезпечують взаємодію між пристроєм та платформою HomeKit. У цьому контексті важливу роль відіграють проекти, такі як Home Accessory Architect та HomeSpan, які дозволяють значно полегшити цей процес.

Home Accessory Architect (HAA) є розробкою, яка надає користувачам можливість створювати пристрої, що сумісні з HomeKit, використовуючи доступні мікроконтролери, зокрема ESP32. HAA базується на протоколі HomeKit Accessory Protocol (HAP), який є основою для взаємодії між Apple-пристроями та зовнішніми аксесуарами. Цей інструмент дозволяє не лише забезпечити належну взаємодію з екосистемою HomeKit, але й дає можливість персоналізувати налаштування пристрою, обираючи різні типи аксесуарів, що відповідатимуть конкретним вимогам користувача. [42]

Ще одним важливим компонентом для розробки HomeKit-пристроїв є бібліотека HomeSpan, яка також підтримує платформу ESP32. HomeSpan є зручним інструментом для розробників, оскільки вона значно спрощує процес створення

аксесуарів для HomeKit. Завдяки HomeSpan, розробники можуть працювати з готовими шаблонами, які дозволяють швидко налаштувати взаємодію між ESP32 та iPhone або iPad через HomeKit. Бібліотека підтримує не лише базові функції, такі як включення/вимикання пристроїв, а й більш складні операції, наприклад, моніторинг температури, вологості або керування іншими параметрами. Цей інструмент значно знижує складність процесу розробки, даючи можливість зосередитися на функціональності пристрою, замість того, щоб витрачати час на реалізацію низькорівневих деталей протоколу.

Обидва проєкти мають на меті забезпечити взаємодію з HomeKit без необхідності глибоких знань у програмуванні, надаючи зрозумілу документацію та прості в налаштуванні інтерфейси. HomeSpan, зокрема, дозволяє використовувати ESP32 для створення широкого спектра аксесуарів, від простих вимикачів до складних сенсорів, забезпечуючи їх сумісність з екосистемою Apple.

Процес інтеграції пристрою на ESP32 в HomeKit із використанням таких бібліотек як Home Accessory Architect або HomeSpan включає кілька етапів. Перш за все, необхідно налаштувати середовище розробки, підключити ESP32 до комп'ютера та встановити відповідні бібліотеки через Arduino IDE або інші платформи. Після цього розробник може використовувати готові шаблони для створення аксесуарів, налаштовувати їх відповідно до вимог користувача та перевіряти працездатність через додаток Home на iOS-пристрої. Особливістю таких проєктів є те, що вони дозволяють досягти безпечної і стабільної роботи пристроїв, що підтримують високі стандарти Apple щодо конфіденційності та безпеки.

Таким чином, Home Accessory Architect та HomeSpan відкривають нові можливості для розробників, які хочуть інтегрувати свої саморобні пристрої з екосистемою HomeKit, надаючи потужні інструменти для роботи з ESP32. Ці бібліотеки спрощують процес створення сумісних аксесуарів і дозволяють зосередитися на інноваційних рішеннях для розумного дому, забезпечуючи при цьому простоту налаштування та стабільну роботу в межах Apple-платформи.

3.4 Espressif ESP Zero CODE ESP RainMaker

Espressif Systems, відомий виробник мікроконтролерів, таких як ESP32 та ESP8266, пропонує ряд інструментів і рішень для розробників, що займаються створенням пристроїв для розумного дому. Одним із таких рішень є ESP Zero Code і ESP RainMaker, які забезпечують зручний інтерфейс для розробки, налаштування та управління IoT-пристроями. Ці інструменти значно спрощують процес інтеграції пристроїв на базі ESP32 в екосистему розумного дому.

ESP Zero Code є спеціалізованим інструментом, призначеним для розробників, які хочуть створювати рішення на основі ESP32 без необхідності глибокого занурення в програмування. Це своєрідний “безкодовий” підхід до розробки, який дозволяє створювати пристрої для інтернету речей без написання великої кількості коду. Інтерфейс ESP Zero Code дозволяє користувачам налаштовувати пристрої за допомогою простих графічних інструментів, що значно полегшує процес проектування та інтеграції.

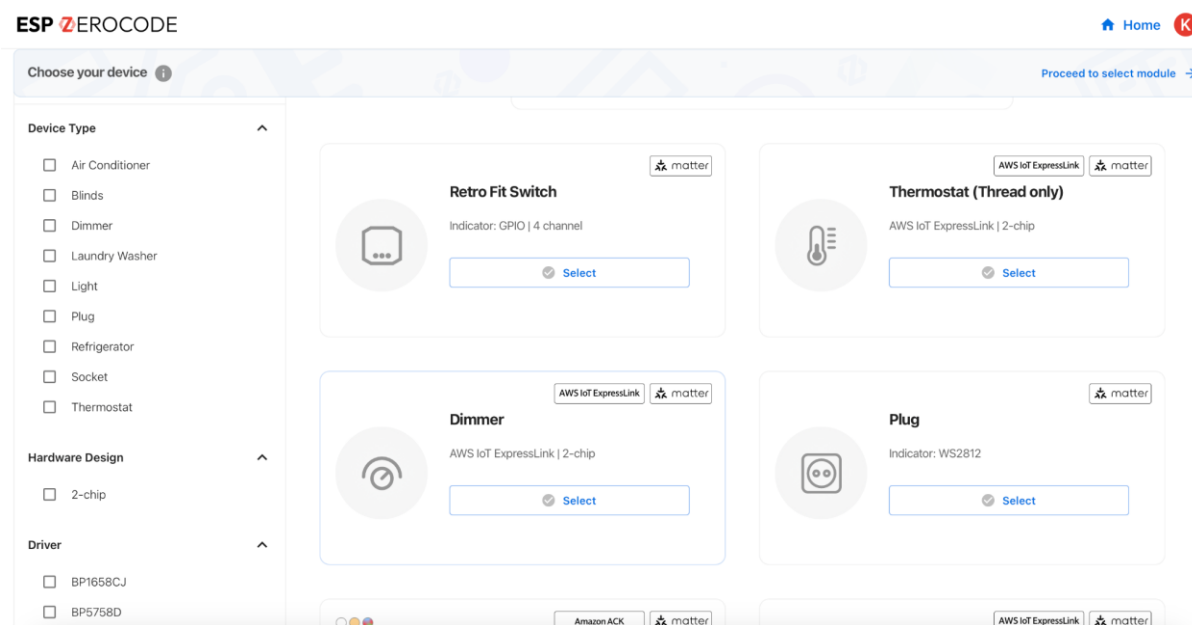


Рис.3.2 Інтерфейс ESP Zero Code

Цей інструмент спрощує процес розробки завдяки попередньо налаштованим шаблонам, які можуть бути використані для інтеграції з різними екосистемами, такими як Google Home, Amazon Alexa та Apple HomeKit. Окрім того, ESP Zero Code підтримує інтеграцію з іншими популярними технологіями IoT, що робить його універсальним і зручним для використання в різних проектах розумного дому.

ESP RainMaker — це ще одне потужне рішення від Espressif для розробки IoT-пристроїв. Воно дає змогу легко створювати, налаштовувати та керувати пристроями, використовуючи хмарний сервіс, який забезпечує зручну інтеграцію з різними платформами розумного дому. ESP RainMaker підтримує різні типи пристроїв, які можна налаштовувати через мобільний додаток, надаючи користувачам можливість контролювати їх через смартфони або інші пристрої.

Процес налаштування за допомогою ESP RainMaker досить простий, і він дозволяє автоматично підключати пристрої до хмарної платформи Espressif, яка забезпечує збереження даних і контроль пристроїв. Це рішення забезпечує легке підключення до таких платформ, як Google Assistant, Amazon Alexa, а також підтримує можливість інтеграції з іншими хмарними сервісами через API.

