

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень


Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок  
на базі Arduino Cloud  
Назва теми


КвРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-21-2  Максим АЛЕКСЕЄВ  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  Юрій ВОЙЧУР  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  Тетяна КИСІЛЬ  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

 Ольга ПАВЛОВА  
Підпис Ініціали, прізвище

«2» червня 2025 р.

Хмельницький, 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Максиму АЛЕКСЄЄВУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

Керівник проекту (роботи) Юрій ВОЙЧУР, ДФ

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

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

Аналіз відомих засобів керування освітленням у розумному будинку

Вибір засобів реалізації та проєктування програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі розумний будинок на базі Arduino Cloud

Реалізація програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі розумний будинок на базі Arduino Cloud

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

Структура програмно-апаратного засобу

Схема електрична принципова

Креслення панелі керування освітленням у Arduino Cloud та схема для моделювання роботи програмно-апаратного засобу у серезовищі Wokwi

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2025	виконан
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконан
3	Робота над розділом 1 – Аналіз відомих засобів керування освітленням	01.03.2025	виконан
4	Робота над розділом 2 – Вибір засобів реалізації та проєктування програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі розумний будинок на базі arduino cloud	01.04.2025	виконан
5	Робота над розділом 3 – Реалізація програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі розумний будинок на базі Arduino Cloud	30.04.2025	виконан
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.05.2025	виконан
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконан
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Керівник роботи

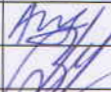
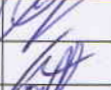


Підпис

Підпис

Максим АЛЕКСЕЄВ  
Ініціали, прізвище

Юрій ВОЙЧУР  
Ініціали, прізвище

№	ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КВРКІ. 211118.56.02.01ПЗ	Пояснювальна записка	60		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КВРКІ. 210230.21.02.56Е8	Структура програмно-апаратного засобу	1		
3		КВРКІ210230.21.02.56Е2	Схема електрична принципова	1		
4		КВРКІ. 210230.21.02.56Е8	Креслення панелі керування освітлення у Arduino Cloud та схема для моделювання роботи програмно-апаратного засобу у серезовищі Wokwi	1		

					КВРКІ. 210230.21.02.56ПЗ					
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Відомість проекту			Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Алексєєв М.І.						У	1	1
Перевір.		Войчур Ю.О.						ХНУ, КІ2-21-2		
Н. контр.		Кисіль Т.М.								
Затв.		Павлова О.О.		2.06.2025						

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud».

Автор роботи: *Максим АЛЕКСЄВ.*

Керівник роботи: *Войчур Юрій Олексійович.*

Пояснювальна записка: *60 с., 31 рис., 2 табл., 3 дод., 58 джерел.*

Графічна частина: *3 креслення.*

КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, ARDUINO CLOUD, РОЗУМНИЙ БУДИНОК.

Мета кваліфікаційної роботи: проектування та створення прототипу програмно-апаратного засобу керування освітленням у Розумному будинку на основі Arduino Cloud.

Актуальність теми підкреслюється необхідністю розробки доступних рішень для розумних будинків, які є простими у впровадженні та використанні, а також мають високу гнучкість у налаштуванні. Вибір Arduino Cloud як основної платформи зумовлений її зручністю для розробників, широким функціоналом і можливістю інтеграції з різноманітними пристроями та датчиками.

Тема також відповідає глобальним трендам сталого розвитку, адже дозволяє реалізовувати енергозберігаючі технології у житлових приміщеннях, що сприяє зменшенню впливу людської діяльності на довкілля. У сучасних умовах, коли автоматизація та екологічність набувають все більшого значення, дослідження та розробка подібних програмно-апаратних засобів є надзвичайно актуальними.





Підпис студента



Дата

## ЗМІСТ

<b>СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ .....</b>	<b>4</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ .....</b>	<b>7</b>
1.1 Концепція та функціонування системи Розумного будинку.....	7
1.2 Огляд відомих програмно-апаратних засобів керування освітленням .....	12
1.3 Огляд хмарних платформ для керування освітленням .....	19
1.4 Висновки. Постановка задачі .....	20
<b>2 ВИБІР ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ РОЗУМНИЙ БУДИНОК НА БАЗІ ARDUINO CLOUD.....</b>	<b>22</b>
2.1 Визначення вимог до програмно-апаратного засобу керування освітленням .....	22
2.2 Структура програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud .....	24
2.3 Аналіз апаратних рішень.....	27
2.4 Аналіз програмних рішень.....	34
2.5 Висновки .....	37
<b>3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ РОЗУМНИЙ БУДИНОК НА БАЗІ ARDUINO CLOUD.....</b>	<b>38</b>
3.1 Схема електрична принципова .....	38
3.2 Програмна реалізація проєктованого програмно-апаратного засобу.....	40
3.2.1 Налаштування та розгортання платформи Arduino Cloud.....	41
3.2.2 Програмна реалізація функцій керування на мікроконтролері ESP32.....	49

КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Алексеев М.І.		
Перевір.		Войчур Ю.О.		
Н.контр.		Кисіль Т.М.		
Затвер.		Павлова О.О.		2023
Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud			Літера	Аркуш
			2	60
ХНУ, КІ2-21-2				

3.3. Моделювання роботи програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud .....	53
3.4 Оцінка вартості проєкту .....	55
3.5 Висновки .....	58
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	59
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</b> .....	61
<b>ДОДАТОК А</b> Копія креслення «Структура програмно-апаратного засобу».....	63
<b>ДОДАТОК Б</b> Копія креслення «Панель керування освітлення у Arduino Cloud та схема для моделювання роботи програмно-апаратного засобу у середовищі Wokwi» .....	64
<b>ДОДАТОК В</b> Копія креслення «Схема електрична принципова» .....	65

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КО – керування освітленням

КС – Комп'ютерна система

ПЗ – Програмне забезпечення

ШІ – штучний інтелект

АС – Arduino Cloud

CoAP – Constrained Application Protocol

IoT – Internet of Things

GPIO – General purpose input output

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасні системи Розумного будинку дозволяють автоматизувати управління побутовими пристроями, інтегруючи їх у єдину екосистему, яка працює на основі технологій Інтернету речей (IoT). Це забезпечує не лише підвищення рівня комфорту, а й оптимізацію багатьох аспектів повсякденного життя, зокрема споживання енергії. Завдяки використанню таких систем користувачі отримують можливість управляти всіма домашніми пристроями через смартфон, комп'ютер або голосові асистенти, навіть перебуваючи далеко від дому. Це створює зручність у повсякденному житті та сприяє економії часу.

Освітлення є одним із ключових компонентів у системі Розумного будинку, оскільки воно безпосередньо впливає на комфорт, естетику та функціональність житлового простору. Завдяки автоматизації освітлення можливо реалізувати сценарії, які адаптуються до потреб користувача, наприклад, автоматичне ввімкнення світла при вході до кімнати, плавне регулювання яскравості залежно від часу доби чи рівня природного освітлення, а також налаштування режимів освітлення для різних видів діяльності, таких як читання, робота чи відпочинок. Крім того, правильне управління освітленням відіграє важливу роль у зменшенні споживання електроенергії, що є не лише фінансово вигідним, але й екологічно важливим. Завдяки впровадженню таких технологій, як датчики руху, освітлення вмикається лише тоді, коли це потрібно, а налаштування розкладів дозволяє уникати зайвого споживання енергії у нічний час або під час відсутності мешканців. Усе це сприяє оптимізації витрат на електроенергію та зменшує вплив людини на довкілля.

Використання платформи Arduino Cloud у поєднанні з мікроконтролером ESP32 забезпечує віддалене керування освітленням через вебінтерфейс або мобільний додаток. Це відкриває можливості не лише для автоматизації повсякденних задач, але й для інтеграції більш складних сценаріїв, таких як налаштування розкладів освітлення, керування на основі даних датчиків або взаємодія з іншими компонентами Розумного будинку.

					КвРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Окрім цього, актуальність теми підкреслюється необхідністю розробки доступних рішень для розумних будинків, які є простими у впровадженні та використанні, а також мають високу гнучкість у налаштуванні. Вибір Arduino Cloud як основної платформи зумовлений її зручністю для розробників, широким функціоналом і можливістю інтеграції з різноманітними пристроями та датчиками.

Тема також відповідає глобальним трендам сталого розвитку, адже дозволяє реалізовувати енергозберігаючі технології у житлових приміщеннях, що сприяє зменшенню впливу людської діяльності на довкілля. У сучасних умовах, коли автоматизація та екологічність набувають все більшого значення, дослідження та розробка подібних програмно-апаратних засобів є надзвичайно актуальними.

Метою роботи є проектування та реалізація прототипу програмно-апаратного засобу керування освітленням у Розумному будинку на основі Arduino Cloud.

Об'єктом дослідження є процеси керування освітленням у Розумному будинку на основі Arduino Cloud.

Предметом дослідження є програмно-апаратний засіб керування освітленням у Розумному будинку на основі Arduino Cloud.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У РОЗУМНОМУ БУДИНКУ

## 1.1 Концепція та функціонування системи Розумного будинку

Концепт та ідея систем «Розумний будинок» не є новою, проте із розширенням Інтернету речей (IoT) в останні роки вона стає все більш звичною для багатьох. Домашня автоматизація на базі Інтернету речей обіцяє трансформувати житлові простори, роблячи їх більш продуктивними, безпечними та зручними для кінцевих користувачів.

Домашня автоматизація IoT включає використання розумних технологій, таких як побутова техніка, автоматизовані системи управління та інші пристрої, які підключені до мережі й можуть контролювати, автоматизувати й взаємодіяти від імені мешканця або користувача дому. Ці пристрої обладнані датчиками, виконавчими механізмами та модулями зв'язку. Вони збирають дані та створюють контекстуальну інформацію для прийняття рішень і виконання завдань автономно. Такі системи можуть надавати цінність і покращувати якість життя, спрощуючи повсякденні завдання, оптимізуючи використання енергії, зменшуючи витрати на опалення й охолодження, а також підвищуючи безпеку ділянки шляхом автоматичного сповіщення про пожежу або затоплення.

Однією з найбільших переваг домашньої автоматизації IoT є зручність. До прикладу, система Розумного будинку може реалізувати сценарій при якому користувач прокидається під улюблену музику, кавоварка готує каву, а термостат встановлює бажану температуру. Усе це можливо завдяки добре спроектованій системі автоматизації. Автоматизація рутинних завдань економить час і зменшує когнітивне навантаження, пов'язане з управлінням побутом.

Енергоефективність – ще одна важлива перевага. Наприклад, розумні термостати вивчають ваш графік і вподобання, щоб економно регулювати

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

опалення та охолодження, а розумне освітлення автоматично вимикає світло в кімнатах, де ви не перебуваєте, або налаштовує яскравість залежно від природного освітлення. Це може забезпечити значну економію енергії.

Звіти та дослідження показують, що розумні термостати можуть скоротити споживання енергії на 10-15%, а розумне освітлення — на 7-27%. Загалом домашня автоматизація може зменшити вуглецеві викиди домогосподарства приблизно на 13%. Наприклад, місто Ноттінгем у Великобританії знизило свої викиди на 26% з 2005 року завдяки домашній автоматизації громадян. Залежно від рівня автоматизації вашого дому, ви можете скоротити рахунки за енергію на 5-22%. Зважаючи на те, що технології продовжують розвиватися, ці показники можуть ще зрости.

Контролер керування є одним з найважливіших елементів системи розумного будинку, оскільки він виконує функцію головного мозку, який обробляє і координує взаємодію всіх підключених пристроїв (рис. 1.1). Це пристрій або програмне забезпечення, яке відповідає за централізоване управління всіма елементами розумного будинку, такими як термостати, освітлення, дверні замки, камери спостереження, сенсори та інші прилади.



Рисунок 1.1 – Контролер керування

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Контролер керування забезпечує ефективне з'єднання між різними пристроями, дозволяючи їм взаємодіяти між собою через єдиний інтерфейс. В залежності від рівня інтеграції та технології, контролер може використовувати різні стандарти та протоколи, наприклад, Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave чи Bluetooth, щоб забезпечити зв'язок між пристроями та контролювати їхній стан. Це дає змогу, наприклад, з одного додатку на смартфоні управляти освітленням, температурою, безпекою і навіть побутовою технікою.

Контролер керування також може мати функції автоматизації, що дозволяють створювати сценарії або розклад для різних завдань. Наприклад, система може автоматично налаштувати температуру в кімнаті на основі часу доби або активності в будинку, або ж увімкнути освітлення при виявленні руху в приміщенні. Важливо, що контролер дозволяє зібрати та обробити дані з різних сенсорів, таких як датчики температури, вологості, руху або навіть рівня шуму, для прийняття рішень і забезпечення зручності та безпеки.

Завдяки розвитку технологій штучного інтелекту, сучасні контролери можуть ставати ще більш інтелектуальними, вивчаючи звички користувачів і автоматично налаштовуючи систему під їхні потреби. Це дозволяє досягти високого рівня персоналізації, коли розумний будинок адаптується до ритму життя своїх мешканців. Таким чином, контролер керування не лише забезпечує ефективне функціонування всієї системи, але й робить її зручною та енергоефективною.

У центрі системи домашньої автоматизації IoT знаходяться такі пристрої, як розумні динаміки, термостати, освітлювальні системи, камери безпеки, замки та побутова техніка (рис. 1.2). Хаб автоматизації дому виконує функцію централізованого центру управління для всіх цих пристроїв, дозволяючи їм працювати гармонійно. Завдяки простій голосовій команді власники можуть керувати пристроями, наприклад, зменшувати яскравість світла, змінювати налаштування термостата, відтворювати музику чи створювати автоматизаційні сценарії.

Мобільні додатки є ще одним критично важливим компонентом на рівні інтерфейсу користувача. Вони дозволяють контролювати пристрої, налаштовувати їхній стан і створювати сценарії автоматизації незалежно від місця перебування користувача – вдома, в офісі чи у іншому місці, що є досить зручно.

Попри всі переваги IoT-автоматизації, ця технологія супроводжується викликами, такими як безпека та конфіденційність. Відомо, що підключені до інтернету пристрої можуть бути зламані. Тому на сьогоднішній день важливою задачею є забезпечення захисту пристроїв користувача, використовуючи надійні паролі, оновлення програмного забезпечення та шифрування при передачі даних.

Ще однією важливою проблемою є сумісність між різними пристроями та платформами. В багатьох випадках різні технології та виробники не можуть забезпечити повну інтеграцію своїх пристроїв в єдину систему. Це означає, що навіть якщо в будинку є кілька розумних пристроїв, які мають виконувати різні функції, не завжди можливо налаштувати їх так, щоб вони працювали разом без збоїв. Причиною цього є відсутність єдиного стандарту чи протоколу, який би дозволяв різним виробникам створювати продукти, що взаємодіють між собою.

Однак є й ті пристрої, які були розроблені з урахуванням таких обмежень. Вони підтримують певні стандарти або протоколи, які забезпечують високу сумісність з іншими пристроями. Наприклад, протоколи Zigbee або Z-Wave є широко використовуваними в сфері розумного дому. Вони дозволяють пристроям від різних виробників взаємодіяти та обмінюватися даними, що значно полегшує налаштування та управління такою системою. Тим не менш, навіть з цими стандартами, не всі пристрої можуть бути інтегровані без проблем, і користувачам часто доводиться ретельно перевіряти сумісність продуктів перед покупкою.



Рисунок 1.2 – Підсистеми керування у Розумному будинку

Крім того, початкові витрати на систему автоматизації можуть бути значними. Базова система, яка включає розумний термостат і кілька розеток, може коштувати 300-500 доларів США. Більш складні системи, як-от системи безпеки та розумне освітлення, коштують від 1 000 до 5 000 доларів, а повна автоматизація дому може перевищувати 10 000 доларів. Тому рекомендується починати з декількох пристроїв і поступово розширювати систему.

З розвитком технологій та збільшенням довіри споживачів до інновацій, автоматизація на основі IoT у домівках стане ще більш витонченою та інтелектуальною. Одна з найбільших переваг майбутнього розвитку таких систем полягає в тому, що вони зможуть не лише виконувати заздалегідь задані функції, а й адаптуватися до індивідуальних потреб користувачів. Це стане можливим завдяки використанню таких передових технологій, як штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (МН). Штучний інтелект, аналізуючи дані про поведінку та звички користувачів, зможе адаптувати автоматичні налаштування будинку для досягнення максимальної ефективності. Наприклад, система може автоматично коригувати температуру в кімнаті, інтенсивність

освітлення або навіть вибір музики в залежності від часу доби або настрою мешканців.

Окрім того, інтелектуальні системи IoT можуть бути інтегровані з іншими перспективними технологіями, що зробить взаємодію з ними ще зручнішою та більш захоплюючою. Так, наприклад, доповнена реальність (AR) може створювати нові інтерфейси для керування будинковими пристроями, забезпечуючи користувачам більшу зануреність у процес управління. Це означає, що замість звичних кнопок або сенсорних екранів, можна буде керувати пристроями через віртуальні елементи, що з'являються в реальному просторі.

Додатково до цього, блокчейн-технології, з їхніми властивостями забезпечення безпеки та децентралізованого управління, дозволяють створювати більш захищені та прозорі системи для управління підключеними пристроями. Блокчейн може гарантувати, що доступ до системи не буде зламано або змінено сторонніми особами, а також забезпечити приватність даних користувачів. Усе це разом може зробити домівки більш адаптивними, безпечними та комфортними, зберігаючи високий рівень автоматизації й інтерактивності.

## 1.2 Огляд відомих програмно-апаратних засобів керування освітленням

Сучасні технології управління освітленням є одним із яскравих прикладів того, як інноваційні рішення змінюють наше розуміння комфорту, енергоефективності та екологічної відповідальності. У період активного розвитку концепції "Розумного будинку" та глобальної діджиталізації, програмно-апаратні засоби керування освітленням стали невіддільною частиною як побутових, так і комерційних просторів. Вони забезпечують не лише зручність, але й значно сприяють зменшенню витрат на електроенергію та оптимізації використання ресурсів.

					КвРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Системи керування освітленням поєднують у собі сучасні апаратні компоненти – датчики руху, контролери, світлодіодні лампи – із програмним забезпеченням, яке дозволяє створювати складні сценарії управління. Такі системи можуть автоматично підлаштовуватися під рівень природного освітлення, реагувати на присутність людей у приміщенні або працювати за заздалегідь налаштованим розкладом. Інтеграція з мобільними додатками та хмарними платформами дозволяє здійснювати дистанційне управління, що робить такі рішення ще більш зручними та ефективними.

Особливу увагу слід приділити різноманітності програмно-апаратних засобів, які використовуються в таких системах. Вони варіюються від простих пристроїв, що працюють за принципом "увімкнено/вимкнено", до складних мережевих рішень, які об'єднують десятки чи навіть сотні елементів в єдину екосистему. Наприклад, технології на базі Zigbee, Z-Wave або Wi-Fi дозволяють інтегрувати різноманітні пристрої в єдину мережу, забезпечуючи їхню сумісність і злагоджену роботу.

Розумні пристрої для освітлення належать до категорії енергозберігаючих пристроїв для розумного дому і поділяються на три основні типи: розумні лампочки, розумні настінні вимикачі та розумні розетки/адаптерні модулі [6]. На відміну від традиційного освітлення, ці пристрої можуть взаємодіяти один з одним і керуватися бездротово. Розумні пристрої для освітлення використовуються як всередині приміщень, так і зовні, але в житлових будинках вони найчастіше встановлюються всередині.

Розумна лампочка – це енергоефективна LED-лампочка, яка підключається до мережі бездротово та може управлятися дистанційно, за розкладом або за сигналом від інших розумних пристроїв. Деякі розумні лампочки мають функцію затемнення, а інші можуть змінювати колір відтінків білого або навіть всього кольорового спектра.

Розумний настінний вимикач замінює традиційний вимикач світла на бездротово підключений до інтернету пристрій, яким можна управляти дистанційно, за розкладом або за сигналом від інших пристроїв.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Розумна розетка – це портативний пристрій, який вставляється в стандартну розетку і підключається до мережі бездротово. З її допомогою можна дистанційно керувати або налаштовувати графік роботи будь-якого пристрою, лампи чи електронного обладнання, підключеного до цієї розетки. Деякі розумні розетки здатні вимірювати споживання енергії та виявляти несправності приладів або ризику займання.

До недавнього часу освітлення розглядалося переважно як функціональна потреба, за винятком декоративного освітлення, яке зазвичай використовувалося лише в дорогих будинках. Сучасні розумні пристрої для освітлення – лампочки, розетки/вимикачі та адаптерні модулі – пропонують користувачам можливість розширити сценарії використання для створення атмосфери, організації розважальних заходів, завдань, пов'язаних з освітленням, забезпечення безпеки, економії енергії, а також для покращення настрою та здоров'я. Наприклад, для людей, які живуть самі (особливо для літніх людей), можливість вмикати/вимикати світло за допомогою голосу, контролера чи смартфона забезпечує спокій і значно підвищує рівень безпеки.

Зокрема на ринку пропонується ряд програмно-апаратних пристроїв, серед яких є рішення від компанії 1DAL [7] (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Комплект автоматизації освітлення 1DAL

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Комплект автоматизації освітлення 1DAL – це рішення для створення розумного освітлення вдома чи в офісі. Він складається з датчика руху, WiFi-лампочки з цоколем E27 та хаба, які працюють за протоколами ZigBee та WiFi і інтегруються із застосунком Tuuya Smart. Цей комплект забезпечує автоматичне керування освітленням, вмикаючи чи вимикаючи світло залежно від виявлення руху, що сприяє комфорту та енергоефективності.

Датчик руху виявляє активність у зоні дії та надсилає сигнал на хаб для активації лампочки. Це дозволяє автоматично вмикати світло, якщо зафіксовано рух, і вимикати його за відсутності активності. Він ідеально підходить для коридорів, ванних кімнат, кухонь та інших місць, де потрібне автоматичне освітлення. WiFi-лампочка з цоколем E27 забезпечує можливість дистанційного керування через WiFi. Користувачі можуть вмикати та вимикати світло, регулювати його яскравість і навіть змінювати колір через застосунок Tuuya Smart. Вона легко встановлюється у стандартні світильники та замінює звичайні лампочки, додаючи функціональність до будь-якого приміщення.

Хаб виступає центральним пристроєм, що з'єднує датчик руху та інші компоненти системи через ZigBee, забезпечуючи стабільне підключення та можливість керування через мобільний застосунок. Окрім того, хаб підтримує інтеграцію з додатковими пристроями розумного дому, такими як датчики, вимикачі або лампочки, що значно розширює функціонал системи.

Комплект пропонує численні переваги. Використання протоколів ZigBee і WiFi забезпечує надійне та швидке з'єднання між пристроями, що дозволяє легко керувати системою та отримувати миттєві відгуки від датчиків. Завдяки застосунку Tuuya Smart користувачі можуть налаштовувати сценарії роботи, створювати розклади та керувати освітленням з будь-якої точки світу. Автоматизація освітлення дозволяє економити енергію та підвищує зручність у повсякденному житті, адже датчик руху автоматично вмикає світло під час виявлення руху та вимикає його за відсутності активності. Гнучкість налаштувань дозволяє регулювати яскравість і колір світла, а також створювати різні сценарії освітлення для роботи, відпочинку чи вечірньої атмосфери. Простота

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

встановлення й використання робить комплект доступним для широкого кола користувачів, незалежно від рівня їхніх технічних знань.

Іншим рішенням автоматизації керування освітленням є комплект для Розумного будинку Vera Light Kit [8].

Vera Light Kit – це інтелектуальний комплект для управління освітленням і електроприладами в системі Розумний дім (рис. 1.4). У набір входять контролер Vera Edge, двоканальне реле CH-102, і керована розетка Fibaro Wall Plug FGWPE-101.

Vera Edge є центральним елементом системи, що підтримує до 200 пристроїв на базі протоколу Z-Wave. Він забезпечує автоматизацію та інтеграцію з різними датчиками, замками, термостатами й іншими пристроями. Завдяки потужному процесору та підтримці додатків для iOS, Android, Windows і Mac, контролер надає зручне керування системою з будь-якого місця через Інтернет.



Рисунок 1.4 – Комплект для Розумного будинку Vera Light Kit [8]

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Реле СН-102 дозволяє керувати двома зонами освітлення чи електроприладами до 1,7 кВт. Воно підтримує створення сценаріїв, наприклад автоматичне увімкнення світла або електроприладів у заданий час.

Fibaro Wall Plug – це розумна розетка для дистанційного увімкнення/вимкнення побутової техніки. Вона контролює енергоспоживання, попереджаючи про перевищення допустимого рівня навантаження, і автоматично відключає несправні пристрої для безпеки.

Особливості комплекту:

- підтримка до 220 Z-Wave пристроїв;
- легке додавання нових пристроїв завдяки попереднім налаштуванням;
- інтеграція IP-камер, сигналізацій, датчиків і замків;
- автоматизація за сценаріями: час доби, рух, дії інших пристроїв;
- віддалене керування через мобільні додатки;
- підтримка push-повідомлень і повідомлень про аварійні ситуації.

Іншим комплексним рішенням є продукт від компанії i3 Engineering, яка пропонує підходи для автоматизації розумних будинків та бізнесу. Їхні продукти складаються з контролерів серії Atom, програмного забезпечення та мобільного додатка i3 Home.

Головною особливістю системи є можливість створення розумного будинку без використання спеціальних "розумних" пристроїв. Замість цього можна використовувати звичайні пристрої, які інтегруються до системи без необхідності підтримки специфічних протоколів. Ще одна важлива перевага – простота налаштування, яке можна здійснювати через мобільний додаток, навіть без спеціальних знань у програмуванні.

Особливістю даної системи є те, що вона підтримує функцію енергомоніторингу, яка дозволяє контролювати споживання електроенергії в реальному часі, що сприяє економії коштів і ресурсів. Також користувачі отримують сповіщення про стан будинку, наприклад, у разі відкриття дверей, вікон, руху, протікання води чи появи диму.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

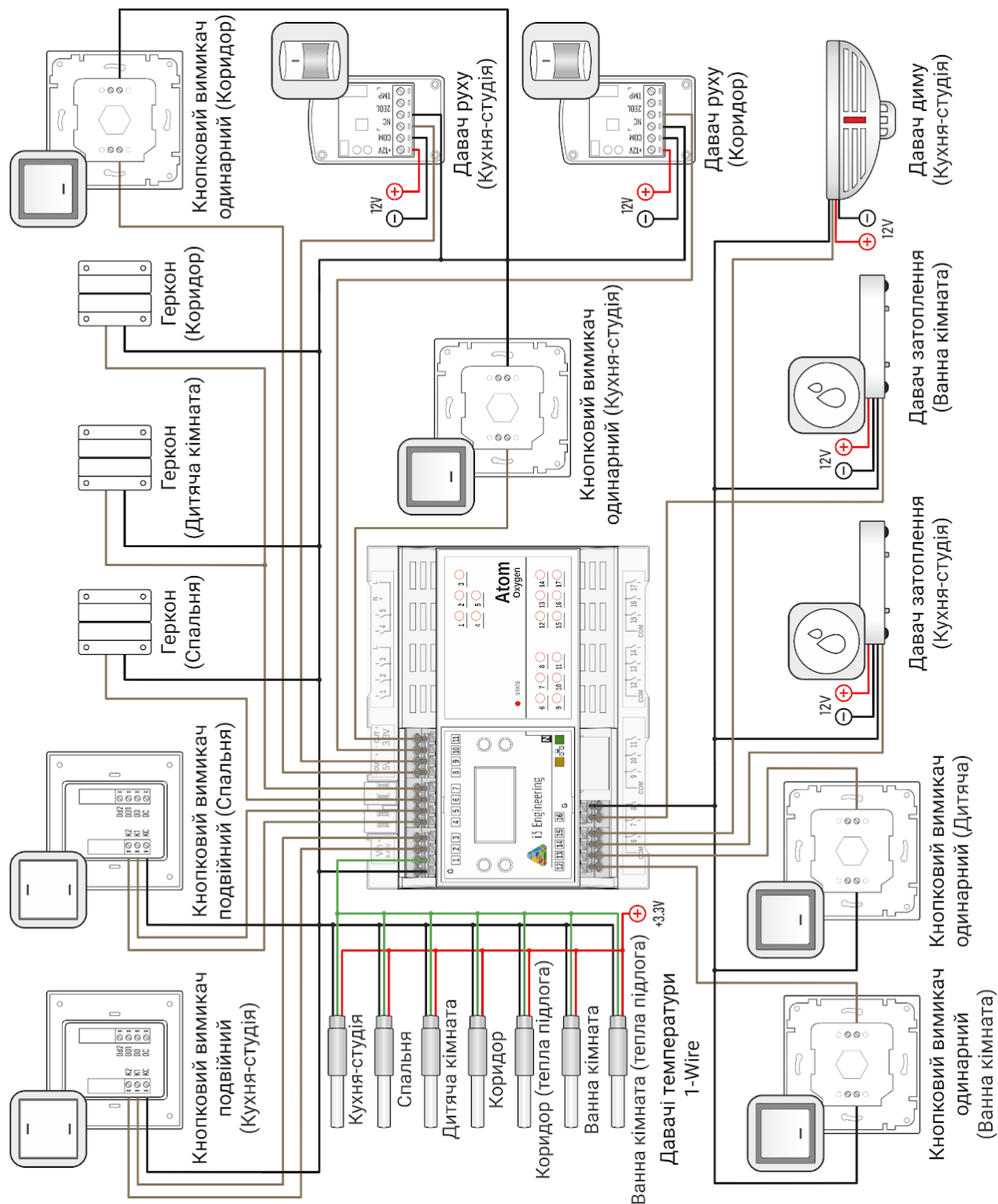


Рисунок 1.5 – Пропоноване рішення від i3 Engineering [5]

Таким чином проведений огляд показав, що на ринку присутні досить велика кількість програмно-апаратних рішень, проте основним недоліком є

досить велика ціна таких рішень. Тому розробка нових програмно-апаратних засобів є досить актуальним завданням.

### 1.3 Огляд хмарних платформ для керування освітленням

Хмарні платформи для IoT забезпечують ефективні засоби управління розумними пристроями, їх моніторингу та створення автоматизованих сценаріїв. Однією з популярних платформ є Arduino Cloud, яка дозволяє легко інтегрувати пристрої на базі Arduino в єдину екосистему. Однак, існує багато альтернатив, які можуть запропонувати додаткові функції чи відповідати специфічним вимогам користувача.

Blynk IoT є однією з найбільш інтуїтивно зрозумілих платформ. Вона дозволяє швидко інтегрувати пристрої, такі як ESP32 чи Raspberry Pi, і створювати мобільні додатки для керування. Використовуючи зручний візуальний редактор, можна налаштувати графіки, кнопки та інші елементи інтерфейсу. Проте її безкоштовна версія має певні обмеження, а розширені функції доступні лише за плату.

ThingsBoard підходить для тих, хто шукає рішення з відкритим кодом. Платформа підтримує популярні протоколи для передачі даних, такі як MQTT та HTTP, а також дозволяє створювати дашборди для візуалізації інформації. Вона гнучка та потужна, однак новачкам може здатися складною для освоєння.

Adafruit IO орієнтована на прості IoT-проекти, особливо з використанням обладнання від Adafruit. Вона дозволяє легко візуалізувати дані та керувати пристроями через MQTT або REST API. Платформа ідеально підходить для початківців, але її безкоштовна версія має обмеження на кількість пристроїв та фідів.

Для масштабних проєктів, які потребують високої продуктивності, підійдуть потужні хмарні сервіси, такі як Google Cloud IoT Core та AWS IoT Core. Вони забезпечують безпечну інтеграцію тисяч пристроїв і надають інструменти

для аналізу великих обсягів даних. Водночас ці платформи вимагають серйозних знань для налаштування і можуть бути досить дорогими для невеликих проєктів.

Microsoft Azure IoT Hub пропонує широкий набір можливостей для корпоративних IoT-систем. Завдяки інтеграції з іншими сервісами Azure, вона дозволяє створювати складні аналітичні системи та автоматизовані рішення. Проте, як і інші масштабні платформи, вона потребує значного часу на налаштування та має високі тарифи.

Однією з ключових переваг Arduino Cloud перед іншими платформами є її глибока інтеграція з екосистемою Arduino. Це дозволяє користувачам працювати з пристроями Arduino без додаткового налаштування складних протоколів чи конфігурацій, які часто потрібні на інших платформах. Завдяки підтримці автоматичного визначення пристроїв, спрощеному управлінню бібліотеками та можливості створення коду прямо в середовищі Arduino IoT Cloud, платформа стає ідеальним рішенням для новачків і тих, хто хоче швидко розпочати роботу без втрати часу на інтеграцію. Ще однією перевагою є те, що Arduino Cloud підтримує мультиплатформеність, дозволяючи працювати не лише з пристроями Arduino, але й з іншими популярними мікроконтролерами, такими як ESP32 чи ESP8266, що робить її досить універсальною в роботі

#### 1.4 Висновки. Постановка задачі

Актуальність теми «Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud» зумовлена стрімким розвитком технологій Інтернету речей (IoT) та їх інтеграцією у повсякденне життя. Сучасні системи Розумного будинку дозволяють автоматизувати процеси керування побутовими пристроями, забезпечуючи зручність, енергоефективність та підвищення рівня комфорту користувачів. Освітлення є одним із ключових компонентів таких систем, адже правильне управління ним може значно зменшити споживання електроенергії, оптимізувати витрати та створити комфортні умови в будинку. Тому створення програмно-апаратного

засобу керування освітленням у системі Розумного будинку на базі Arduino Cloud є актуальним завданням.

Вирішення поставленого завдання передбачає виконання наступних етапів:

- 1) аналіз та дослідження предметної області;
- 2) аналіз відомих програмно-апаратних засобів керування освітленням у системі Розумний будинок;
- 3) визначення вимог до програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок
- 4) розробка структури програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок та вибір апаратних і програмних компонентів;
- 5) створення схеми електричної принципової;
- 6) налаштування та розгортання платформи Arduino Cloud, яка забезпечує інтеграцію пристрою з хмарними сервісами;
- 7) розробка програмного коду для мікроконтролера;
- 8) тестування прототипу програмно-апаратного засобу.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2 ВИБІР ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ РОЗУМНИЙ БУДИНОК НА БАЗІ ARDUINO CLOUD

### 2.1 Визначення вимог до програмно-апаратного засобу керування освітленням

Реалізація функцій керування освітленням у системі Розумний будинок є однією із базових задач, які ставляться до функціонування таких систем. Вона забезпечує комфорт, безпеку та енергоефективність у повсякденному житті користувачів. Основна мета полягає в автоматизації процесів вмикання/вимикання освітлення, що дозволяє виконувати такі завдання:

- мінімізувати участь користувача у рутинних діях;
- знизити споживання електроенергії шляхом оптимального використання ресурсів;
- створити умови для дистанційного керування, що розширює можливості контролю над системою.