Один із головних аспектів ESP RainMaker — це його здатність працювати як локально, так і через хмару, що дозволяє користувачам керувати своїми пристроями навіть за відсутності інтернет-з'єднання. Це дає великий рівень гнучкості та безпеки для розумного дому.

ESP RainMaker також підтримує Matter — новий протокол для розумного дому, який дозволяє забезпечити сумісність між різними пристроями і платформами. З цією підтримкою користувачі можуть підключати свої пристрої до екосистем, що підтримують Matter, і безперешкодно взаємодіяти з іншими пристроями, незалежно від їхнього виробника.

Інтеграція з Matter у ESP RainMaker дозволяє створювати гнучкі та масштабовані рішення для автоматизації будинку. Оскільки Matter є відкритим стандартом, це дозволяє ESP RainMaker взаємодіяти з пристроями, що працюють на інших платформах, таких як Apple HomeKit, Google Home та Amazon Alexa.

ESP Zero Code і ESP RainMaker від Espressif є потужними інструментами для розробників, які шукають прості рішення для створення пристроїв для розумного дому. Вони значно спрощують процес інтеграції пристроїв на базі ESP32 в різні платформи та екосистеми, підтримуючи такі технології, як Matter, що додає додаткову сумісність і безпеку для користувачів. Завдяки цим інструментам розробники можуть створювати пристрої без необхідності в глибоких технічних

знаннях програмування, що робить їх доступними для широкого кола користувачів і дозволяє швидко інтегрувати нові рішення в існуючі системи автоматизації.

3.5 Створення розумного пристрою на базі Matter

Для створення Matter LED стрічки буду використовувати проєкт ESP ZeroCode. Для цього потрібно зареєструватись та авторизуватись на платформі. Натиснути “Create newproduct”

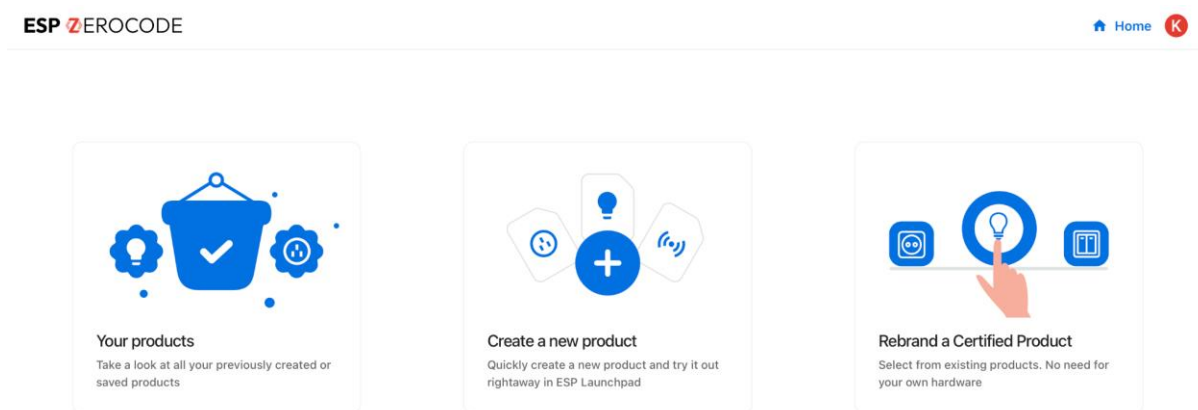


Рис.3.3 Створення проєкту ESP Zero Code

Обрати тип пристрою. ZeroCode пропонує такі пристрої: реле, термостат, розетка, лампи, кондиціонер, лед стрічку, холодильник, двигун штор, тощо.

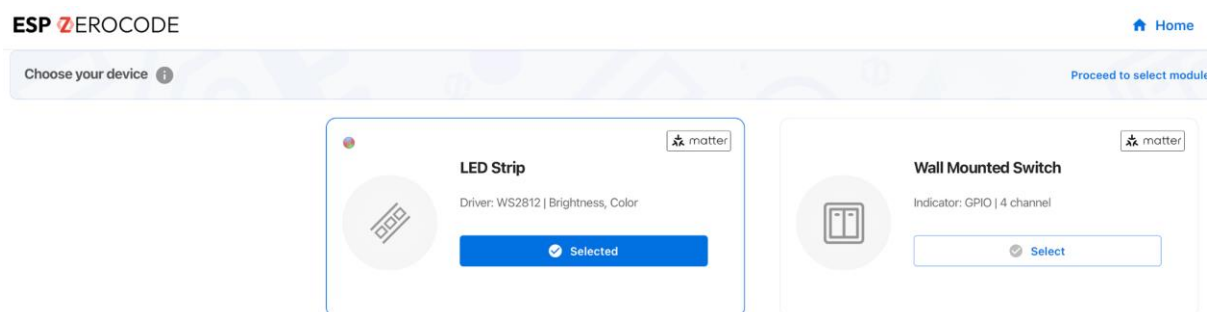


Рис.3.4 Вибір пристрою в ESP Zero Code

Для себе я обрав створення LED стрічки на основі модуля ESP32-H2-DevKit. Це відладочний модуль від Espressif, побудований на ESP32-H2, який підтримує

Thread і Bluetooth Low Energy (BLE), що робить його ідеальним для екосистеми Matter.

У цьому проєкті ESP32-H2 керує світлодіодною стрічкою WS2812 (я використовував влаштований у плату світлодіод), забезпечуючи налаштування яскравості та кольору. Завдяки підтримці Matter, пристрій легко інтегрується в екосистеми Apple Home, Google Home, Amazon Alexa та інші платформи розумного дому. [43]

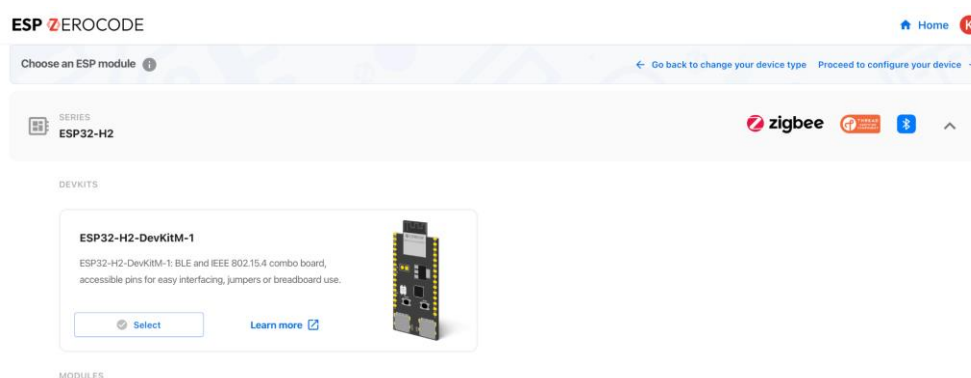


Рис. 3.5 Вибір плати розробки

До ESP32-H2 приєднано світлодіод і підключений до 8 GPIO

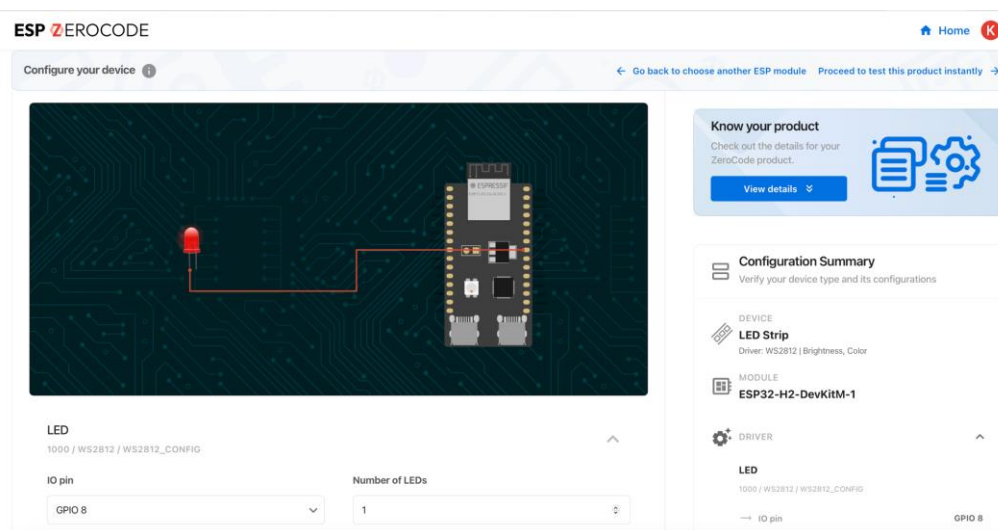


Рис. 3.6 Підключення світлодіоду до плати розробки

Після цього можна у браузері завантажити прошивку, або прошити пристрій. Для цього потрібно підключити пристрій до USB порту комп'ютера, натиснути кнопку у веб інтерфейсі та підключитись через WEB Serial.