Додавання таких функцій, як інтеграція з датчиками руху та освітленості, розкладом роботи ламп та доступом до управління через IoT-платформи, робить систему більш гнучкою та функціональною. Це особливо важливо для створення екосистеми, яка адаптується до індивідуальних потреб мешканців будинку. Визначимо вимоги до програмно-технічного засобу керування освітленням наступним чином:

1) керування освітленням Розумного будинку через платформу Arduino Cloud. Реалізація даної функції за допомогою хмарної платформи Arduino Cloud дозволить користувачам дистанційно керувати освітленням, змінювати налаштування або отримувати сповіщення про стан освітлення в Розумному будинку. Варто відзначити, що проєктований програмно-технічний пристрій повинен бути адаптований для керування освітленням для декількох джерел освітлення;



користувачам без технічної підготовки швидко опанувати систему, налаштувати її параметри та управляти освітленням.

Таким чином означені вище вимоги дозволяють чітко зрозуміти якими функціями повинен володіти проєктований програмно-технічний пристрій керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

## 2.2 Структура програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

З метою реалізації процесу керування освітленням у системі Розумний будинок запропоновано програмно-апаратний засіб, структурну схему якого подано на рисунку 2.1.

Пропонований програмно-апаратний засіб для керування освітленням у системі Розумного будинку складається з мікроконтролерної системи ESP32-WROOM-32, датчиків виявлення руху, датчиків рівня освітленості, джерел освітлення, локальних перемикачів і хмарної платформи Arduino Cloud.

Робота запропонованого програмно-технічного засобу організована таким чином, що кожен вузол містить окреме джерело освітлення, датчик руху, датчик рівня освітленості та локальний перемикач. Мікроконтролер ESP32-WROOM-32 виступає центральним елементом, який отримує дані від усіх датчиків і забезпечує взаємодію між елементами вузлів та хмарною платформою Arduino Cloud.

Функції системи включають дистанційне керування освітленням через хмарну платформу Arduino Cloud, автоматичне ввімкнення джерел освітлення у випадку виявлення руху, але лише за умови низького рівня природного освітлення, а також локальне керування освітленням через перемикачі. Завдяки використанню ESP32-WROOM-32 система може обробляти інформацію з кількох вузлів, що дозволяє інтегрувати різні сценарії керування для кожного окремого джерела освітлення у системі Розумного будинку.

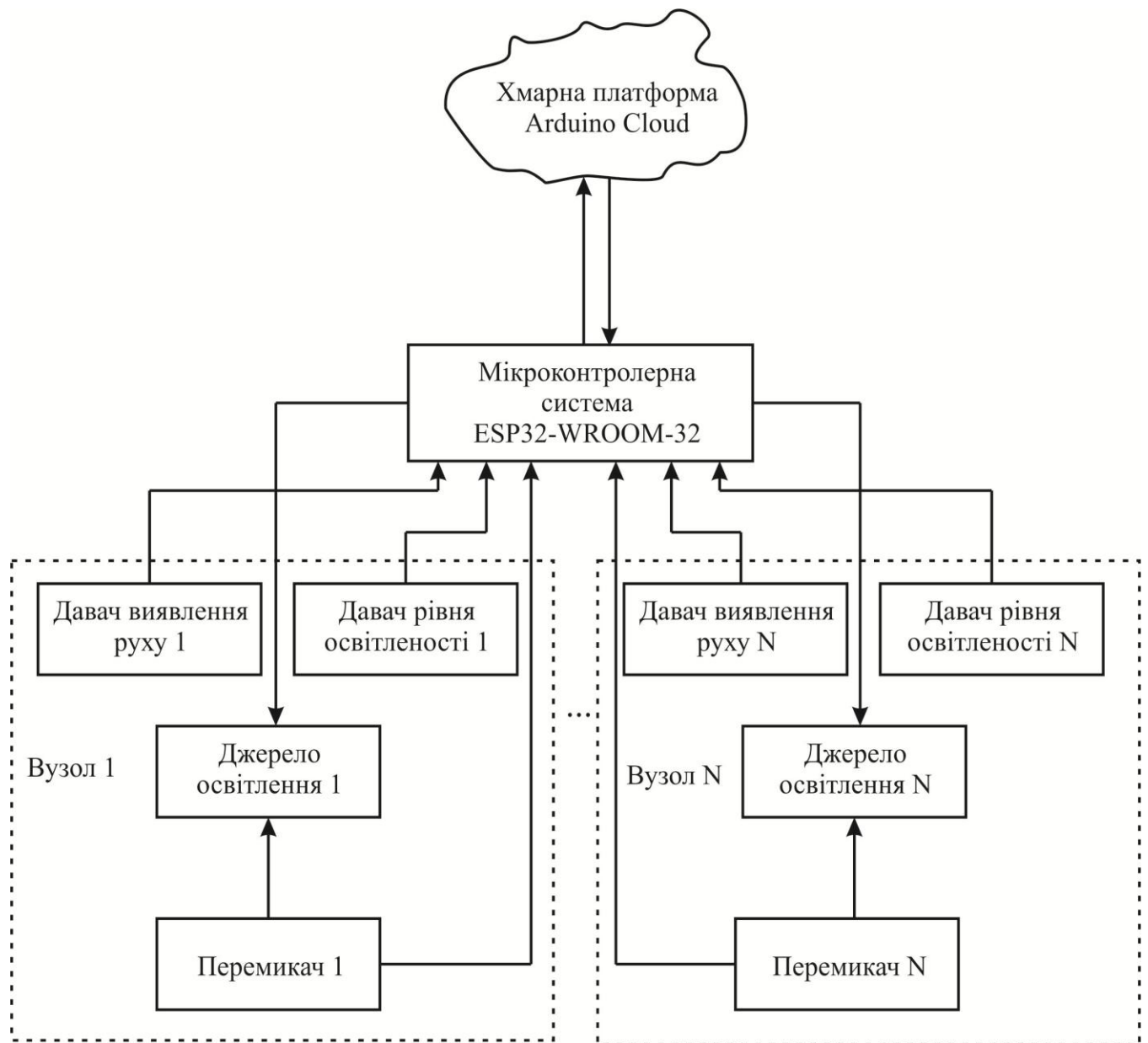


Рисунок 2.1 – Структурна схема програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

Функціонування даної системи будується на поєднанні локального та дистанційного керування, а також автоматизації процесів освітлення. Реалізація чотирьох завдань виглядає наступним чином:

1. Керування вручну через перемикачі. Кожне джерело освітлення має локальний перемикач, який дозволяє користувачеві безпосередньо вмикати або вимикати світло у певному вузлі. Ця функція забезпечує базовий рівень управління, незалежний від датчиків чи хмарної платформи.

2. Керування через платформу Arduino Cloud. Система інтегрована з хмарною платформою, що дозволяє користувачеві дистанційно керувати освітленням через веб-інтерфейс або мобільний додаток. Користувач може вмикати та вимикати освітлення, змінювати налаштування чи отримувати сповіщення про стан освітлення з будь-якої точки, де є доступ до Інтернету.

3. Автоматичне керування освітленням на основі датчиків руху та рівня освітленості. Мікроконтролер ESP32 здійснює безперервний моніторинг сигналів, що надходять від датчиків руху та датчиків рівня природного освітлення, встановлених у певній зоні. У разі виявлення руху в межах контрольованої області та зафіксованого низького рівня освітленості, система автоматично активує лампу, забезпечуючи належне освітлення простору. Такий підхід дозволяє значно оптимізувати витрати електроенергії, адже світло вмикається виключно за необхідності, а не працює постійно. Це не тільки знижує загальне споживання енергії, а й забезпечує комфорт для користувачів, оскільки їм не потрібно вручну вмикати або вимикати лампи.

4. Налаштування розкладу для автоматичного ввімкнення/вимкнення ламп. Користувач отримує можливість налаштовувати індивідуальний розклад для автоматичного ввімкнення та вимкнення освітлення за допомогою хмарної платформи Arduino Cloud. Це дозволяє створювати персоналізовані сценарії освітлення, що враховують звичний розпорядок дня. Наприклад, можна автоматично активувати освітлення у вечірній час для комфорту мешканців або, навпаки, відключати його зранку, коли природного світла вже достатньо. Така система сприяє автоматизації та енергоефективності, знижуючи потребу у ручному керуванні лампами та підвищуючи рівень зручності для користувачів.

Таким чином у запропонованому програмно-апаратному засобі керування освітленням задіяно три режими керування (рис. 2.2):

- через перемикачі – локальне керування вручну;
- через Arduino Cloud – дистанційне керування через хмарну платформу;
- через датчик руху – автоматичне керування на основі подій.

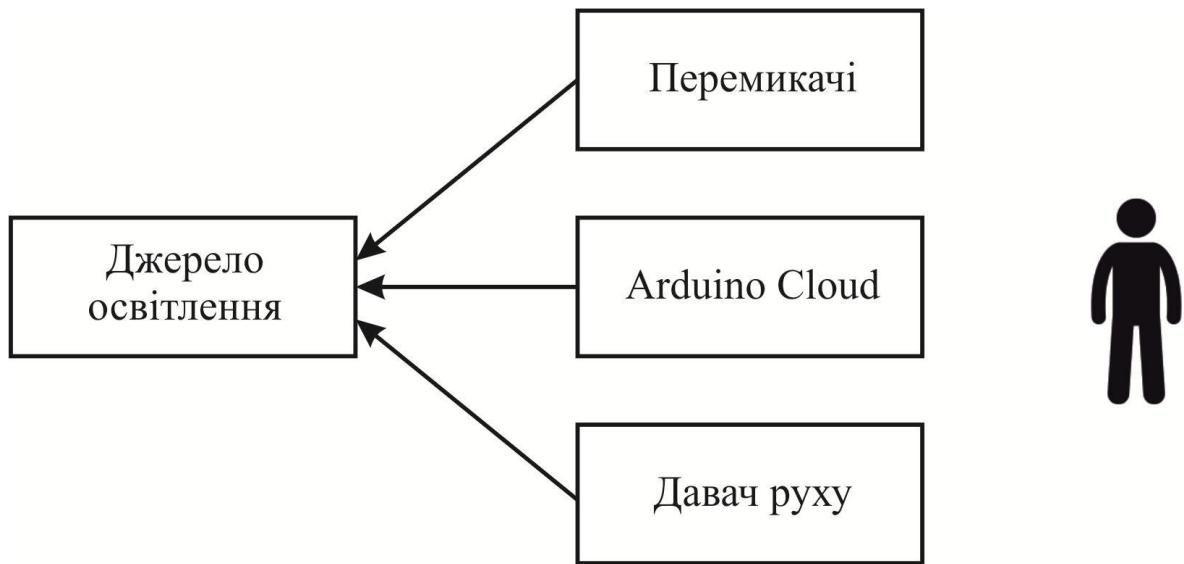


Рисунок 2.2 – Режими керування у програмно-апаратному засобі

Таким чином усі функції системи працюють у взаємозв'язку, використовуючи мікроконтролер ESP32 як центральний оброблювальний елемент. Він отримує дані від датчиків, обробляє їх та виконує відповідні команди, надіслані користувачем через хмарну платформу або ініційовані локальними умовами (рух, освітленість, час).

### 2.3 Аналіз апаратних рішень

Аналіз апаратних рішень проєктованого програмно-технічноо пристрою є важливим етапом, який виконується для розуміння ефективності, надійності та можливостей системи. Дослідження апаратної частини дозволяє оцінити, наскільки обрані компоненти підходять для реалізації поставлених завдань і як їхнє поєднання забезпечує потрібну функціональність.

Перш за все, аналіз дозволяє визначити, чи використовуються оптимальні апаратні рішення для забезпечення стабільної роботи пристрою. Наприклад, мікроконтролер ESP32 є центральним елементом системи, який відповідає за зв'язок із платформою Arduino Cloud, обробку даних від датчиків та виконання команд. Аналіз цього компонента допомагає оцінити, чи достатня його продуктивність для обробки одночасних задач, таких як керування лампами через

перемикачі, обробка сигналів датчика руху та підтримка з'єднання з мережею Wi-Fi. Якщо ESP32 працює з перевантаженням або його пам'яті недостатньо для збереження даних і виконання алгоритмів, це може негативно вплинути на роботу системи. Таким чином, аналіз дозволяє вчасно виявити подібні ризики та замінити компонент на більш потужний.

Крім того, аналіз апаратної частини спрямований на оцінку енергоефективності пристрою. Наприклад, використання датчика руху в системі передбачає споживання енергії для його роботи, а також для сигналізації мікроконтролеру про виявлений рух. Якщо датчик має високе енергоспоживання, це може вплинути на загальний час автономної роботи пристрою, особливо якщо система працює на батарейному живленні. Аналіз дозволяє підібрати альтернативні моделі датчиків із нижчим енергоспоживанням або оптимізувати їхню роботу, наприклад, через періодичну активацію датчика замість постійного моніторингу.

Окрім того важливо оцінити інтеграцію між різними компонентами системи. Наприклад, у даному випадку пристрій використовує датчик освітлення, який дозволяє автоматично включати лампи за низького рівня природного світла. Цей датчик має бути правильно з'єднаний з мікроконтролером, а його сигнал має оброблятися коректно, щоб уникнути хибних спрацьовувань. Аналіз допомагає перевірити, чи підтримуються компоненти однаковою інтерфейсом (аналоговий чи цифровий), чи є конфлікти між ними, а також чи використовуються необхідні резистори, конденсатори або перехідники для стабільної роботи. Це також включає оцінку, наскільки добре датчики захищені від зовнішніх впливів, таких як перепади напруги або електромагнітні перешкоди.

Таким чином відповідно до запропонованої структури проєктований програмно-технічний пристрій контролю освітлення у Розумному будинку складається із таких компонентів:

- мікроконтролер ESP32-WROOM-32;
- джерела освітлення (світлодіодні лампи);
- давачі вимірювання освітлення;



- 32-розрядний процесор Xtensa LX6;
- наявність роз'яму ipx13 (IPEX) для підключення зовнішньої антени
- Флеш пам'ять 4Мб;
- Bluetooth v4.2 BR / EDR and BLE;
- 12 бітний АЦП на 18 портах;
- 8 бітний ЦАП на 2 портах;
- 10 портів в режимі сенсорних кнопок;
- вбудований температурний датчик;
- 4 порти SPI;
- 2 порти IS1;
- 2 порти I2C;
- 3 порти UART;
- 1 host (SD / eMMC / SDIO);
- 1 slave (SDIO / SPI);
- наявність Ethernet MAC interface з виділеним DMA та підтримка IEEE 1588;
- підтримка стандарту CAN 2.0;
- наявність Motor PWM;
- IR (TX / RX);
- наявність LED PWM до 16 каналів;
- напруга живлення мікроконтролера: 2.2 – 3.6 В;
- максимальний струм споживаний мікроконтролера – 160-260 мА;
- споживання відключений WiFi і Bluetooth – 20 мА;
- режим гібернації з активним RTC – 5 мкА;
- споживання ступню у режимі LightSleep – 0.8 мА.

Таким чином даний мікроконтролер було обрано в якості центрального елемента проєктованого програмно-апаратного засобу з огляду на наступні його переваги:

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- Інтеграція з хмарними платформами. Підтримка Wi-Fi дозволяє легко підключитися до Arduino Cloud для дистанційного керування та моніторингу.
- Висока продуктивність. Потужність двоядерного процесора забезпечує обробку кількох задач одночасно (датчики, управління лампами, зв'язок із хмарою).
- Підтримка Bluetooth. Додатково розширює функціональність пристрою, наприклад, для локального управління.
- Енергозбереження. Має режими сну, що знижує споживання енергії в режимах очікування.
- Масштабованість. Велика кількість GPIO дозволяє підключати кілька датчиків, ламп і перемикачів.
- Доступність і вартість. ESP32 є економічно вигідним рішенням із широкою підтримкою в спільноті розробників.

Таким чином, ESP32 WROOM-32D обрано за його багатofункціональність, надійність, доступність та відповідність технічним вимогам пристрою.

З метою контролю рівня освітленості у проєктованому програмно-апаратному засобі використано модуль світлорезистора (рис. 2.4).

Модуль світлорезистора (або фоторезистора) для Arduino сумісних мікроконтролерів – це простий давач, який використовується для вимірювання рівня освітлення. Основним елементом модуля є фоторезистор, чутливий до змін інтенсивності світла. Опір фоторезистора змінюється залежно від кількості світла, що на нього падає. Таким чином при яскравому освітленні опір зменшується, а в темряві – збільшується.

Основними складовими даного модуля є:

- фоторезистор, який реагує на освітлення;
- підлаштувальний резистор (потенціометр) для налаштування чутливості роботи давача;
- цифровий і/або аналоговий вихід, що дозволяє передавати дані до Arduino.



Рисунок 2.4 – Модуль світлорезистора

Для відстеження руху у приміщенні було обрано давач HC-SR501 (рис. 2.5). З його допомогою здійснюється автоматичне ввімкнення освітлення при виявленні руху. Ця функція особливо корисна в приміщеннях або на територіях, де необхідне тимчасове освітлення, наприклад, у коридорах, під'їздах або зовнішніх ділянках. Завдяки сумісному використанню з модулем світлорезистора, освітлення активується лише за умови недостатнього природного світла, що підвищує енергоефективність системи.



Рисунок 2.5 – Модуль давача HC-SR501

Вибір модуля давача HC-SR501 для програмно-апаратного засобу керування освітленням зумовлений кількома ключовими причинами.

– висока чутливість і надійність. Даний давач має великий радіус дії (до 7 метрів) і широке поле зору (до 120 градусів), що дозволяє ефективно охопити зону моніторингу. Завдяки цьому він добре підходить для використання в розумних системах освітлення;

– налаштовувані параметри роботи. Обраний датчик має два регулятори – для встановлення чутливості та затримки сигналу. Це дозволяє адаптувати його під конкретні потреби, наприклад, встановлювати час утримання увімкненого освітлення або регулювати відстань, на якій сенсор виявляє рух;

– енергозбереження. PIR-сенсори, як HC-SR501, споживають дуже мало енергії, що ідеально підходить для систем, які працюють у постійному режимі. У поєднанні з автоматичним увімкненням освітлення це сприяє зниженню енергоспоживання;

– сумісність з Arduino та іншими мікроконтролерами. Датчик має простий інтерфейс, що дозволяє легко інтегрувати його в систему. Він передає сигнал через цифровий вихід, що спрощує його підключення до ESP32 або інших контролерів;

– Вартість модуля HC-SR501 є досить низькою, що робить його популярним вибором для систем автоматизації.

Ще одним апаратним компонентом, який є складовою частиною проєктованого засобу є модулі реле. Реле типу SRD (зокрема моделі SRD-05VDC-SL-C) було обрано для комутації джерел освітлення у системі Розумного будинку (рис. 2.6). Ці реле широко використовуються завдяки їх компактним розмірам, надійності та можливості працювати з високими навантаженнями. Реле SRD забезпечує комутацію змінної напруги до 250 В і струму до 10 А, що є достатнім для керування більшістю джерел освітлення, таких як лампи розжарювання, світлодіодні світильники або енергозберігаючі лампи. Однією з ключових особливостей SRD-реле є наявність низьковольтної обмотки керування, яка працює від напруги 5 В. Це дозволяє легко інтегрувати реле з мікроконтролерами,

такими як ESP32, без потреби у додаткових підсилювачах сигналу. Реле оснащено нормально відкритими (NO) та нормально закритими (NC) контактами, що забезпечує гнучкість у налаштуванні роботи пристрою.



Рисунок 2.6 – Реле SRD-05VDC-SL-C

Для захисту мікроконтролера та підвищення довговічності реле в схемі використовуються додаткові компоненти, такі як діоди (захист від ЕРС, що виникає при відключенні котушки реле) та резистори, що обмежують струм. Завдяки цьому забезпечується стабільна робота системи, навіть у випадках частих перемикань.

Таким чином наведено обґрунтування вибору всіх апаратних компонентів для проєктованого програмно-апаратного засобу керування освітленням у Розумному будинку. Також варто відзначити, що обрані компоненти є не тільки технічно доцільними, але й економічно вигідними, що робить систему доступною для впровадження в побутових умовах.

#### 2.4 Аналіз програмних рішень

Аналіз програмних рішень для реалізації програмно-апаратного засобу керування освітленням у Розумному будинку включає вибір Arduino Cloud як

ключового компонента системи. Arduino Cloud є хмарною платформою, яка дозволяє створювати інтерактивні IoT-проекти з мінімальними витратами часу і зусиль. Вибір цієї платформи був обґрунтований її зручністю, функціональністю та широкими можливостями інтеграції з апаратними компонентами.

Arduino Cloud забезпечує користувачів інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом для моніторингу і керування пристроями в реальному часі. Це дозволяє налаштовувати і контролювати систему освітлення дистанційно через мобільний додаток або веб-інтерфейс, що значно підвищує зручність експлуатації. Особливо це актуально для розумного будинку, де автоматизація і дистанційне керування є важливими елементами.

Доцільність використання Arduino Cloud у даному проекті обумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, платформа надає готові інструменти для налаштування взаємодії між пристроями. Це дозволяє зменшити складність розробки програмного забезпечення, що важливо для швидкого створення прототипу. По-друге, Arduino Cloud підтримує автоматичну синхронізацію даних, що забезпечує стабільність і надійність роботи системи навіть у випадку переривання з'єднання.

Серед основних переваг платформи можна виділити її сумісність з мікроконтролерами, такими як ESP32 WROOM-32D, що був обраний для цього проекту. Arduino Cloud підтримує бібліотеки та інтеграцію з популярними сенсорами та іншими апаратними компонентами, що полегшує їхнє використання. Крім того, платформа має вбудовану систему налаштування подій і правил, які можуть бути використані для реалізації функцій автоматичного керування, наприклад, увімкнення ламп при спрацюванні датчика руху (рис. 2.7).

З метою тестування пристрою перед його фізичною реалізацією пропонується здійснити його перевірку у віртуальному середовищі. Для цього було обрано середовище Wokwi. Ця платформа дозволяє емуляцію роботи мікроконтролерів, що дає змогу перевірити код і його взаємодію з периферійними пристроями без використання реального обладнання. Зокрема в контексті проєктованого програмно-технічного пристрою використання цього середовища

дозволить перевірити інтеграцію та роботу всіх основних апаратних компонентів, таких як мікроконтролера ESP32 WROOM-32D, датчі руху, рівня освітленості та джерела освітлення.



Рисунок 2.7 – Концепт керування освітленням у системі Розумного будинку на основі взаємодії ESP32 та Arduino Cloud

Ще однією важливою перевагою є безпека. Arduino Cloud забезпечує захищену передачу даних між хмарою і пристроєм, використовуючи сучасні криптографічні протоколи. Це знижує ризики несанкціонованого доступу і підвищує рівень довіри до системи.

У контексті розроблюваної системи керування освітленням, Arduino Cloud також дозволяє легко налаштувати графік автоматичного увімкнення/вимкнення освітлення. Користувач може встановити розклад через веб-інтерфейс або мобільний додаток, що робить систему ще більш адаптованою до конкретних потреб.

Таким чином, вибір Arduino Cloud як програмної основи є стратегічно доцільним рішенням, яке забезпечує баланс між простотою розробки, функціональністю та надійністю. Це дозволяє створити ефективний і сучасний засіб керування освітленням у Розумному будинку, який відповідає високим стандартам IoT-систем.

## 2.5 Висновки

Таким чином визначено вимоги запропоновано стурктуру проєктованого програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумного будинку, а також проаналізовано обрані апаратні та прогармні рішення. Пропонований засіб складається з мікроконтролерної системи ESP32-WROOM-32, датчиків виявлення руху, датчиків рівня освітленості, джерел освітлення, локальних перемикачів і хмарної платформи Arduino Cloud.

Система організована таким чином, що кожен вузол містить окреме джерело освітлення, датчик руху, датчик рівня освітленості та локальний перемикач. Мікроконтролер ESP32-WROOM-32 виступає центральним елементом, який отримує дані від усіх датчиків і забезпечує взаємодію між елементами вузлів та хмарною платформою. Функції системи включають дистанційне керування освітленням через хмарну платформу Arduino Cloud, автоматичне ввімкнення джерел освітлення у випадку виявлення руху, але лише за умови низького рівня природного освітлення, а також локальне керування освітленням через перемикачі. Завдяки використанню ESP32-WROOM-32 система може обробляти інформацію з кількох вузлів, що дозволяє інтегрувати різні сценарії керування для кожного окремого джерела освітлення у системі Розумного будинку.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк.
						37
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ РОЗУМНИЙ БУДИНОК НА БАЗІ ARDUINO CLOUD

#### 3.1 Схема електрична принципова

Схема електрична принципова (ЕП) – це вид електричної схеми пристрою, що дає представлення про склад і принцип його роботи. Схема електрична принципова містить умовні графічні позначення та зображення елементів електричного кола, показує зв'язки між елементами електричного кола, проте вона не враховує габаритних розмірів і реального розташування деталей об'єкта (для цього наприклад використовуються монтажні схеми).

Основним призначенням таких схем є розробки та проектування електронних пристроїв, виготовлення та монтажу електронних пристроїв, налагодження та ремонту електронних пристроїв, а також вивчення принципів роботи електронних пристроїв.

У приведеному програмно-технічному засобі використано наступні основні компоненти: мікроконтролер ESP32, модулі реле, модулі давачів рівня освітленості, джерела живлення (на схемі представлені лампами розжарювання), перемикачі типу pushbutton, перетворювач напруги та драйвер реле. Схему електричну принципову програмно-апаратного засобу керування освітленням у Розумному будинку наведено на рисунку 3.1. Слід відзначити, що даний програмно-апаратний засіб спроектований для керування чотирма джерелами освітлення (хоча є можливість додавання додаткових).

Основний елемент схеми – мікроконтролер ESP32 (позначений як U2), який управляє всіма компонентами. ESP32 має кілька цифрових входів і виходів, до яких підключені датчики та виконавчі пристрої.

Кнопки ручного керування (позначені як KEY1, KEY2, KEY3, KEY4) підключені до цифрових портів ESP32 (GPIO 32, 33, 25, 26 відповідно). Ці

кнопки дозволяють вручну вмикати чи вимикати відповідні лампи, що забезпечує альтернативний спосіб керування.

Для автоматизації процесу керування використовується 4 датчики руху HC-SR501 (позначені як U4, U5, U6, U7), які підключені до цифрових входів ESP32 (GPIO 12, 14, 27, 13). Датчики виявляють рух у приміщенні та передають сигнали на ESP32 для активації ламп. Додатково, світлорезисторний модуль LDR (позначений як U8, U9, U10, U11) підключений до аналогових входів ESP32, що дозволяє визначити рівень природного освітлення. Це забезпечує функцію автоматичного ввімкнення ламп лише тоді, коли рівень освітлення низький.

Для керування реле використовується мікросхема ULN2003 (позначена як U1), яка працює як драйвер реле. Виходи ESP32 (GPIO 15, 2, 4, 16) підключені до входів ULN2003, яка підсилює сигнали для активації реле (K1, K2, K3, K4). Реле, у свою чергу, комутують лампи (L1, L2, L3, L4), що живляться від мережі 220 В. Діоди (D1, D2, D3, D4) типу 1N4007 встановлені паралельно обмоткам реле для захисту від зворотної електрорушійної сили (ЕРС), що виникає під час перемикання.

Живлення всіх компонентів забезпечується стабілізованим джерелом напруги. Модуль LM7805CV (позначений як U3) перетворює напругу 12 В на стабільні 5 В для живлення ESP32, датчиків руху, кнопок і світлорезисторів. Лінії живлення (+12 В і GND) проходять через всю схему, живлячи як мікроконтролер, так давачі (визначення рівня освітлення та руху), а також виконавчі механізми.

Таким чином, мікроконтролер ESP32 координує роботу всієї системи. Сигнали з датчиків та кнопок обробляються мікроконтролером, який залежно від умов приймає рішення про активацію реле для ввімкнення чи вимкнення відповідних ламп. Логіка роботи враховує рівень освітлення, наявність руху та можливість ручного керування.

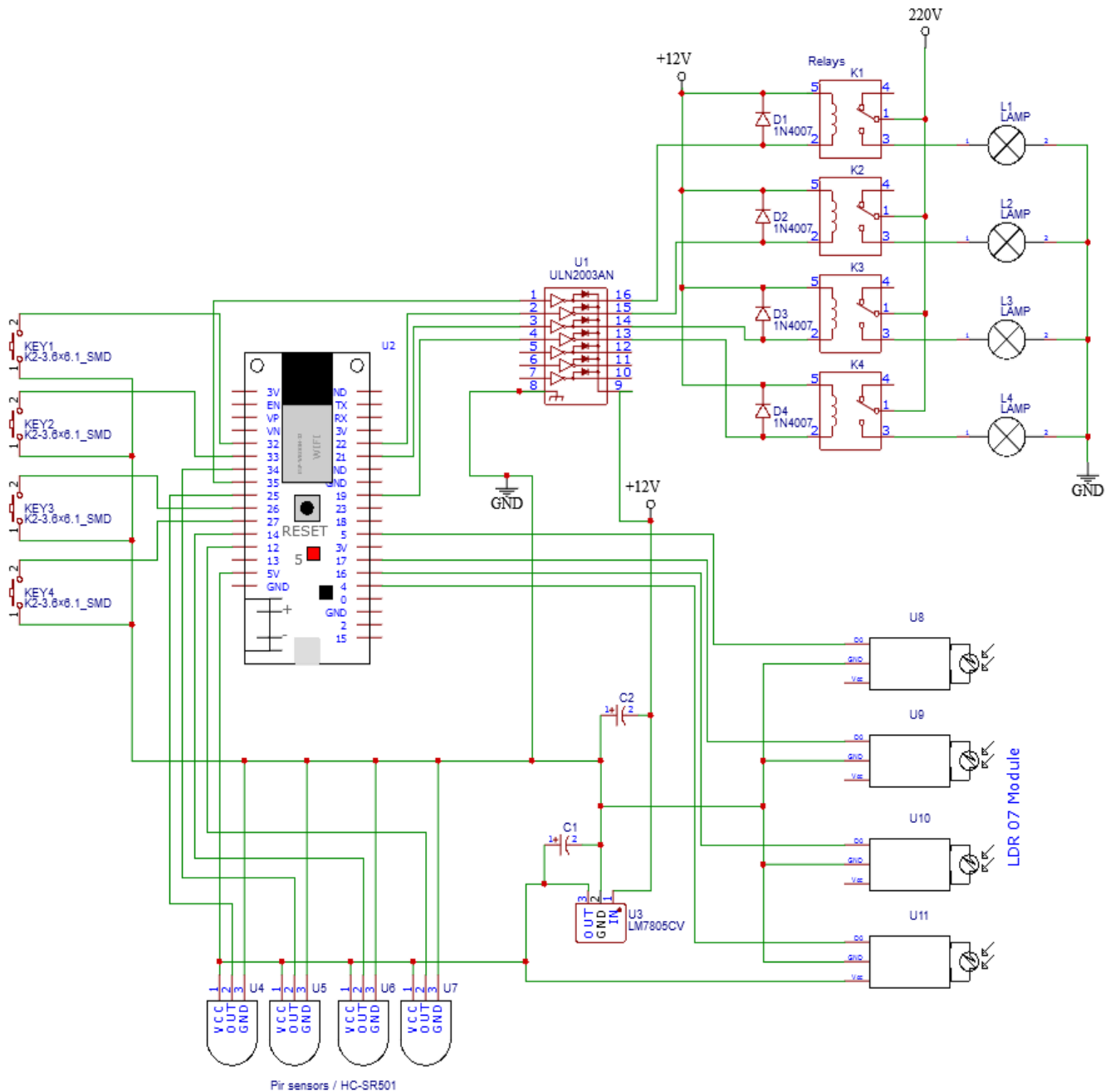


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова проектованої системи

### 3.2 Програмна реалізація проектованого програмно-апаратного засобу

Програмна реалізація проектованого програмно-апаратного засобу керування освітленням передбачає два ключові етапи. Першим є налаштування та розгортання платформи Arduino Cloud, яка забезпечує інтеграцію пристрою з хмарними сервісами. Це включає створення облікового запису, налаштування IoT-додатка, конфігурацію панелі керування та встановлення необхідних

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

бібліотек. Платформа дозволяє віддалено керувати пристроєм, переглядати дані в реальному часі та створювати автоматизовані сценарії.

Другим важливим етапом є розробка програмного коду для мікроконтролера. Цей код відповідає за зчитування даних із датчиків, обробку інформації, виконання умовних перевірок і передачу даних у хмару. Окрім цього, код забезпечує реакцію на команди з Arduino Cloud, включаючи ввімкнення або вимкнення освітлення, виконання розкладів і обробку сигналів із датчика руху. Таким чином, програмна частина реалізує всю логіку роботи пристрою і забезпечує зручний інтерфейс для користувача.

### 3.2.1 Налаштування та розгортання платформи Arduino Cloud

Механізм роботи із платформою Arduino Cloud у контексті даного програмно-апаратного засобу побудовано таким чином, щоб забезпечити гнучке та зручне дистанційне керування освітленням і автоматизацію сценаріїв.

Процес розгортання системи в Arduino Cloud складається з кількох послідовних етапів, які дозволяють налаштувати пристрій для інтеграції з хмарними сервісами, створити змінні для передачі даних та налаштувати інтерфейс для керування.

Перш за все, потрібно створити обліковий запис на платформі Arduino Cloud і переконатися, що мікроконтролер підтримується. Для даного проекту було обрано мікроконтролер ESP32 WROOM-32D (рис. 3.2, 3.3), який підтримується у Arduino Cloud завдяки вбудованому Wi-Fi модулю, що забезпечує стабільне з'єднання із хмарою. Цей мікроконтролер добре підходить для реалізації IoT-рішень завдяки своїй потужності, енергоефективності та широкому функціоналу. Він дозволяє легко інтегрувати сенсори, керуючі пристрої, а також забезпечувати двосторонню передачу даних між пристроєм і хмарою.

Далі виконується підключення пристрою до платформи: у веб-інтерфейсі створюється новий пристрій, вказується його тип, і генерується унікальний ключ (Device ID), який використовується для автентифікації пристрою в хмарі.