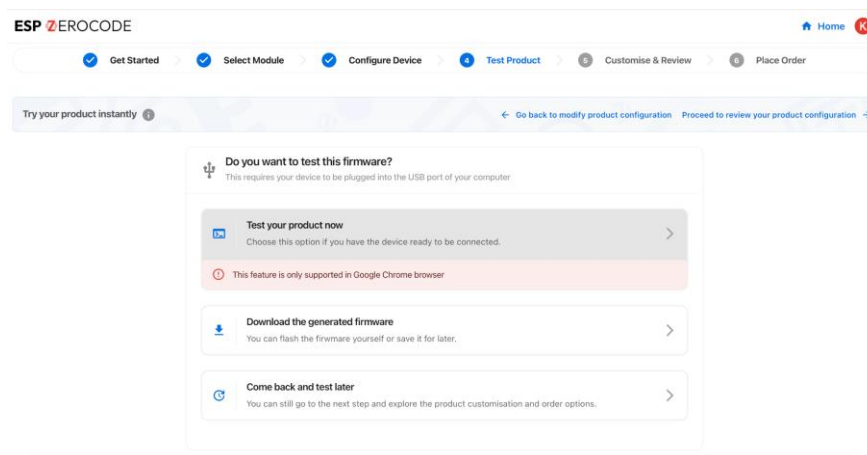


Рис. 3.7 Тестування програмного забезпечення

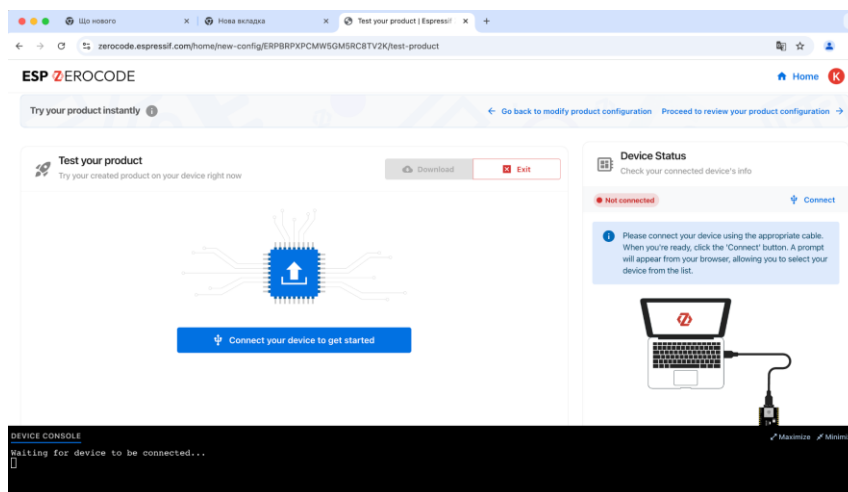


Рис.3.8 Підключення пристрою до USB

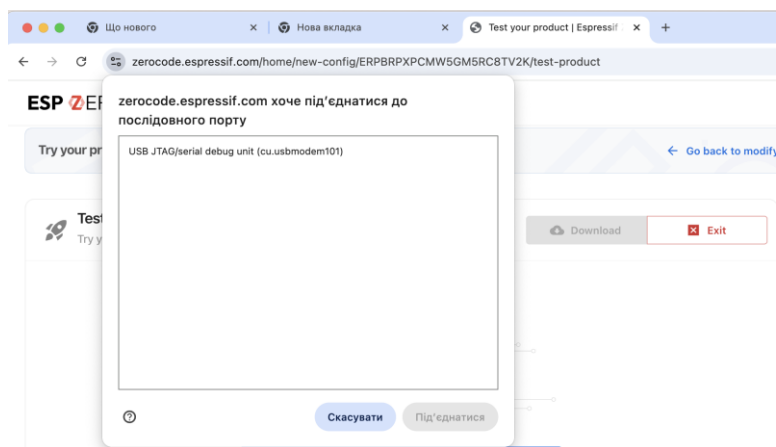


Рис.3.9 Підключення USB WEB Serial пристрою

Після цього почнеться процес компіляції та прошивки.

ESP ZEROCODE

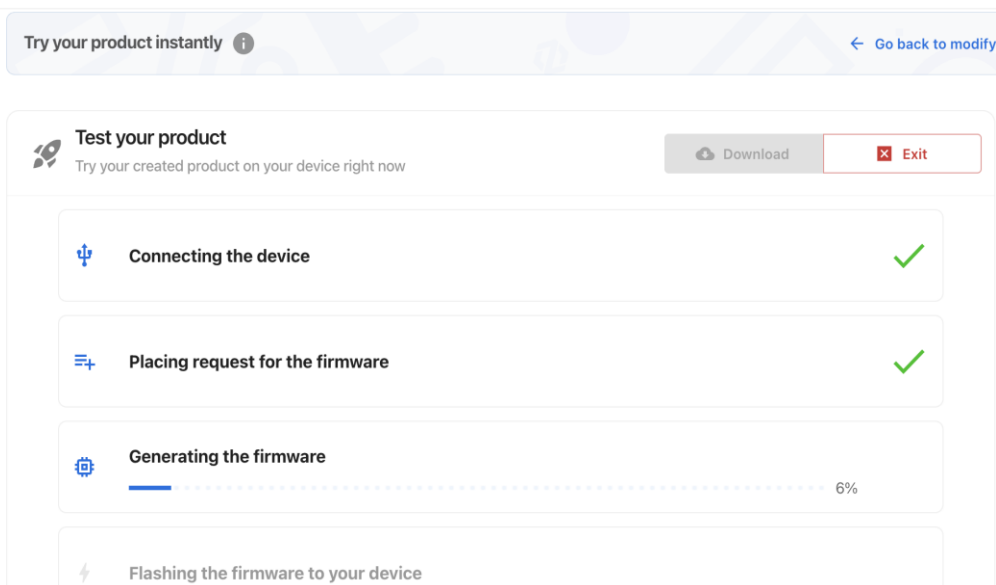


Рис.3.10 Процес прошивки пристрою

Після прошивки буде згенеровано QR код Matter, який можна додати у систему розумного будинку.