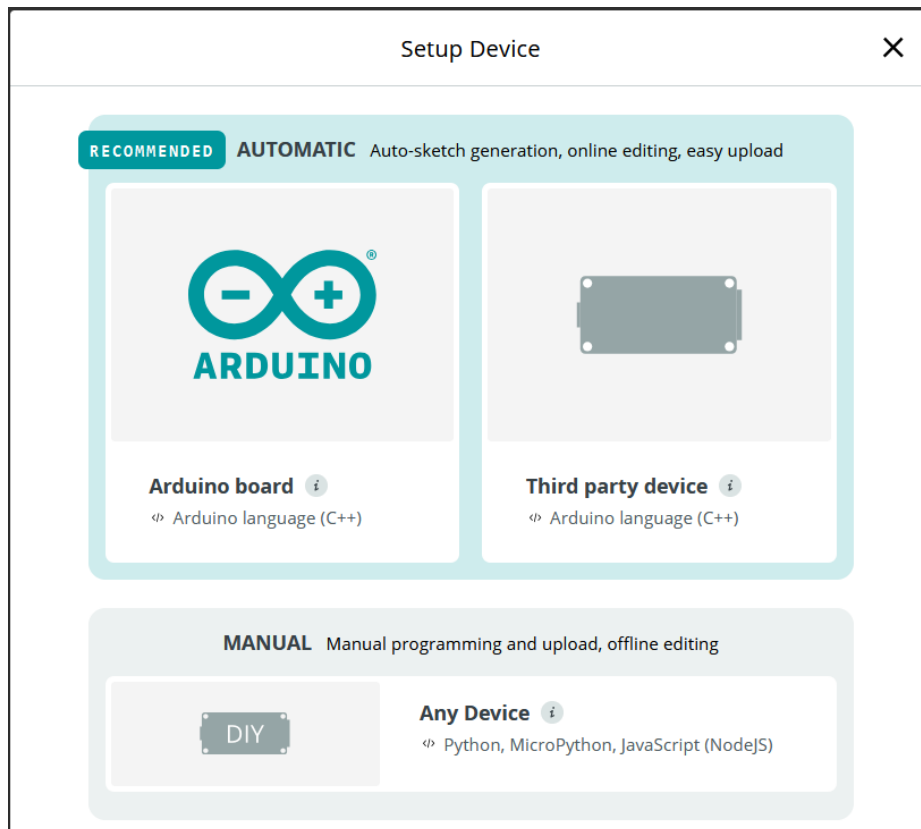


Рисунок 3.2 – Вибір мікроконтролеру у Arduino Cloud

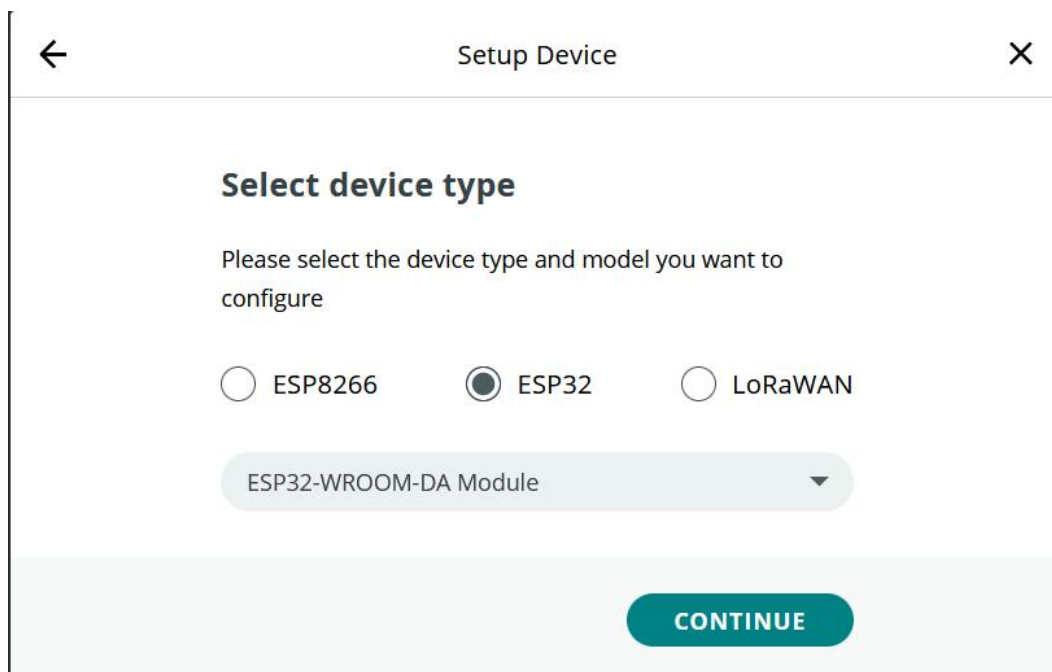


Рисунок 3.3 – Вибір ESP32 WROOM-32D



Наступним кроком є створення хмарних змінних. Це змінні, які дозволяють передавати дані між пристроєм і хмарною платформою. Наприклад, змінні можуть використовуватися для моніторингу рівня освітлення, зчитування стану датчика руху чи відображення статусу освітлення. Кожна змінна створюється з визначенням її типу (наприклад, логічний, числовий або текстовий), доступу (читання або запис), а також інших параметрів. Для проєктованого програмно-апаратного засобу було створено шість хмарних змінних. Чотири з них використовуватимуться для керування освітленням через перемикачі, і таким чином, це дозволило вирішити одне із поставлених завдань. Ще дві хмарні змінні були використані для реалізації сценарію по налаштуванню розкладу для автоматичного ввімкнення/вимкнення ламп у визначений час (наприклад, ввечері або вранці).

При створенні хмарної змінної обов'язково слід вказати її тип. Зокрема для керування ламп освітлення було обрано тип CloudSwitch (рис. 3.6), та вибрано опцію, що дозволяє інтеграцію із Google.

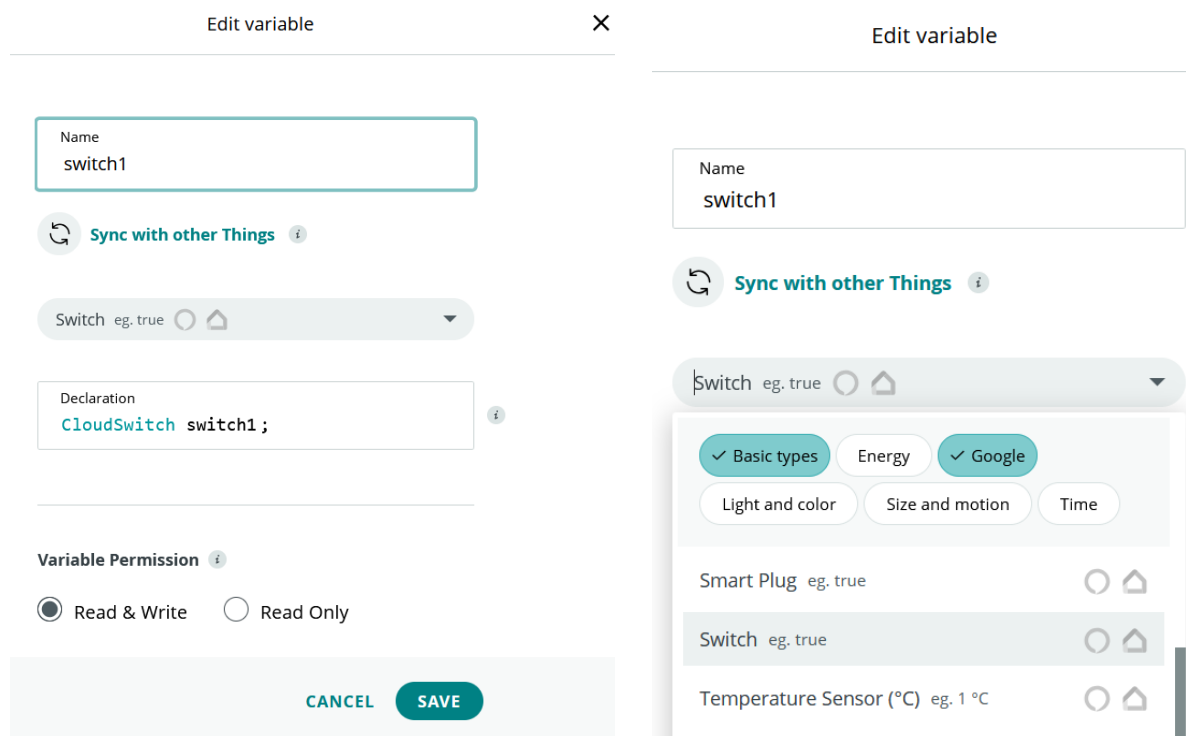
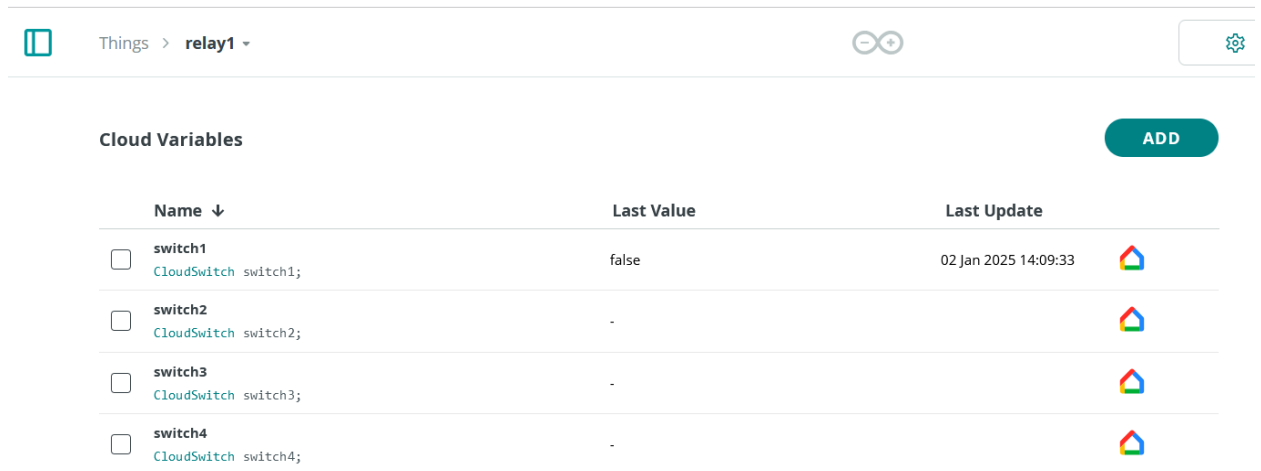


Рисунок 3.6 – Створення хмарної змінної типу CloudSwitch

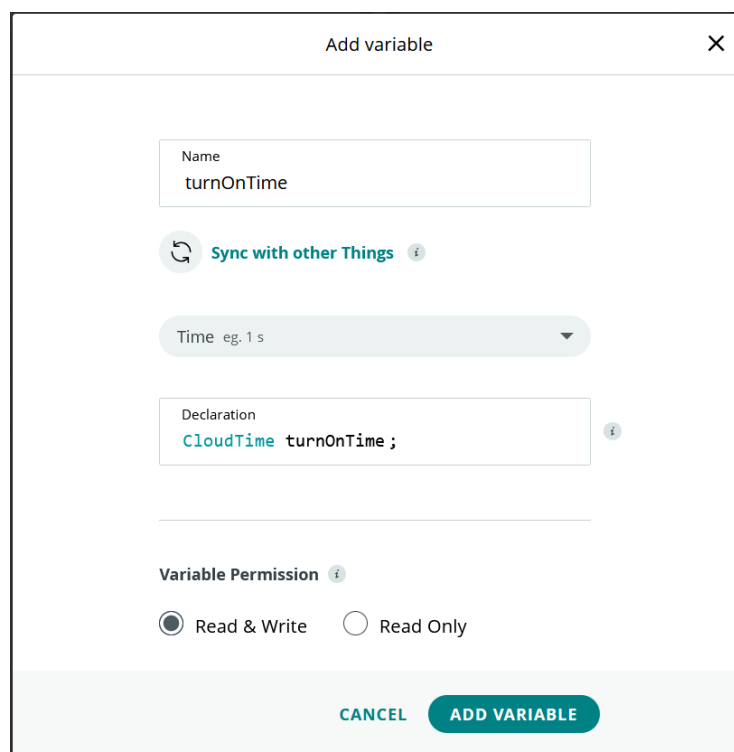
Таким чином було створено решта хмарних змінних для керування освітлення у Розумному будинку (рис. 3.7).



Name ↓	Last Value	Last Update
<input type="checkbox"/> <b>switch1</b> CloudSwitch switch1;	false	02 Jan 2025 14:09:33
<input type="checkbox"/> <b>switch2</b> CloudSwitch switch2;	-	
<input type="checkbox"/> <b>switch3</b> CloudSwitch switch3;	-	
<input type="checkbox"/> <b>switch4</b> CloudSwitch switch4;	-	

Рисунок 3.7 – Створені хмарні змінні типу CloudSwitch

Для реалізації функції планувальника часу було створено ще дві хмарні змінні типу CloudTime із назвами turnOnTime та turnOffTime.



Add variable

Name  
turnOnTime

Sync with other Things

Time eg. 1 s

Declaration  
CloudTime turnOnTime;

Variable Permission

Read & Write  Read Only

CANCEL ADD VARIABLE

Рисунок 3.8 – Створення хмарної змінної типу CloudTime

Після створення всіх хмарних змінних було виконано з'єднання створеної речі та її хмарних змінних із створеним раніше пристроєм (рис. 3.9).

### Associated Device

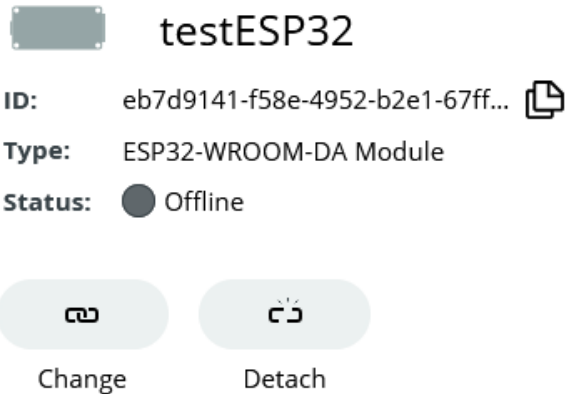


Рисунок 3.9 – З'єднання створеної речі та її хмарних змінних із створеним раніше пристроєм

Після цього налаштовується панель керування (Dashboard). Вона надає користувачам зручний інтерфейс для взаємодії з пристроєм. У панелі додаються відповідні віджети, такі як кнопки, перемикачі, графіки чи індикатори. Вони пов'язуються зі створеними хмарними змінними, що дозволяє візуалізувати дані та керувати функціями пристрою (рис. 3.10).

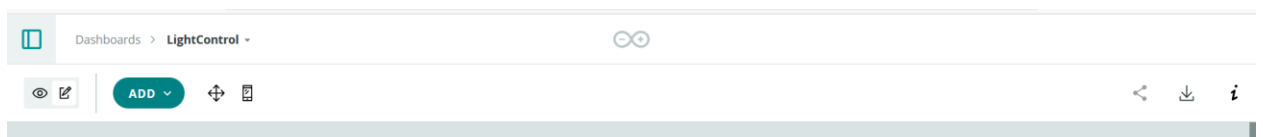


Рисунок 3.10 – Створення панелі управління

Далі було додано графічні елементи (віджети), які будуть зв'язувати графічні елементи та хмарні змінні. Для цього було обрано Add, де в якості віджету було обрано Switch (рис. 3.11, 3.12).

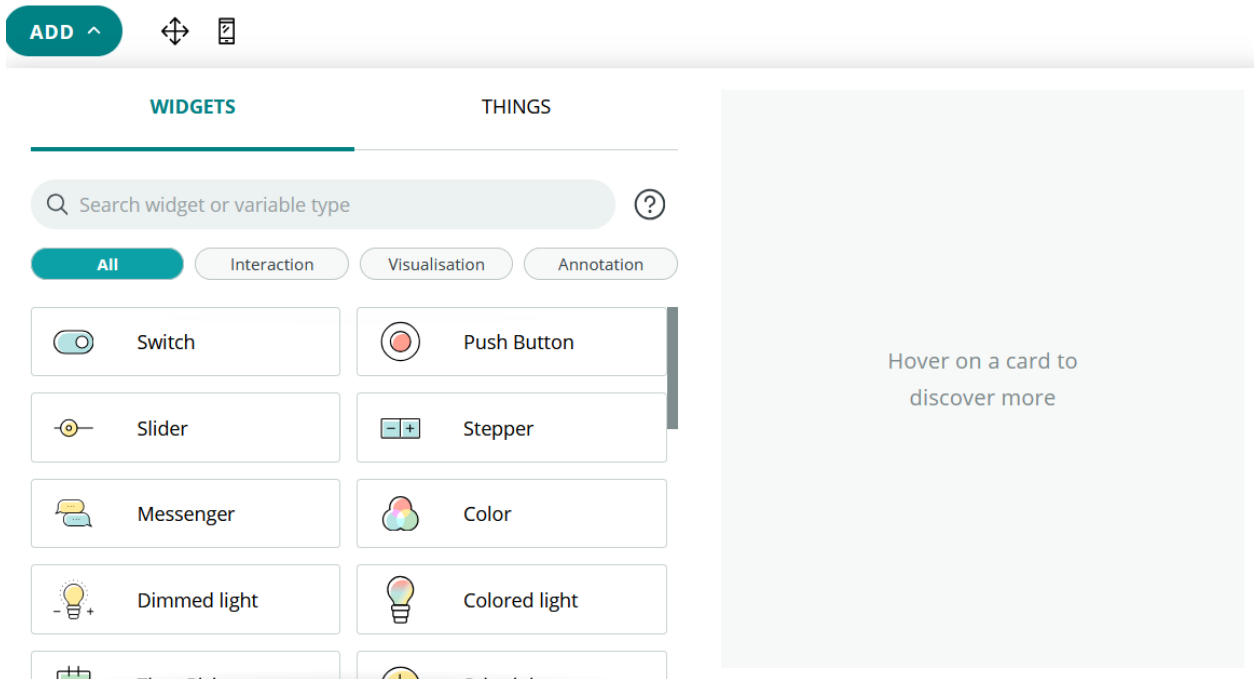


Рисунок 3.11 – Створення панелі управління

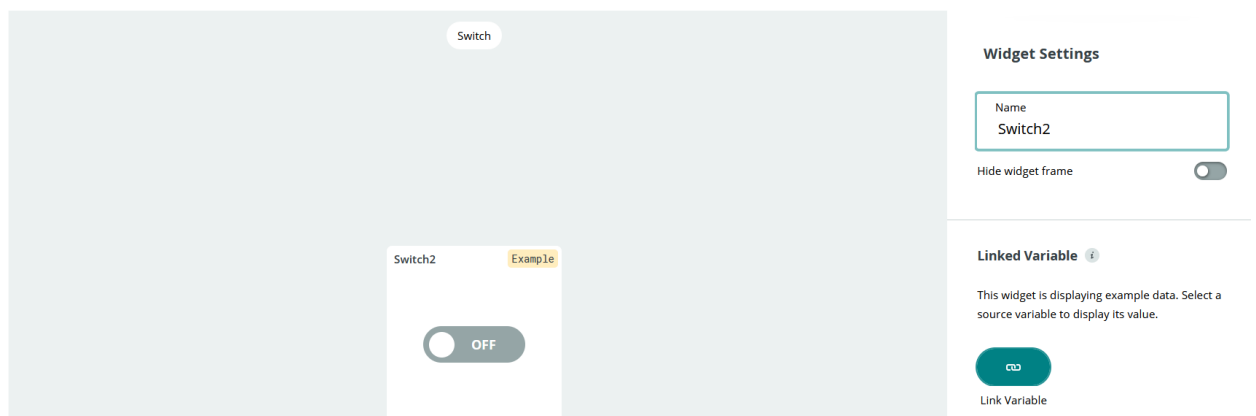


Рисунок 3.12 – Створений віджету Switch

Далі слід зв'язати віджет із хмарною змінною. Для того щоб зв'язати віджет із хмарною змінною, необхідно скористатися функцією Link Variable. Спочатку потрібно обрати пристрій (рiч), до якого відноситься змінна, та саму змінну, яку потрібно зв'язати з віджетом. Після цього слід підтвердити зв'язування, натиснувши кнопку Link Variable. Це дозволить встановити зв'язок між віджетом і змінною, забезпечуючи коректну взаємодію віджета з даними, які він буде відображати чи обробляти.

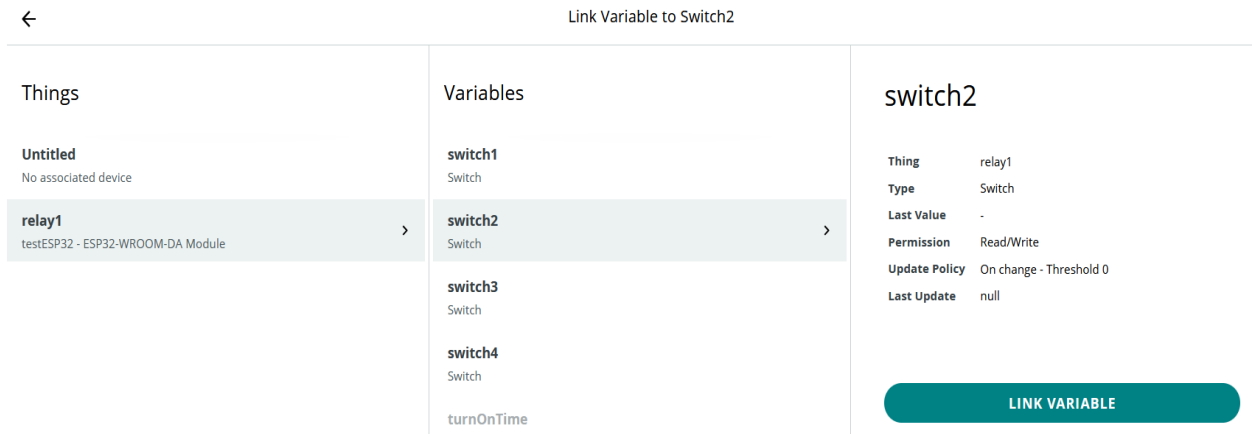


Рисунок 3.13 – Зв’язування віджету Switch із хмарною змінною

Далі було виконано аналогічні кроки для додавання віджетів, що відображали б час. Для цього було використано віджет TimePicker (рис. 3.14).

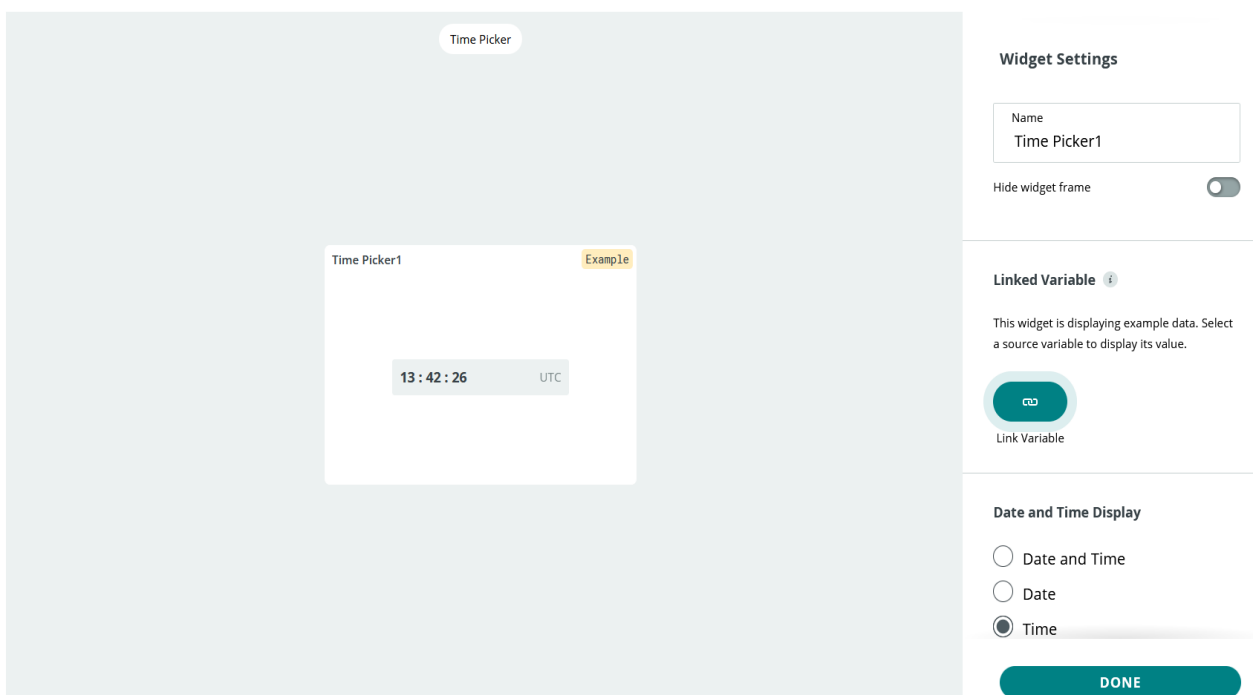


Рисунок 3.14 – Створений віджету TimePicker

Таким чином в результаті буде створено панель керування (dashboard), що дозволяє виконувати керування освітленням чотирьох джерел світла, а також налаштовувати розклад для автоматичного ввімкнення/вимкнення джерел освітлення у визначений час (рис. 3.15).

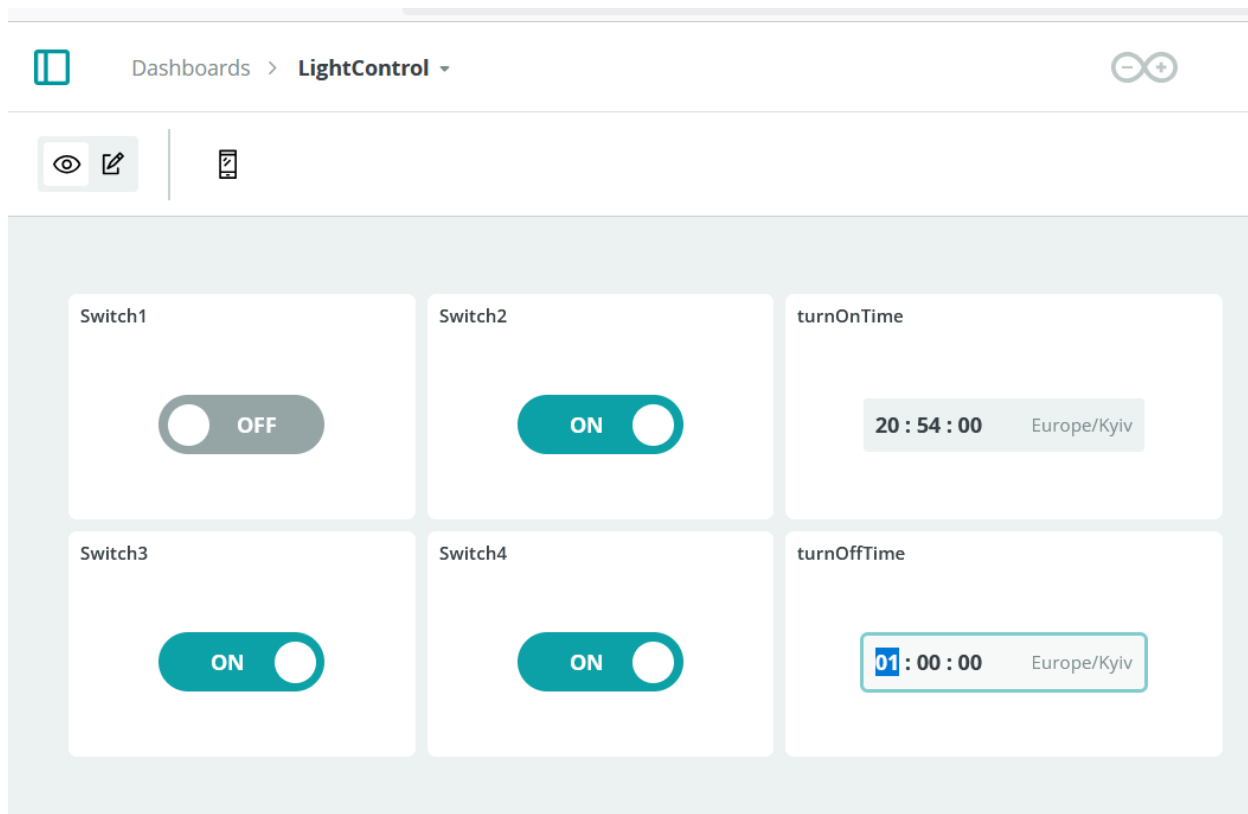


Рисунок 3.15 – Панель керування освітлення у системі Розумний будинок

### 3.2.2 Програмна реалізація функцій керування на мікроконтролері ESP32

Програмна реалізація функцій керування на мікроконтролері ESP32 передбачає створення алгоритму, який дозволяє керувати підключеними пристроями як вручну, через фізичні перемикачі, так і дистанційно, через хмарну платформу. Цей підхід забезпечує автоматизацію процесів, інтеграцію з іншими елементами розумного будинку та підвищує зручність користування. Головну блок-схему програми керування освітлення для мікроконтролера ESP32 наведено на рис. 3.16.

На першому етапі програмна частина забезпечує базову ініціалізацію всіх апаратних компонентів, таких як GPIO-піни для підключення реле, датчиків і перемикачів. Це дозволяє мікроконтролеру визначити їхній початковий стан і підготуватися до подальшої роботи.

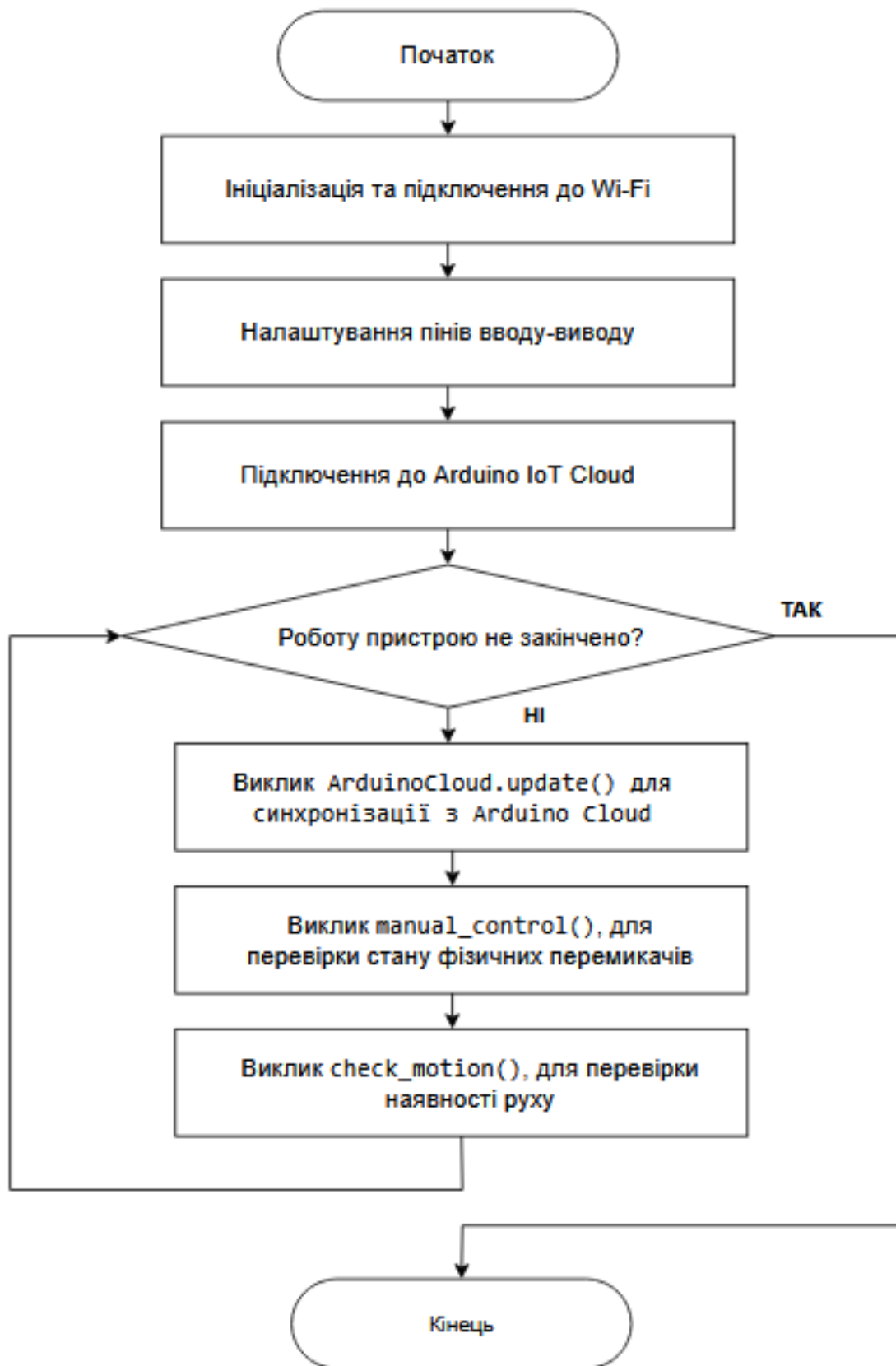


Рисунок 3.16 – Головна блок-схема програми керування освітлення для мікроконтролера ESP32

Далі виконується підключення до Wi-Fi-мережі для забезпечення комунікації з хмарною платформою Arduino Cloud. Цей етап важливий для реалізації функцій віддаленого керування та синхронізації даних у реальному часі. Хмарна платформа слугує центральною точкою для збору даних і передачі команд на мікроконтролер, дозволяючи користувачеві керувати пристроєм через мобільний застосунок або веб-інтерфейс.

Програма включає функції для автоматичного керування пристроями, наприклад, активацію освітлення залежно від сигналу з датчика руху та рівня освітлення. Це забезпечується за допомогою алгоритмів обробки даних із датчиків і прийняття рішень на основі заздалегідь визначених умов.

Реалізовано також функціонал ручного керування через фізичні перемикачі. Це досягається завдяки обробці сигналів із перемикачів, яка враховує захист від дрібних перешкод (дебаунсінг) та дозволяє користувачу локально керувати реле, навіть за відсутності підключення до мережі. Псевдокод роботи даної функції наведено на рисунку 3.17.

```
If (стан перемикача SwitchPin1 є НИЗЬКИМ (натиснуто) і попередній стан перемикача був ВИСОКИМ)
  If (поточний час (currentMillis) мінус час останнього натискання (lastDebounceTime1) перевищує
затримку для фільтрації перешкод (debounceDelay))
  | Змінити стан реле 1 на протилежний (toggleState_1 = !toggleState_1).
  | Встановити новий стан реле 1 (RelayPin1) відповідно до нового значення toggleState_1.
  | Оновити змінну switch1 для хмарної платформи значенням toggleState_1.
  | Оновити час останнього натискання перемикача (lastDebounceTime1 = currentMillis).

Оновити попередній стан перемикача (previousSwitchState1) значенням поточного стану перемикача
(SwitchPin1).
```

Рисунок 3.17 – Псевдокод роботи функції ручного керування через фізичні перемикачі

Зв'язок із Arduino Cloud здійснюється через використання бібліотеки Arduino IoT Cloud, зокрема реалізовано наступну послідовність кроків:

1. ініціалізація змінних для Arduino Cloud. У файлі thingProperties.h визначені змінні, які синхронізуються з Arduino Cloud. Даний файл містить опис властивостей (properties), таких як switch1, switch2 та ін, які пов'язані з хмарними змінними в Arduino Cloud.

2. ініціалізація з'єднання. У функції `setup()` викликається функція `ArduinoCloud.begin()` для встановлення з'єднання з хмарою:

```
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
```

Ця функція використовує об'єкт `ArduinoIoTPreferredConnection`, який визначений у `thingProperties.h`. Він відповідає за налаштування мережі Wi-Fi та забезпечення зв'язку з хмарною платформою.

### 3. Оновлення стану змінних

Функція `ArduinoCloud.update()` викликається у функції `loop()` для синхронізації локальних змінних із хмарою:

```
ArduinoCloud.update();
```

Дана функція синхронізує стан змінних між мікроконтролером і хмарою. Викликає відповідні функції-обробники (callback functions), якщо змінюються хмарні змінні.