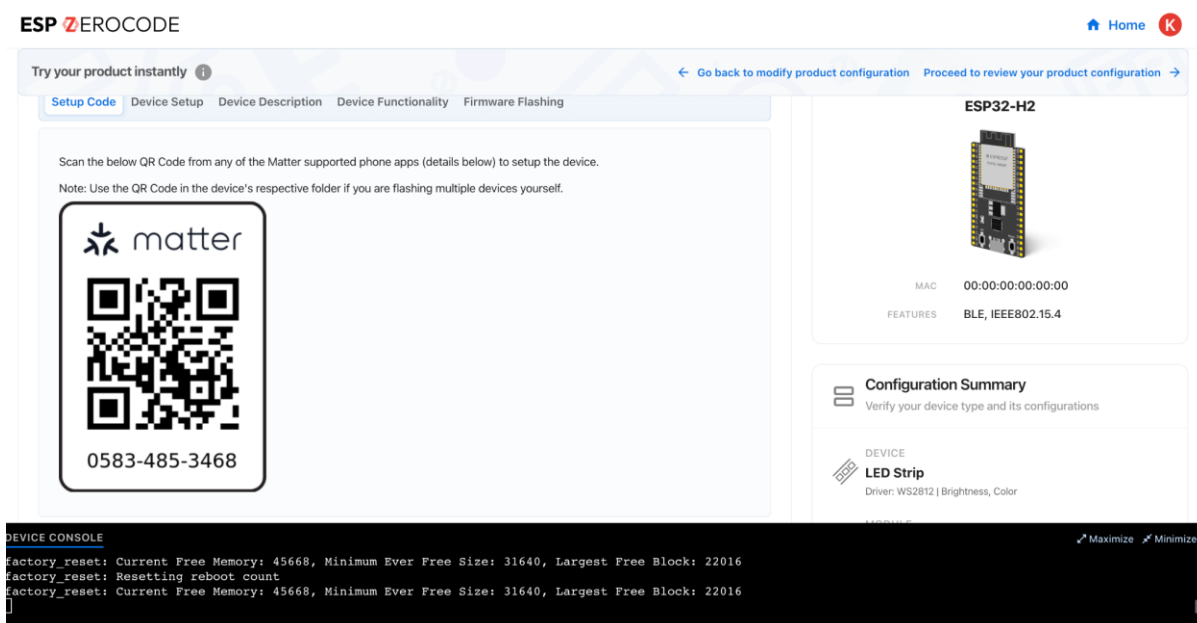


Рис. 3.11 QR код Matter пристрою

Оскільки стандарт Matter підтримує різні екосистеми, можна обрати додаткові сертифікації: Matter, Works with Alexa, Works with Apple Home, Works with Google Home, works via Matter with Home Assistant, Works with Smart Things.

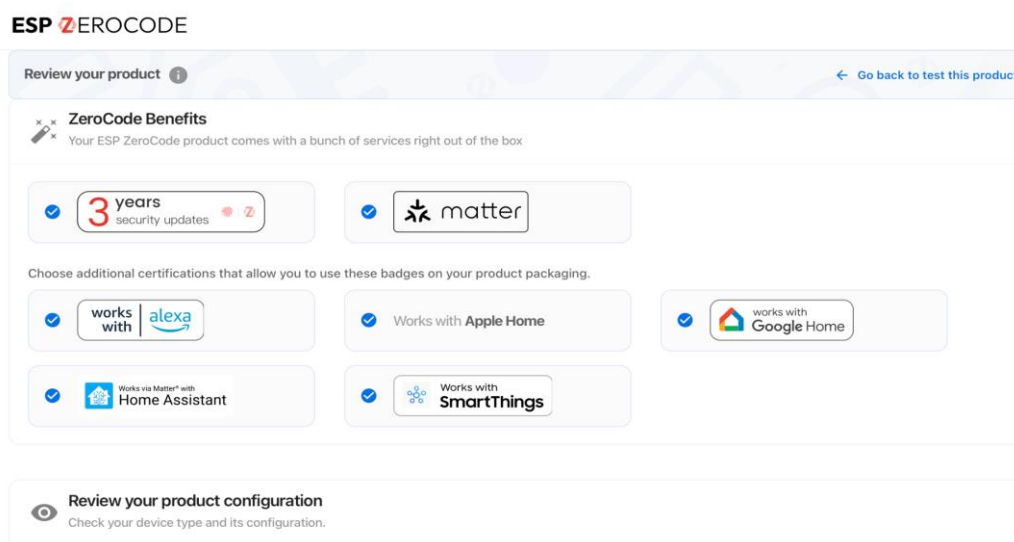


Рис. 3.12 Переваги ESP Zero Code

Після цього пристрій може бути додано до застосунку Apple Дім. Для цього потрібно натиснути на + у верхній частині програми, натиснути додати прилад.

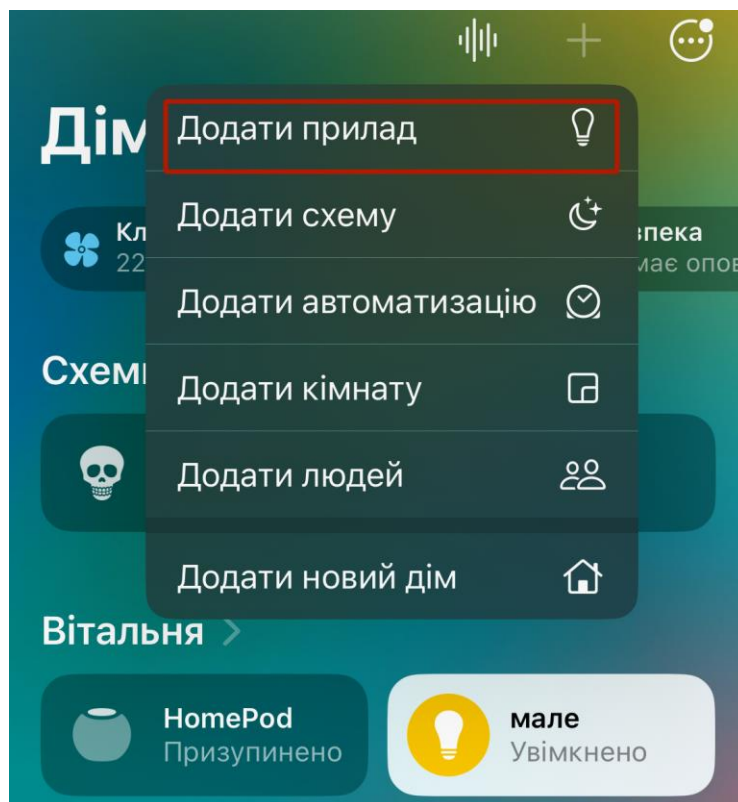


Рис. 3.13 Додавання Matter пристрою до інтерфейсу Apple Дім

Після цього потрібно відсканувати QR код. Почнеться процедура опитування пристрою та додавання у програму Дім. Оскільки цей Matter пристрій офіційно не сертифікований, з'явиться попередження про це, яке можна проігнорувати. Це не вплине на функціональність пристрою. Після цього пристрій буде додано. Також потрібно буде обрати кімнату пристрою та, за бажанням додати сценарії автоматизації

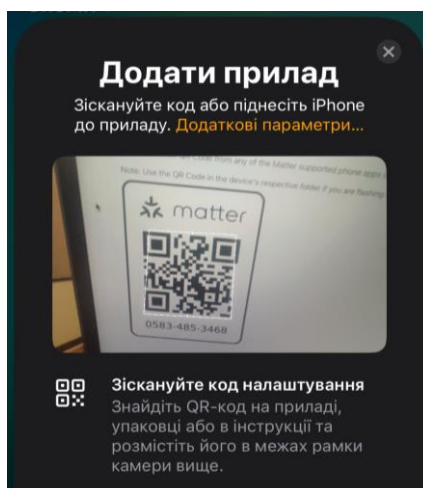


Рис. 3.14 Сканування QR коду програмою Apple Дім

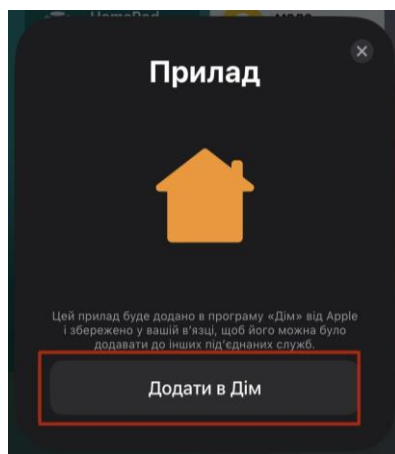


Рис. 3.15 Додавання пристрою в Apple Дім

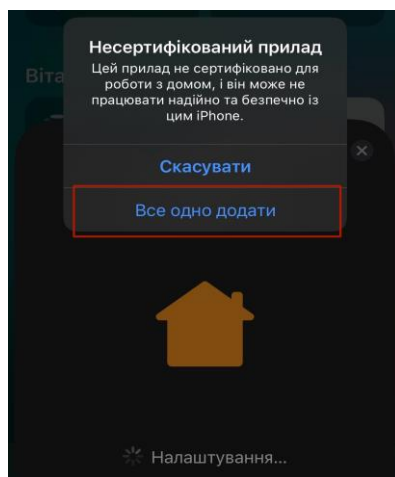


Рис. 3.16 Попередження про несертифікований пристрій

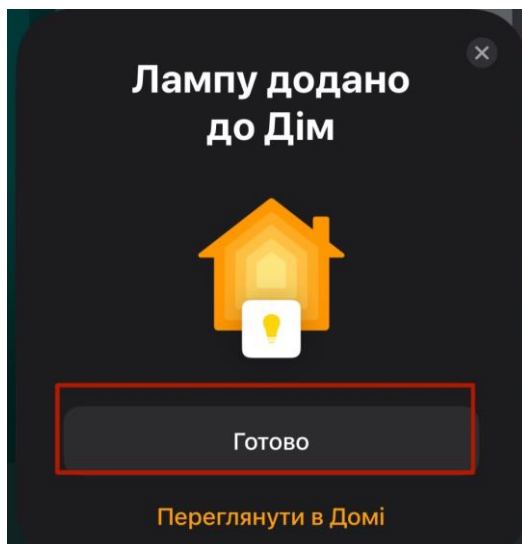


Рис. 3.17 Пристрій додано в програму Дім

Пристроєм можна керувати як будь-яким сертифікованим пристроєм. Вмикати, вимикати. Змінювати яскравість та колір.

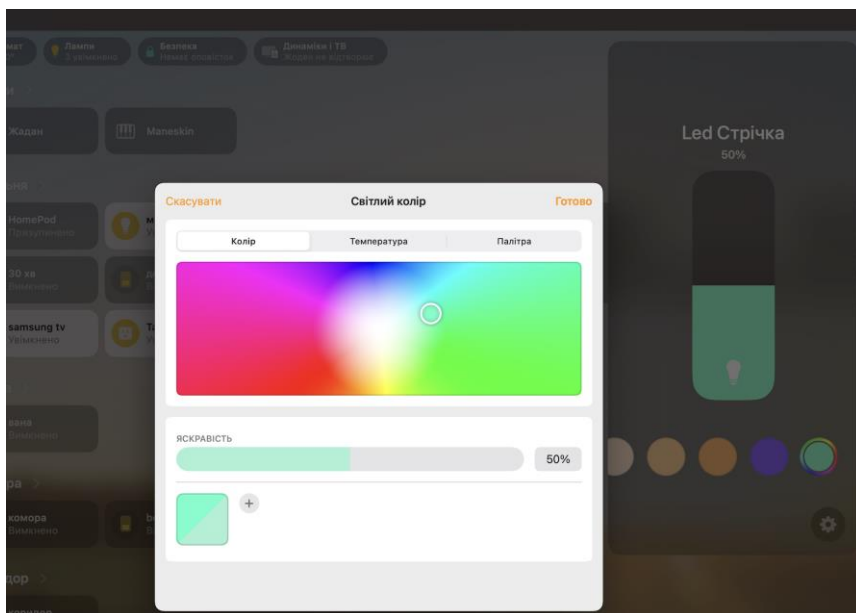


Рис. 3.18 Приклад керування Matter пристроєм через Apple Дім

ВИСНОВОК

Підсумовуючи проведені дослідження, можна з упевненістю стверджувати, що екосистема Apple HomeKit є потужним інструментом для створення розумного дому. Вона поєднує в собі зручність використання, високий рівень безпеки та широкі можливості для автоматизації. Проте, існуючі обмеження офіційної підтримки пристроїв та певна залежність від екосистеми Apple стимулюють пошук альтернативних шляхів інтеграції.

Аналіз сторонніх систем інтеграції, таких як Homebridge, Hoobs, Starling Home Hub та Scrypted, показав їхню ефективність у розширенні можливостей HomeKit. Вони дозволяють додати підтримку несертифікованих пристроїв, інтегрувати пристрої з різних екосистем та створювати складні сценарії автоматизації. Особливо важливим є розвиток стандарту Matter, який обіцяє значно спростити інтеграцію пристроїв різних виробників та зробити розумний дім більш відкритим і доступним.

Практична частина роботи, присвячена створенню власного пристрою HomeKit на основі мікроконтролера ESP32, продемонструвала можливості сторонніх інтеграцій та підтвердила ефективність використання платформ ESPHome Matter та Tasmota Matter. Створений пристрій успішно інтегрувався в екосистему HomeKit, дозволивши керувати ним через додаток "Дім" та голосового помічника Siri.

Таким чином, мета дипломної роботи була досягнута. Проведено всебічне дослідження методів та підходів інтеграції, що дозволяють розширити можливості екосистеми Apple HomeKit. Розроблено практичне застосування цих методів шляхом створення власного пристрою HomeKit на основі мікроконтролера. Отримані результати можуть бути використані для розширення функціональності існуючих систем розумного дому на базі HomeKit, а також для створення нових пристроїв та рішень, що інтегруються з екосистемою Apple.

Варто зазначити, що сфера розумного дому стрімко розвивається, з'являються нові технології та стандарти. Тому подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення нових можливостей інтеграції, аналіз ефективності різних протоколів

зв'язку та розробку більш складних сценаріїв автоматизації. Також перспективним напрямком є дослідження питань безпеки та конфіденційності в екосистемах розумного дому."

У цій роботі були розглянуті різні методи та підходи інтеграції, що дозволяють розширити можливості екосистеми HomeKit. Було показано, що HomeKit може бути використаний не тільки для керування офіційно підтримуваними пристроями, але й для створення власних розумних пристроїв на основі мікроконтролерів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Знайомство з програмою «Дім» на iPhone. Apple Support. URL: <https://support.apple.com/uk-ua/guide/iphone/iph22d98bbca/ios>(дата звернення: 17.03.2025).
- [2] Clover J. HomeKit: Everything You Need to Know. MacRumors. URL: <https://www.macrumors.com/guide/homekit/>(дата звернення: 17.03.2025).
- [3] Create scenes and automations with the Home app - Apple Support. Apple Support. URL: <https://support.apple.com/en-us/102313>(дата звернення: 17.03.2025).
- [4] Davis W. How to start a smart home using Apple Home. The Verge. URL: <https://www.theverge.com/23751656/apple-home-smart-devices-gadgets-homepod-mini>(дата звернення: 17.03.2025).
- [5] GitHub - homebridge/homebridge: HomeKit support for the impatient. GitHub. URL: <https://github.com/homebridge/homebridge>(date of access: 17.03.2025).
- [6] GitHub - mtrudel/hap: A HomeKit Accessory Protocol (HAP) Implementation for Elixir. GitHub. URL: <https://github.com/mtrudel/hap>(дата звернення: 17.03.2025).
- [7] HAP Reference. Bouke Haarsma · blog. URL: <https://boukehaarsma.nl/HAP/>(дата звернення: 17.03.2025).
- [8] Home app - Accessories. Apple. URL: <https://www.apple.com/home-app/accessories/>(дата звернення: 17.03.2025).
- [9] Homebridge. Homebridge. URL: <https://homebridge.io>(дата звернення: 17.03.2025).
- [10] HomeKit Data Model. HexDocs. URL: <https://hexdocs.pm/hap/HAP.html>(дата звернення: 17.03.2025).
- [11] How does automation work in Apple HomeKit? | tedee.com. tedee.com. URL: <https://tedee.com/how-does-automation-work-in-apple-homekit/>(дата звернення: 17.03.2025).
- [12] How to use Homebridge to make the most out of HomeKit. Android Authority. URL: <https://www.androidauthority.com/how-to-use-homebridge-3071612/>(дата звернення: 17.03.2025).