4. Обробники подій. Для кожної змінної визначаються обробники подій, які виконуються при зміні значень у хмарі. Наприклад для першого перемикача:

```
void onSwitch1Change() {  
    if (switch1) {  
        digitalWrite(RelayPin1, HIGH);  
        Serial.println("Device1 ON");  
    } else {  
        digitalWrite(RelayPin1, LOW);  
        Serial.println("Device1 OFF");  
    }  
}
```

Цей обробник спрацьовує щоразу, коли змінна `switch1` змінюється в `Arduino Cloud`. У ньому стан змінної `switch1` використовується для керування відповідним реле.

Орім того, програмний алгоритм дозволяє налаштовувати розклад автоматичного ввімкнення або вимкнення пристроїв у визначений час.

### 3.3. Моделювання роботи програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

Для моделювання роботи програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud було використано середовище Wokwi (рис. 3.18, 3.19).

Wokwi – це онлайн-симулятор, який дозволяє моделювати роботу мікроконтролерів та IoT-пристроїв без необхідності використовувати фізичне обладнання. На цій платформі можна створювати схеми з мікроконтролерами, такими як Arduino або ESP32, та підключати до них віртуальні компоненти, наприклад, датчики, реле, світлодіоди або кнопки.

Wokwi дозволяє програмувати пристрої безпосередньо у вебінтерфейсі, використовуючи знайомий код Arduino. Симулятор дає змогу перевірити роботу пристрою в реальному часі: як працюють підключені компоненти, як реагує система на зовнішні дії та як реалізується обмін даними з хмарними сервісами, такими як Arduino Cloud.

Ця платформа особливо корисна для тестування та відлагодження коду, адже тут можна без ризику пошкодити обладнання експериментувати з різними конфігураціями. Завдяки Wokwi є можливість повністю змоделювати свій пристрій, побачити його роботу на практиці та підготувати все необхідне для реалізації у реальному світі.

Схему моделювання роботи програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud у Wokwi наведено на рис. 3.18.

Для моделювання роботи спроектованого пристрою були використані всі необхідні компоненти, які відповідали фізичному пристрою. Зокрема, було створено схему, що відображає реальне підключення апаратних елементів, таких як мікроконтролер ESP32, реле, перемикачі, світлодіоди та інші компоненти. Також було враховано логіку роботи програмного забезпечення, яка дозволяє перевірити взаємодію між окремими елементами системи. Проектування та

тестування пристрою проводилось для чотирьох джерел освітлення, моделювання яких виконувалось через світлодіоди.

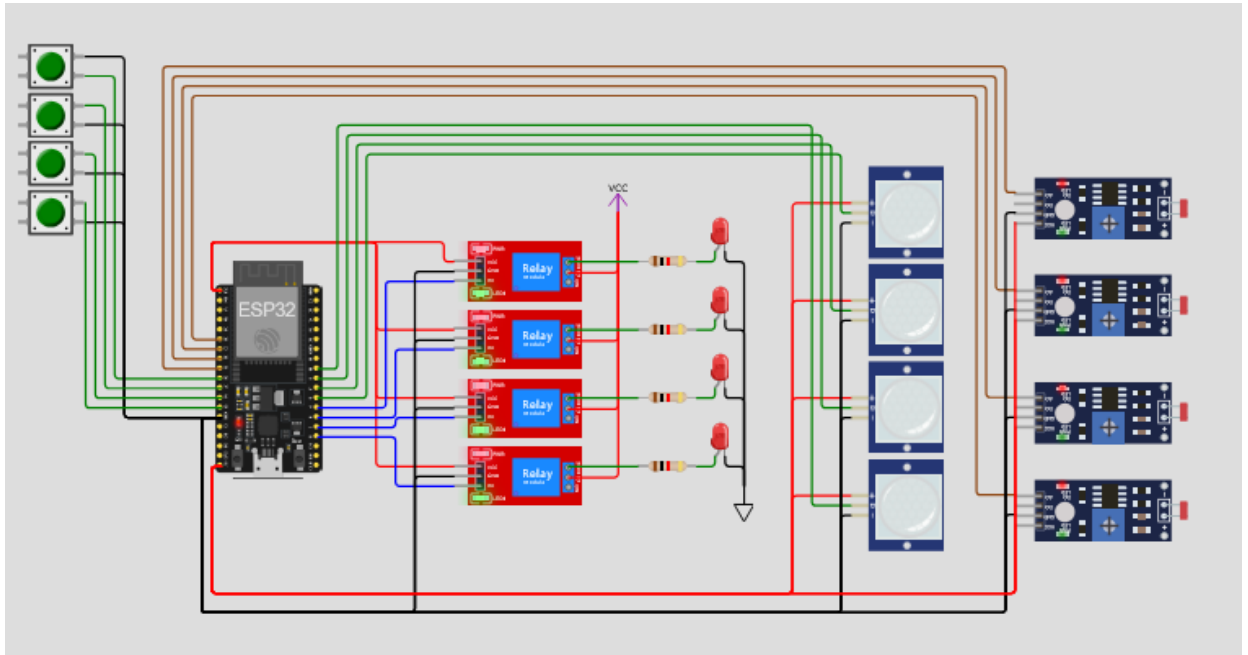


Рисунок 3.18 – Схема моделювання роботи програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud у Wokwi

У процесі моделювання роботи спроектованого пристрою було перевірено всі можливі сценарії його функціонування, щоб упевнитися в коректній роботі апаратної та програмної частини. Зокрема, було протестовано керування вручну через фізичні перемикачі, де при натисканні відповідних кнопок відбувалося перемикання стану реле. Okремо перевірено можливість дистанційного керування через платформу Arduino Cloud, що дозволило змінювати стан підключених пристроїв за допомогою інтерфейсу хмарного сервісу. Також протестовано автоматичне увімкнення ламп при спрацюванні датчика руху, коли виявлення активності запускало відповідний алгоритм. Okрім цього, перевірено функціонування пристрою за заданим розкладом, який можна налаштувати через Arduino Cloud, щоб лампи вмикалися та вимикалися у визначений час.

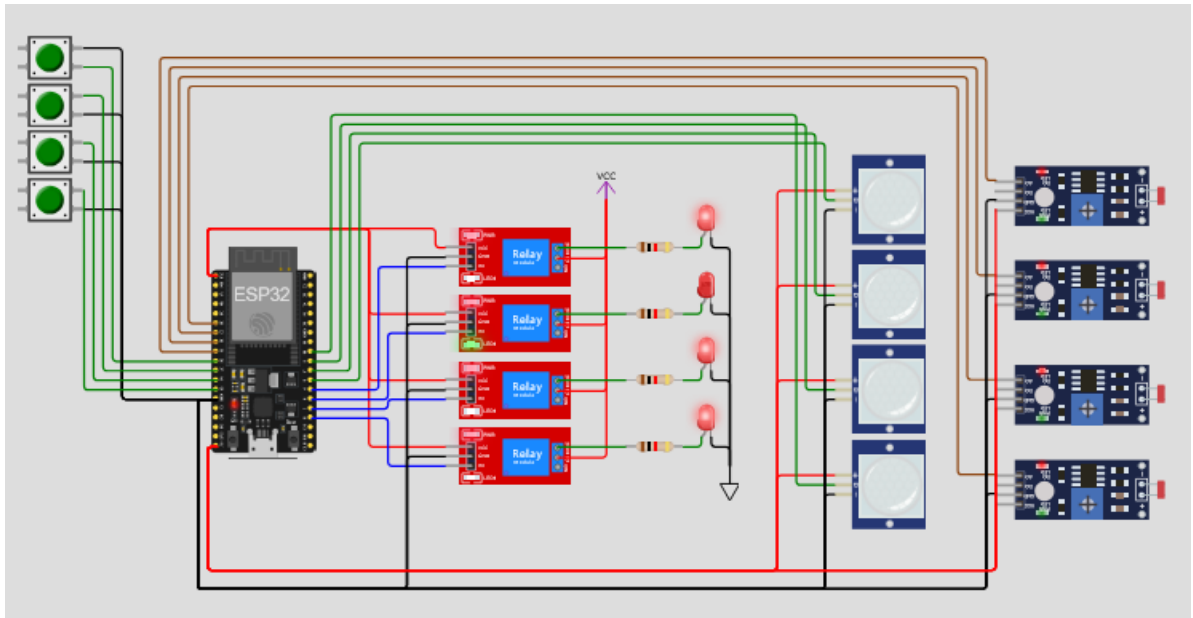


Рисунок 3.19 – Тестування спроектованого пристрою

### 3.4 Оцінка вартості проекту

При розробці та впровадженні програмно-технічного засобу керування освітленням у системі «Розумний будинок» важливим етапом є оцінка вартості проекту. Розглянемо аналіз фінансових витрат, необхідних для реалізації системи на базі хмарної платформи Arduino Cloud з використанням мікроконтролера ESP32-WROOM-32 та відповідних датчиків і виконавчих пристроїв.

Для оцінки загальної вартості проекту врахуємо витрати на основні апаратні компоненти, можливі витрати на програмне забезпечення, а також додаткові витрати на монтаж і налаштування.

Запропонований пристрій розробляється для керування чотирма точками освітлення в системі «Розумний будинок». Кожна точка освітлення оснащена відповідним комплектом апаратного забезпечення, який включає датчик освітленості (світлорезистор), датчик руху HC-SR501, реле для комутації джерела світла та ручний перемикач для можливості локального керування.

У таблиці 3.1 наведено оцінка вартості програмних компонентів для спроектованого програмно-технічного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата





### 3.5 Висновки

У даному розділі було розглянуто ключові аспекти розробки та реалізації програмно-апаратного засобу для керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud. Детально проаналізовано принципову електричну схему, яка забезпечує функціонування пристрою, та створено програмну реалізацію, що виконує необхідні функції керування на мікроконтролері ESP32. Описано механізми взаємодії пристрою з платформою Arduino Cloud для віддаленого керування, а також алгоритми роботи з реле, перемикачами, світлодіодами та сенсорами. Для перевірки працездатності розробленої системи було проведено моделювання в середовищі Wokwi. У процесі моделювання роботи спроектованого пристрою було протестовано всі можливі сценарії, зокрема ручне керування через перемикачі, керування через платформу Arduino Cloud, автоматичне ввімкнення освітлення при спрацюванні датчика руху, а також роботу освітлення за розкладом. Особливу увагу було приділено перевірці надійності роботи системи, врахуванню затримок та відгуків пристроїв під час взаємодії з хмарною платформою. Отримані результати підтвердили коректність розробленого пристрою та його відповідність поставленим завданням.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

## ВИСНОВКИ

За результатами виконання даного проєкту було спроектовано та реалізовано прототип програмно-апаратного засобу для керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud. Розроблена система забезпечує зручність управління через інтернет, інтеграцію з датчиками та автоматизацію процесів освітлення, що сприяє підвищенню комфорту користувачів та оптимізації споживання електроенергії. Проведене моделювання підтвердило працездатність створеного рішення, його функціональність та відповідність поставленим вимогам.

У першому розділі проведено огляд концепції Розумного будинку, досліджено технології, що лежать в основі Розумного будинку. Проаналізовано відомі комерційні програмно-апаратні засоби керування освітленням у системі Розумний будинок. Здійснено огляд хмарних платформ, що використовуються у системах керування та автоматизації.

В другому розділі визначено вимоги та запропоновано структуру проєктованого програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумного будинку, а також проаналізовано обрані апаратні та програмні рішення. Система організована таким чином, що кожен вузол містить окреме джерело освітлення, датчик руху, датчик рівня освітленості та локальний перемикач. Мікроконтролер ESP32-WROOM-32 виступає центральним елементом, який отримує дані від усіх датчиків і забезпечує взаємодію між елементами вузлів та хмарною платформою Arduino Cloud. Функції системи включають дистанційне керування освітленням через хмарну платформу Arduino Cloud, автоматичне ввімкнення джерел освітлення у випадку виявлення руху, але лише за умови низького рівня природного освітлення, а також локальне керування освітленням через перемикачі. Завдяки використанню ESP32-WROOM-32 система може обробляти інформацію з кількох вузлів, що дозволяє інтегрувати різні сценарії керування для кожного окремого джерела освітлення у системі Розумного будинку.

					КвРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 59
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

В третьому розділі було розглянуто ключові аспекти розробки та реалізації програмно-апаратного засобу для керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud. Запропоновано схему електричну принципову, яка забезпечує функціонування пристрою, та створено програмну реалізацію, що виконує необхідні функції керування на мікроконтролері ESP32. Описано механізми взаємодії пристрою з платформою Arduino Cloud для віддаленого керування, а також алгоритми роботи з реле, перемикачами, світлодіодами та сенсорами. Для перевірки працездатності розробленої системи було проведено моделювання в середовищі Wokwi. У процесі моделювання роботи спроектованого пристрою було протестовано всі можливі сценарії, зокрема ручне керування через перемикачі, керування через платформу Arduino Cloud, автоматичне ввімкнення освітлення при спрацюванні датчика руху, а також роботу освітлення за розкладом. Особливу увагу було приділено перевірці надійності роботи системи, врахуванню затримок та відгуків пристроїв під час взаємодії з хмарною платформою. Отримані результати підтвердили коректність розробленого пристрою та його відповідність поставленим завданням.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Як працює система керування освітленням з телефону? URL: [https://12-220.zp.ua/keruvannya\\_osvitlenniam\\_z\\_telefonu/?srsltid=AfmBOopF\\_4p9d-CGGOsSF\\_R3XKiLoyxCWWWTНxy1-2uG3Cp8opkVQEm84](https://12-220.zp.ua/keruvannya_osvitlenniam_z_telefonu/?srsltid=AfmBOopF_4p9d-CGGOsSF_R3XKiLoyxCWWWTНxy1-2uG3Cp8opkVQEm84) (дата звернення 12.03.2025).
2. Ватра. Система «Розумне освітлення», URL: <https://vatra.ua/ukr/street-lighting/smart-lighting-VATRA> (дата звернення 12.03.2025).
3. Керування світлом у будинку: технології та переваги, URL: <https://lusterlicht.com.ua/blog/keruvannia-svitlom-u-budynku-tekhnologii-ta-perevahy/> (дата звернення 12.03.2025).
4. Smart Light Guide, URL: <https://www.screwfix.com/guides/smart-homes/smart-lighting-guide> (дата звернення 12.03.2025).
5. Budianto D., Nurmaini S., Tutuko B. Real-Time Lighting Control System for Smart Home Applications. *Computer Engineering and Applications Journal*. 2018. Vol. 7, No. 3. DOI: 10.18495/comengapp.v7i3.267.
6. Parks E. Smart Lighting: Enhancing Smart Home Use Cases URL: <https://www.parksassociates.com/blogs/home-systems-and-controls/smart-lighting--enhancing-smart-home-use-cases5> (дата звернення 12.03.2025).
7. 1dal. Розумне освітлення URL: <https://1dal.com.ua/ua/g132843032-umnoe-osveschenie> (дата звернення 12.03.2025).
8. Комплект для Розумного будинку Vera Light Kit, URL: [https://elektron.kiev.ua/ua/p1021580390-komplekt-dlya-umnogo.html?srsltid=AfmBOoqO7qqCFUDKn4U37u\\_jzmfIHVVaEAeaxhnDpQ5oTZrgsUXkMXHr](https://elektron.kiev.ua/ua/p1021580390-komplekt-dlya-umnogo.html?srsltid=AfmBOoqO7qqCFUDKn4U37u_jzmfIHVVaEAeaxhnDpQ5oTZrgsUXkMXHr) (дата звернення 12.03.2025).
9. Kausar F., Eisa E. A., Bakhsh I. Intelligent Home Monitoring Using RSSI in Wireless Sensor Networks. *International Journal of Computer Networks & Communications*. 2012. Vol. 4. P. 33–46.
10. Javale D., Mohsin M., Nandanwar S., Shingate M. Home Automation and Security System Using Android ADK. *International Journal of Electronics Communication and Computer Technology*. 2013. Vol. 3. P. 382–385.

					КВРКІ. 210230.21.02.56 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

11. Potts J., Sukittanon S. Exploiting Bluetooth on Android mobile devices for home security applications // *Southeastcon, 2012 Proceedings of IEEE*. Orlando, FL, 2012.
12. Ramlee R. A., Leong M. H., Singh R. S. S., Ismail M. M., Othman M. A., Sulaiman H. A., et al. Bluetooth Remote Home Automation System Using Android Application. *The International Journal of Engineering and Science*. 2013. Vol. 2. P. 149–153.
13. Yan M., Shi H. Smart Living Using Bluetooth Based Android Smartphone. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*. 2013. Vol. 5. P. 65–72.
14. ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/> (дата звернення 12.03.2025).
15. ESP32-S3 DevKitC Pinout Reference Guide: GPIOs Explained, URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-s3-devkitc-pinout-guide/> (дата звернення 12.03.2025).
16. How to Interface HC-SR501 PIR (Motion) Sensor with an Arduino, URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interface-pir-sensor-with-arduino> (дата звернення 12.03.2025).
17. Модуль з фоторезистором аналого-цифровий, URL: <https://robostore.com.ua/ua/moduli-i-datchiki/datchiki-osveshennosti/modul-s-fotorezistorom-analogovo-cifrovoj/> (дата звернення 12.03.2025).
18. Wokwi simulator, URL: <https://wokwi.com/> (дата звернення 12.03.2025).
19. Arduino Cloud, URL: <https://cloud.arduino.cc/> (дата звернення 12.03.2025).
20. Smart Home IoT Project using Arduino Cloud & ESP32, URL: <https://iotcircuithub.com/smart-home-iot-project-arduino-cloud-esp32/> (дата звернення 12.03.2025).
21. Arduino IoT Cloud Smart Home With Alexa Using NodeMCU - IoT Project 2022, URL: <https://www.instructables.com/Arduino-IoT-Cloud-Smart-Home-With-Alexa-Using-Node/> (дата звернення 12.03.2025).