[13] Master Home Automation: Unleash HomeKit's Potential. HomeDevices. URL: <https://homedevices.app/creating-complex-homekit-automations-step-by-step/>(дата звернення: 17.03.2025).

[14] Sexton S. What is Homebridge?. Medium. URL: <https://rss3509.medium.com/what-is-homebridge-f052cda9f72a>(дата звернення: 17.03.2025).

[15] Shane Whatley. What is HomeKit? | The Basics of Building a Smart Home With Apple's HomeKit, 2021. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=d9_6p1110lo(дата звернення: 17.03.2025).

[16] Trying to set up toggle light action in HomeKit with ShortCuts. MacRumors Forums. URL: <https://forums.macrumors.com/threads/trying-to-set-up-toggle-light-action-in-homekit-with-shortcuts.2399261/>(дата звернення: 17.03.2025).

[17] Use Apple HomeKit to automate and secure your home - The Mac Security Blog. The Mac Security Blog. URL: <https://www.intego.com/mac-security-blog/use-apple-homekit-to-automate-and-secure-your-home/>(дата звернення: 17.03.2025).

[18] Use Siri Shortcuts In HomeKit Automations. LinkdHOME. URL: <https://linkdhome.com/articles/Shortcuts-in-homekit>(дата звернення: 17.03.2025).

[19] What is Apple HomeKit? Everything you need to know on Apple HomeKit. iSTYLE Apple stores in UAE | Official Premium Partner in Dubai, Abu Dhabi, Sharjah & RAK - iSTYLE Apple UAE. URL: https://istyle.ae/blog/what-is-homekit-everything-you-need-to-know-about-apple-homekit?srsId=AfmBOoq-cJ3Esj2pPp7kVYrYfvjNtfdF4KU9GO7qOno1DDUbFUs3Da_F(дата звернення: 17.03.2025).

[20] Wolber A. What Is the Apple Home App and How Do You Use It?. Lifewire. URL: <https://www.lifewire.com/apple-home-app-and-how-to-use-it-4589231>(дата звернення: 17.03.2025).

[21] Homemanager - Homebridge & HOOBS Management. Homemanager - Homebridge & HOOBS Management. URL: <https://www.homemanager-app.de>(дата звернення: 17.03.2025).

[22] Homepage. HOOBS. URL: <https://hoobs.com/?srsltid=AfmBOopcWLDJOi4aU44SJxyhVCe5wdHUqKZxWPZucGWhePsIGqbmPHmN&category=Aircondition>(дата звернення: 17.03.2025).

[23] Top 10 Uses of HOOBS for Smart Homes. Oz Smart Things Pty Ltd. URL: <https://www.ozsmarththings.com.au/blogs/news/top-10-uses-of-hoobs-for-smart-homes>(дата звернення: 17.03.2025).

[24] Різниця між протоколами: Wi-fi, ZigBee, Bluetooth, Matter TUYA SMART. Магазин розумних пристроїв Tuuya Smart Life – TUYA. URL: <https://tuuya.prom.ua/ua/cp104426-raznitsa-mezhdu-wi-fi-zigbee-bluetooth-matter.html>(дата звернення: 18.03.2025).

[25] Свєрдлюк Б. Home Assistant 101. Посібник для початківців. dou.ua. URL: <https://dou.ua/forums/topic/38947/>(дата звернення: 18.03.2025).

[26] ESP RAINMAKER | ESP RAINMAKER. ESP RAINMAKER | ESP RAINMAKER. URL: <https://rainmaker.espressif.com>(дата звернення: 18.03.2025).

[27] Espressif Zero Code. Espressif Zero Code. URL: <https://zerocode.espressif.com>(дата звернення: 18.03.2025).

[28] GitHub - HomeSpan/HomeSpan: HomeKit Library for the Arduino-ESP32. GitHub. URL: <https://github.com/HomeSpan/HomeSpan>(дата звернення: 18.03.2025).

[29] GitHub - koush/scrypted: Scrypted is a high performance video integration and automation platform. GitHub. URL: <https://github.com/koush/scrypted>(дата звернення: 18.03.2025).

[30] Guide to Wi-Fi, Zigbee, Thread, and Matter Protocols for Smart Homes. Burzmart.lv. URL: https://burzmart.lv/en/blogs/viedas-majas-celvedis/wifi-zigbee-thread-matter-celvedis?srsltid=AfmBOooNiM_EiRWYikYGccnJySJdnDJR0F7cTgV4I_EVvAYeCPMr2S3(дата звернення: 18.03.2025).

[31] Home Accessory Architect. GitHub. URL: <https://github.com/ravensystem/esp-homekit-devices/wiki/Home-Accessory-Architect>(дата звернення: 18.03.2025).

[32] Home. GitHub. URL: <https://github.com/RavenSystem/esp-homekit-devices/wiki>(дата звернення: 18.03.2025).

[33] HomeKit Device. Home Assistant. URL: https://www.home-assistant.io/integrations/homekit_controller/(дата звернення: 18.03.2025).

[34] Matter Internals - Tasmota. Redirecting to Tasmota Documentation. URL: https://tasmota.github.io/docs/Matter-Internals/#class-matterdevice-used-as-monad-matter_device(дата звернення: 18.03.2025).

[35] Matter - Tasmota. Redirecting to Tasmota Documentation. URL: <https://tasmota.github.io/docs/Matter/>(дата звернення: 18.03.2025).

[36] Scrypted. Scrypted. URL: <https://www.scrypted.app>(дата звернення: 18.03.2025).

[37] Smart Home Australia. HOME ASSISTANT & HOMEKIT INTEGRATION, 2024. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=W4vbV31zeEo>(дата звернення: 18.03.2025).

[38] Smart Home Technology Comparison - Silicon Labs. Silicon Labs. URL: <https://www.silabs.com/blog/smart-home-technology-comparison>(дата звернення: 18.03.2025).

[39] Starling Home Hub Review: Control Nest and Google Home Devices with Apple Home | MESH. MESH. URL: <https://meshsmarthome.com/starling-home-hub-review/>(дата звернення: 18.03.2025).

[40] Starling Hub | Nest HomeKit Bridge | Complete Smart Home Control. Starling. URL: <https://www.starlinghome.io>(дата звернення: 18.03.2025).

[41] Team Burgundy. Starling Home Hub | Google Nest and Apple Homekit Integration | Unbox, Setup and Review | Amazing!, 2021.

[42] YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pzYdiJueT3s>(дата звернення: 18.03.2025).

[43] Techno Tim. Meet Scrypted - Stream ANY Camera to ANY Home Hub, 2023. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=x1xsFRQYSv0>(дата звернення: 18.03.2025).

Екосистема HomeKit з інтеграцією нових "розумних пристроїв"

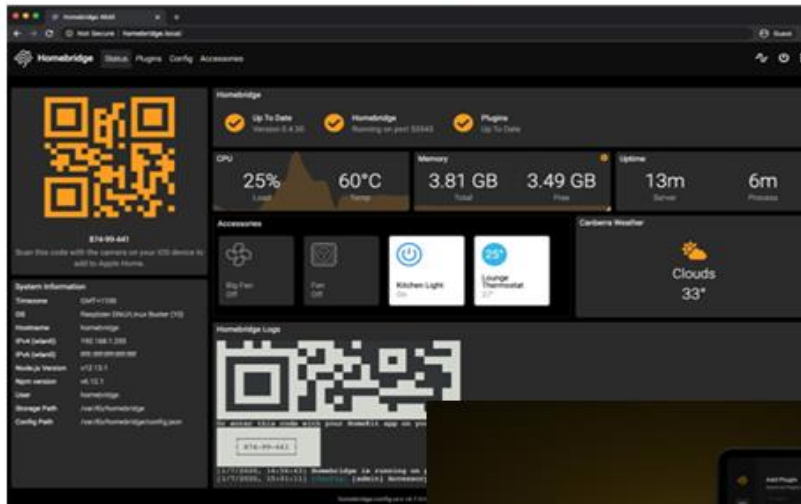
Виконав студент групи : Ткаченко Д.М. ІСД 43

Науковий керівник : Ірина Срібна

2

- **Мета дипломної роботи** полягає у всебічному дослідженні та систематизації методів та підходів інтеграції, що дозволяють розширити можливості екосистеми Apple HomeKit, а також у розробці практичного застосування цих методів шляхом створення власного пристрою HomeKit на основі мікроконтролера.
- **Актуальність HomeKit** – це зручний та безпечний варіант для екосистеми Apple . Зростанню популярності Smart Home – збільшення попиту на розумні пристрої з простим управлінням додатково є підтримка Matter – новий стандарт забезпечує сумісність різних брендів у HomeKit.

Сторонні системи інтеграції



Homebridge

HOOBS



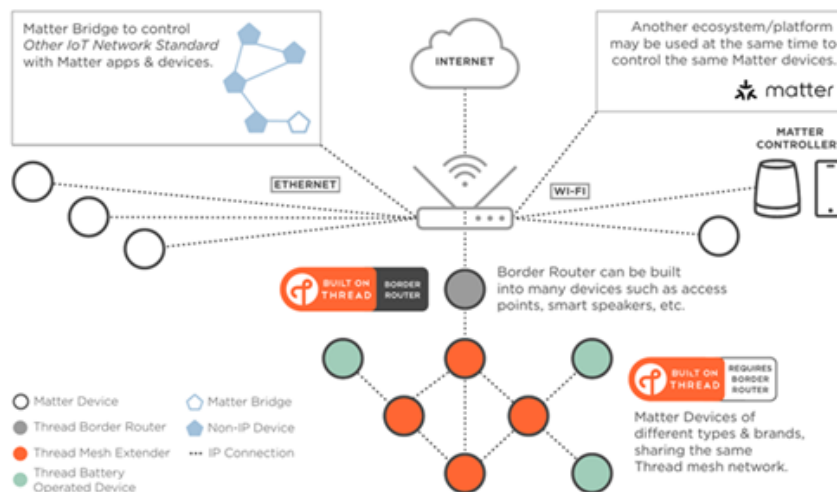
5

Протоколи зв'язку: основа взаємодії

Wi-Fi: Забезпечує високу швидкість передачі даних та великий радіус дії, але може бути енергозатратним для пристроїв з батарейним живленням.

Bluetooth Low Energy (BLE): Ідеально підходить для пристроїв з низьким енергоспоживанням (датчики, замки), але має обмежений радіус дії.

THREAD NETWORK TOPOLOGY



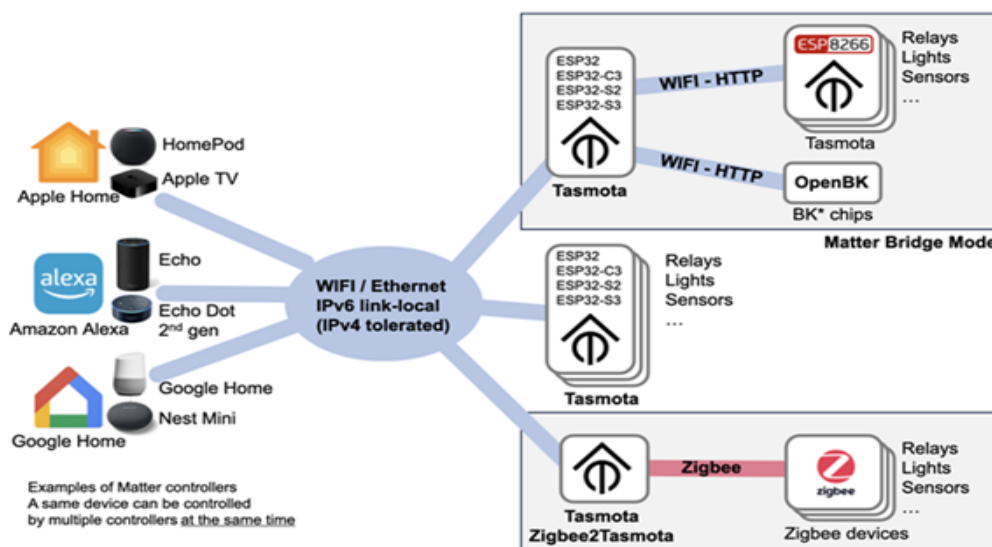
- **Thread:** розроблений спеціально для розумного дому. Він створює надійну mesh-мережу (де пристрої можуть ретранслювати сигнали один одного, розширюючи покриття) з низьким енергоспоживанням.

Matter: Це не стільки протокол зв'язку, скільки стандарт (або мова) взаємодії для пристроїв розумного дому, розроблений спільно Apple, Google, Amazon та іншими гігантами індустрії. Matter працює поверх існуючих IP-технологій, таких як Thread та Wi-Fi

6

Створення власних пристроїв HomeKit

- Я перейшов до аналізу платформ для створення власних пристроїв HomeKit на основі мікроконтролерів, зокрема популярного **ESP32** (доступний та потужний мікроконтролер з вбудованим Wi-Fi та Bluetooth). Було проведено порівняльний аналіз таких прошивок:
- **ESPHome** (з підтримкою Matter)
- **Tasmota** (з підтримкою Matter)



7

- Також дослідив інструменти розробки:
- **Home Accessory Architect (HAA)**: Інструмент, що спрощує створення JSON-конфігурацій для аксесуарів HomeKit
- **HomeSpan**: Бібліотека для платформи Arduino (що підтримує ESP32), яка надає зручний API (набір функцій та процедур) для реалізації протоколу HAP, дозволяючи програмувати логіку аксесуара безпосередньо.
- Рішення від **Espressif**:
 - **ESP RainMaker**: Хмарна платформа та SDK, що спрощує розробку, розгортання та керування IoT-пристроями на базі ESP32, включаючи інтеграцію з голосовими асистентами та мобільними додатками.
 - **ESP Zero Code**: Ініціатива, спрямована на створення готових рішень та прошивок для ESP32, що дозволяють швидко запустити пристрій з підтримкою Matter без необхідності глибокого програмування.