22. How to set-up and build a project using Arduino IoT Cloud, URL: <https://www.engineersgarage.com/arduino-iot-cloud-starter-guide/> (дата звернення 12.03.2025).

23. Tran A. K., Le M. B. N., Hoang H. S., Nguyen M. T. Designing Efficient Smart Home Management with IoT Smart Lighting: A Case Study. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2020. Vol. 2020. P. 1–18.

24. Fernandes E., Jung J., Prakash A. Analysis of emerging smart home applications. *2016 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP)*. San Jose, CA, USA, 2016. P. 636–654.

25. Jacobsson A., Boldt M., Carlsson B. A risk analysis of a smart home automation system. *Future Generation Computer Systems*. 2016. Vol. 56. P. 719–733.

26. Markantonakis K., Akram R. N., Msnaga M. G. Secure and trusted application execution on embedded devices. *Innovative Security Solutions for Information Technology and Communications*. Springer, 2015. Vol. 9522.

27. Kumar P., et al. Lightweight and secure session-key establishment scheme in smart home environments. *IEEE Sensors Journal*. 2016. Vol. 16, No. 1. P. 254–264.

28. Madakam S., Date H. Security mechanisms for connectivity of smart devices in the Internet of Things. *Connectivity Frameworks for Smart Devices*. Springer, 2016. Vol. 1 of Computer Communications and Networks. P. 23–41.

29. Lee H., Ahn C. R., Choi N., Kim T., Lee H. The effects of housing environments on the performance of activity-recognition systems using Wi-Fi channel state information: An exploratory study. *Sensors*. 2019. Vol. 19, No. 5. P. 983.

30. Zhihua S. Design of smart home system based on ZigBee. *2016 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*. 2016. P. 167–170. Zhangjiajie, China.

31. Bassoli M., Bianchi V., De Munari I. A plug and play IoT Wi-Fi smart home system for human monitoring. *Electronics*. 2018. Vol. 7, No. 9. P. 200.

32. Wenbo Y. A. N., Quanyu W. A. N. G., Zhenwei G. A. O. Smart home implementation based on Internet and WiFi technology. *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*. 2015. P. 9072–9077. Hangzhou, China.

33. Bhatt A., Patoliya J. Cost-effective digitization of home appliances for home automation with low-power WiFi devices. *2016 2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB)*. 2016. P. 643–648. Chennai, India.

34. Vivek G. V., Sunil M. P. Enabling IoT services using WiFi-ZigBee gateway for a home automation system. *2015 IEEE International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*. 2015. P. 77–80. Kolkata, India.

35. Kodali R., Soratkal S. R. MQTT-based home automation system using ESP8266. *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*. 2016. P. 1–5. Agra, India.

36. Sung W.-T., Lin J.-S. Design and implementation of a smart LED lighting system using a self-adaptive weighted data fusion algorithm. *Sensors*. 2013. Vol. 13, No. 12. P. 16915–16939.

37. Froiz-Míguez I., Fernández-Caramés T., Fraga-Lamas P., Castedo L. Design, implementation and practical evaluation of an IoT home automation system for fog computing applications based on MQTT and ZigBee-WiFi sensor nodes. *Sensors*. 2018. Vol. 18, No. 8. P. 2660.

38. Chang C.-Y., Kuo C.-H., Chen J.-C., Wang T.-C. Design and implementation of an IoT access point for smart home. *Applied Sciences*. 2015. Vol. 5, No. 4. P. 1882–1903.

39. Budianto D., Nurmaini S., Tutuko B., Raflesia S. P. Real-time lighting control system for smart home applications. *Computer Engineering and Applications Journal*. 2018. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:69657411> (дата звернення 12.03.2025).

40. Kausar F. Intelligent home monitoring using RSSI in wireless sensor networks. *International Journal of Computer Networks & Communications*. 2012. Vol. 4. P. 33–46.

41. Поліщук В.Г., Богун Л.В. Активізація сталого розвитку міст на основі сучасних технологій у системі Smart City *Глобальні та національні проблеми*

економіки. 2015. № 8. С. 776–780. URL: <http://global-national.in.ua/archive/8-2015/164.pdf>. (дата звернення 12.03.2025).

42. Чукут С.А., Дмитренко В.І. Смарт-сіті чи електронне місто: сучасні підходи до розуміння впровадження Е-урядування на місцевому рівні [Електронний ресурс]. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 13. С. 89–93. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/13\\_2016/17.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/13_2016/17.pdf) (дата звернення 12.03.2025).

43. Мужанова Т.М. «Розумне місто» як інноваційна модель управління. *Економіка. Менеджмент. Бізнес*. 2017. № 2 (20). С. 116–122.

44. Базилевич В. М., Мальцева М. В., Петренко Т. А., Черниш Л. Г. Захищена система розумного будинку з використанням Internet of Things. *Технічні науки та технології*. 2020. № 2(20). С. 218–228.

45. Андреев О. В., Дубина О., Нікітчук Т. М. Комбінована система сигналізації на базі ESP32CAM. *Технічна інженерія*. 2022. № 2(90). С. 131–135. DOI: 10.26642/ten-2022-2(90)-131-135.

46. Шелуха, О. О., Квашук, Д. М., & Супруненко, К. О. (2024). Дворівнева система захисту домашньої IoT-мережі. *Технічна інженерія*, (2(94), 174–179. [https://doi.org/10.26642/ten-2024-2\(94\)-174-179](https://doi.org/10.26642/ten-2024-2(94)-174-179).

47. Moustafa N., Turnbull B., Choo K. An Ensemble Intrusion Detection Technique Based on Proposed Statistical Flow Features for Protecting Network Traffic of Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*. 2019. № 6. С. 4815–4830. DOI: 10.1109/IIOT.2018.2871719.

48. Meidan Y., Sachidananda V., Peng H. та ін. A novel approach for detecting vulnerable IoT devices connected behind a home NAT. *Computers and Security*. 2020. Vol. 97. DOI: 10.1016/j.cose.2020.101968.

49. Wenbo Y. A. et al. O. Smart home implementation based on Internet and WiFi technology. *2015 34th Chinese Control Conference (CCC)*. 2015. P. 9072–9077. Hangzhou, China.

50. Vivek G. V., Sunil M. P. Enabling IoT services using WiFi-ZigBee gateway for a home automation system. *2015 IEEE International Conference on*

*Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*. 2015. P. 77–80. Kolkata, India.

51. Bhatt A., Patoliya J. Cost-effective digitization of home appliances for home automation with low-power WiFi devices. *2016 2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB)*. 2016. P. 643–648. Chennai, India.

52. A beginner’s guide to smart lighting: everything you need to know, URL: <https://www.techradar.com/home/smart-home/a-beginners-guide-to-smart-lighting-everything-you-need-to-know> (дата звернення 12.03.2025).

53. How to Design a Smart Lighting System, URL: <https://sonoff.tech/news-and-events/how-to-design-a-smart-lighting-system/> (дата звернення 12.03.2025).

54. How to Set Up Smart Light: A Complete Installation Tutorial, URL: <https://geckohaha.com/how-to-set-up-smart-light-a-complete-installation-tutorial/> (дата звернення 12.03.2025).

55. Smart Lighting: A Complete Guide, URL: <https://www.buildwithrise.com/stories/complete-guide-to-smart-lighting> (дата звернення 12.03.2025).

56. Smart Lighting 101: A Step-by-Step Guide to Basic Intelligent Lighting Setups for Beginners, URL: <https://bostonautomations.com/smart-lighting-101-a-step-by-step-guide-to-basic-intelligent-lighting-setups-for-beginners/> (дата звернення 12.03.2025).

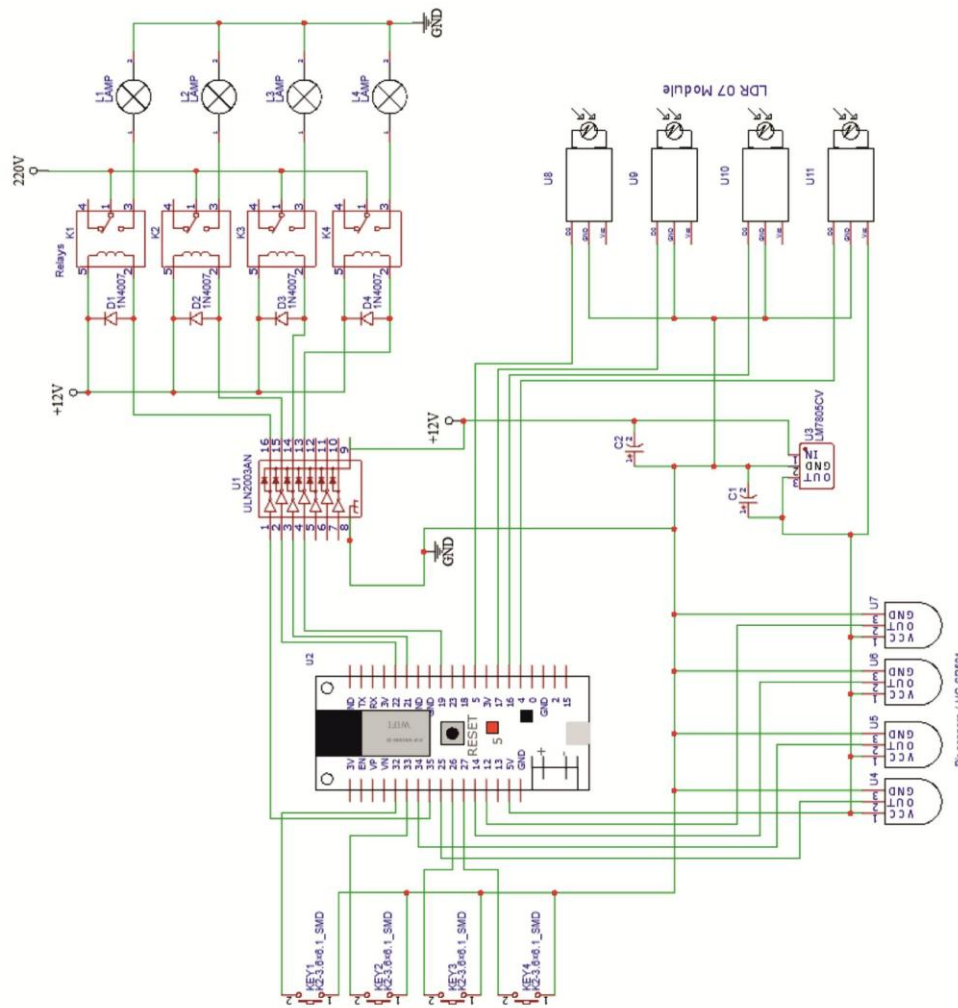
57. DIY Smart Lamp, URL: <https://www.elpassion.com/blog/diy-smart-lamp> (дата звернення 12.03.2025).

58. Tuya. Create Smart Light <https://developer.tuya.com/en/docs/iot/soc-rgb-cw?id=K95afommcb7st> (дата звернення 12.03.2025).





# ДОДАТОК В КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА»



КерПК 211118.56.02.01\_E2

КерПК 211118.56.02.01_E2		Літерал	Місце	Матеріал
№	Назва	Позначення	Категорія	Статус
1	Схема електрична принципова			
2	КерПК 211118.56.02.01			
3	КерПК 211118.56.02.01			
4	КерПК 211118.56.02.01			
5	КерПК 211118.56.02.01			
6	КерПК 211118.56.02.01			
7	КерПК 211118.56.02.01			
8	КерПК 211118.56.02.01			
9	КерПК 211118.56.02.01			
10	КерПК 211118.56.02.01			
11	КерПК 211118.56.02.01			
12	КерПК 211118.56.02.01			
13	КерПК 211118.56.02.01			
14	КерПК 211118.56.02.01			
15	КерПК 211118.56.02.01			
16	КерПК 211118.56.02.01			
17	КерПК 211118.56.02.01			
18	КерПК 211118.56.02.01			
19	КерПК 211118.56.02.01			
20	КерПК 211118.56.02.01			
21	КерПК 211118.56.02.01			
22	КерПК 211118.56.02.01			
23	КерПК 211118.56.02.01			
24	КерПК 211118.56.02.01			
25	КерПК 211118.56.02.01			
26	КерПК 211118.56.02.01			
27	КерПК 211118.56.02.01			
28	КерПК 211118.56.02.01			
29	КерПК 211118.56.02.01			
30	КерПК 211118.56.02.01			
31	КерПК 211118.56.02.01			
32	КерПК 211118.56.02.01			
33	КерПК 211118.56.02.01			
34	КерПК 211118.56.02.01			
35	КерПК 211118.56.02.01			
36	КерПК 211118.56.02.01			
37	КерПК 211118.56.02.01			
38	КерПК 211118.56.02.01			
39	КерПК 211118.56.02.01			
40	КерПК 211118.56.02.01			
41	КерПК 211118.56.02.01			
42	КерПК 211118.56.02.01			
43	КерПК 211118.56.02.01			
44	КерПК 211118.56.02.01			
45	КерПК 211118.56.02.01			
46	КерПК 211118.56.02.01			
47	КерПК 211118.56.02.01			
48	КерПК 211118.56.02.01			
49	КерПК 211118.56.02.01			
50	КерПК 211118.56.02.01			
51	КерПК 211118.56.02.01			
52	КерПК 211118.56.02.01			
53	КерПК 211118.56.02.01			
54	КерПК 211118.56.02.01			
55	КерПК 211118.56.02.01			
56	КерПК 211118.56.02.01			
57	КерПК 211118.56.02.01			
58	КерПК 211118.56.02.01			
59	КерПК 211118.56.02.01			
60	КерПК 211118.56.02.01			
61	КерПК 211118.56.02.01			
62	КерПК 211118.56.02.01			
63	КерПК 211118.56.02.01			
64	КерПК 211118.56.02.01			
65	КерПК 211118.56.02.01			
66	КерПК 211118.56.02.01			
67	КерПК 211118.56.02.01			
68	КерПК 211118.56.02.01			
69	КерПК 211118.56.02.01			
70	КерПК 211118.56.02.01			
71	КерПК 211118.56.02.01			
72	КерПК 211118.56.02.01			
73	КерПК 211118.56.02.01			
74	КерПК 211118.56.02.01			
75	КерПК 211118.56.02.01			
76	КерПК 211118.56.02.01			
77	КерПК 211118.56.02.01			
78	КерПК 211118.56.02.01			
79	КерПК 211118.56.02.01			
80	КерПК 211118.56.02.01			
81	КерПК 211118.56.02.01			
82	КерПК 211118.56.02.01			
83	КерПК 211118.56.02.01			
84	КерПК 211118.56.02.01			
85	КерПК 211118.56.02.01			
86	КерПК 211118.56.02.01			
87	КерПК 211118.56.02.01			
88	КерПК 211118.56.02.01			
89	КерПК 211118.56.02.01			
90	КерПК 211118.56.02.01			
91	КерПК 211118.56.02.01			
92	КерПК 211118.56.02.01			
93	КерПК 211118.56.02.01			
94	КерПК 211118.56.02.01			
95	КерПК 211118.56.02.01			
96	КерПК 211118.56.02.01			
97	КерПК 211118.56.02.01			
98	КерПК 211118.56.02.01			
99	КерПК 211118.56.02.01			
100	КерПК 211118.56.02.01			

Pr sensors / HC-SR501

Завідувачу кафедри КПС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Максим АЛЕКСЄЄВ

---

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-2

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

19 травня 2025 року



## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Максим АЛЕКСЕЄВ

**Співавтор:**

**Назва:** Алексєєв Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

**Коефіцієнт подібності 1:** 9.8%

**Коефіцієнт подібності 2:** 3.1%

**Мікропробіли:** 6

**Заміна букв:** 1

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-05-21 21:23:32.0

**Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:**

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

**Обґрунтування:**

2025-05-22

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Wed May 21 19:44:12 EEST 2025, Медзатий Дмитро Миколайович, Хмельницький національний університет, ХНУ

# Anti-Plagiarism v-15.274 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionary check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 15%**

ID: 241649 Title: БКР Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud Added in a DB: 2025-05-21 Authors: Максим АЛЕКСЄВ Heads: Юрій ВОЙЧУР Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	83848	633	1342 (2%)	19 (3%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

Автор Максим АЛЕКСЕЄВ

Освітня програма Комп'ютерна інженерія та програмування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 123– Комп'ютерна інженерія

Науковий керівник: PhD, Юрій ВОЙЧУР

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Відповідає
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	Не виявлено

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 9.80% і адресується до 25 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 3%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІІС



Юрій ВОЙЧУР

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Максим АЛЕКСЄЄВ

Тема: Програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 66

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано програмно-апаратний засіб керування освітленням у системі розумний будинок, що використовує Arduino Cloud

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню \_\_\_\_\_  
Дипломний проект відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз підходів та рішень до функціонування розумних будинків, відомих програмно-апаратних засобів керування освітленням, хмарних платформ, що можуть бути використані для керування освітленням. У другому розділі здійснено проектування програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud. У третьому розділі реалізовано прототип програмно-апаратного засобу керування освітленням у системі Розумний будинок на базі Arduino Cloud.

4. Позитивні сторони роботи: Спроектований програмно-апаратний засіб дозволяє ефективно керувати освітленням розумного будинку без необхідності використовувати локальний модуль, на якому безпосередньо проводиться аналіз і приймаються рішення.

5. Негативні сторони роботи:     У роботі не розглянуто питання функціонування засобу при нестабільному або відсутньому підключенні до інтернету, а саме до Arduino Cloud.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: пояснювальна записка та листи креслення виконані згідно діючих вимог

7. Відгук про роботу в цілому: В загальному робота виконана на достатньому рівні.

8. Інші зауваження:    —

9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «добре» 4,00 (С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Бойко Юлій Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

“ 03 ”    06    2025р.