ESP ZERO CODE

Home

Choose your device ⓘ

Proceed to select module

LED Strip

Driver: WS2812 | Brightness, Color

Selected

Wall Mounted Switch

Indicator: GPIO | 4 channel

Select

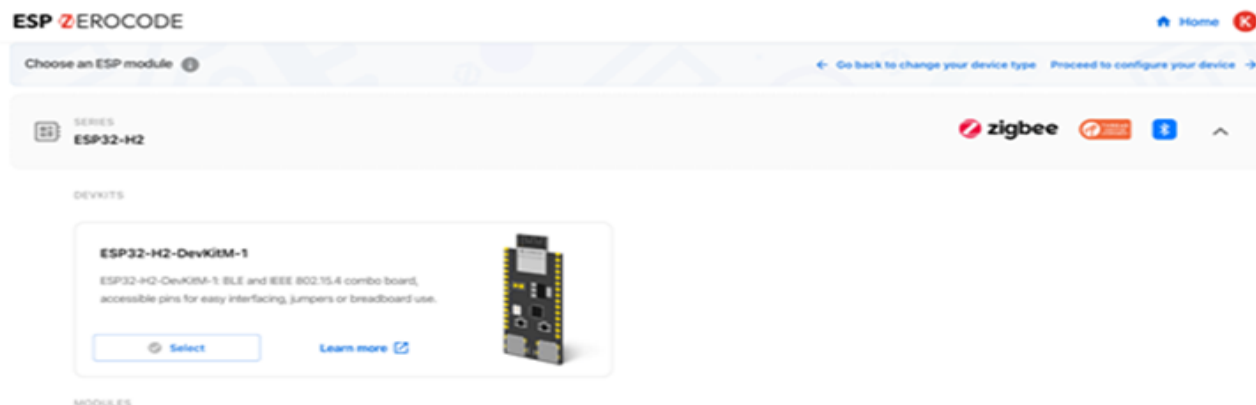
8

Практична реалізація LED стрічка

- Я обрав створення **розумної світлодіодної стрічки на базі модуля ESP32-H2-DevKit**, використовуючи платформу **ESP ZEROCODE**. Вибір ESP32-H2 був зумовлений його **нативною підтримкою протоколів Thread та Bluetooth Low Energy**.

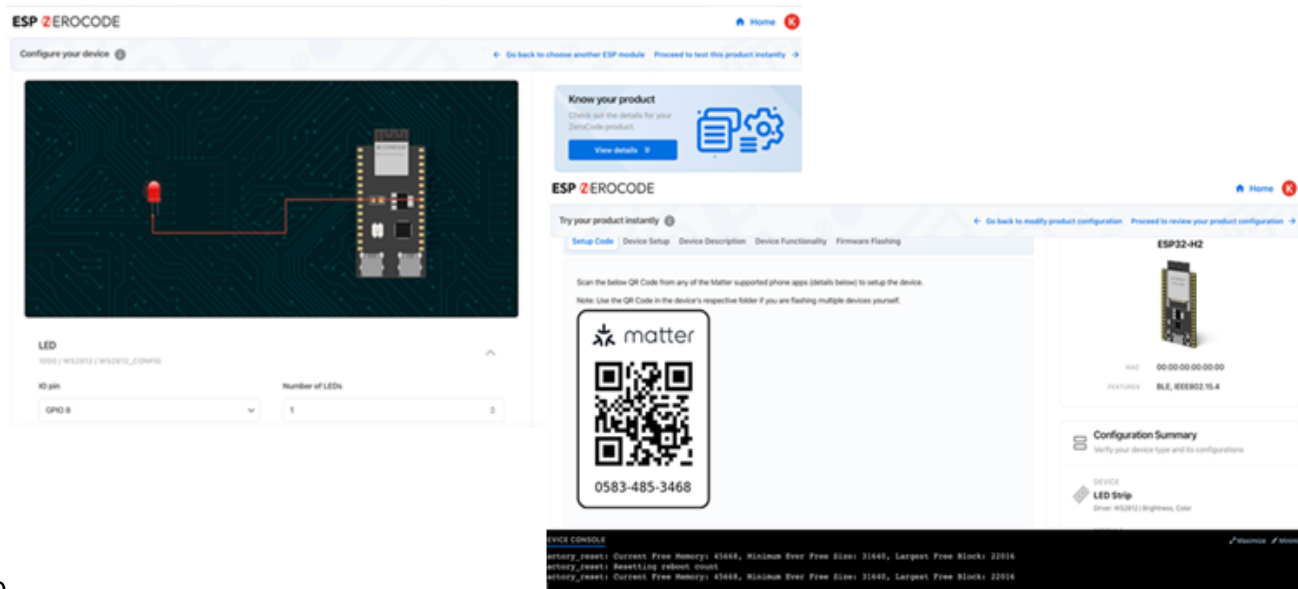
Процес створення :

- Реєстрація та налаштування на платформі ESP ZEROCODE:** Створення облікового запису та нового продукту.



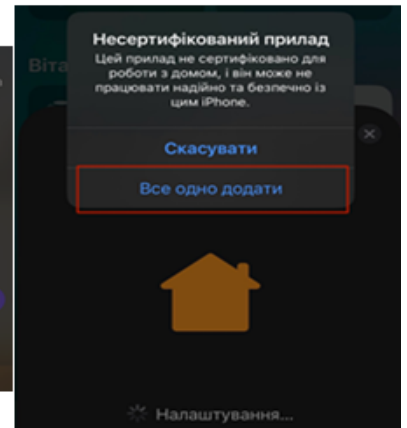
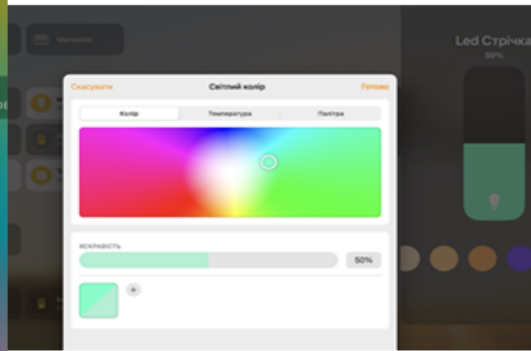
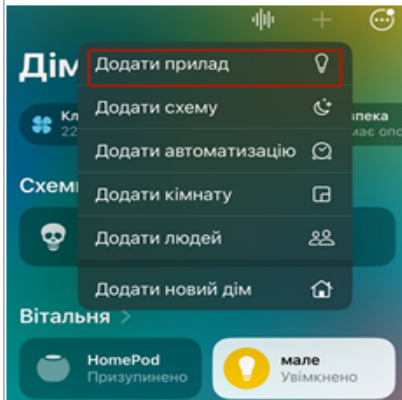
9

- Вибір типу пристрою:** З доступних варіантів (реле, термостат, лампа тощо) було обрано "LED стрічка".
- Конфігурація апаратної частини:** Призначення виводу мікроконтролера (GPIO) для керування світлодіодом. Для спрощення та демонстрації я використав один RGB світлодіод, вбудований безпосередньо у відлагоджувальну плату.
- Генерація та прошивка мікроконтролера:** Платформа ESP ZEROCODE дозволила згенерувати необхідну прошивку та завантажити її на мікроконтролер безпосередньо через веб-інтерфейс (використовуючи Web Serial API).
- Інтеграція з Apple HomeKit:** Після успішної прошивки було згенеровано QR-код



10

- Matter. Сканування цього коду за допомогою програми "Дім" на iPhone дозволило легко додати створений пристрій до екосистеми HomeKit.
- Незважаючи на те, що пристрій не проходив офіційну сертифікацію Apple (про що система видала попередження, яке можна безпечно проігнорувати для тестових пристроїв), він повноцінно функціонував. Я міг керувати яскравістю та кольором світлодіода через програму "Дім" та за допомогою голосових команд Siri.
- Цей експеримент наочно продемонстрував, що навіть без глибоких навичок програмування, використовуючи сучасні інструменти, такі як ESP ZeroCode, та доступні мікроконтролери, можна успішно створювати власні пристрої, сумісні з Apple HomeKit через стандарт Matter.



11

Висновки та перспективи

- На завершення хочу сказати, що екосистема Apple HomeKit, незважаючи на певні обмеження, має величезний потенціал. Цей потенціал значно розширюється завдяки стороннім рішенням для інтеграції та, особливо, завдяки розвитку нових відкритих стандартів, таких як Matter. Можливість інтегрувати несертифіковані пристрої та створювати власні унікальні рішення на базі доступних мікроконтролерів відкриває нові горизонти для розробників.

Подальші дослідження у цій галузі можуть бути спрямовані на:

- Вивчення більш складних сценаріїв автоматизації з використанням кастомних пристроїв.
- Глибший аналіз аспектів безпеки при використанні сторонніх інтеграцій та саморобних пристроїв.
- Розробку нових типів кастомних аксесуарів для HomeKit

Дякую за увагу!