

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень


Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»  
Назва теми

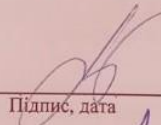
КвРКІ 190130.19.01.19 ПЗ  
Шифр

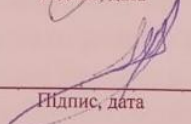
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-19-1   
Підпис Д. В. Личак  
Ініціали, прізвище

Керівник   
Підпис, дата Т. О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер   
Підпис, дата С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

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

  
Підпис Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

«29» травня 2023 р.

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 ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ 10 ” 01 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Личаку Давиду Валентиновичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Керівник проекту (роботи) Говорущенко Т.О., д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Дослідження предметної області та постановка задачі

Вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «розумний будинок»

Проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «розумний будинок»

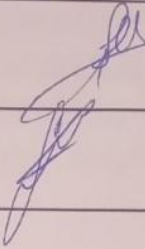
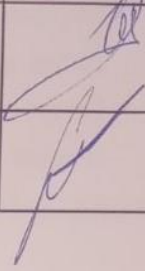
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Кіберфізична система «Розумний будинок»

Вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням

Проектування підсистеми керування освітленням

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2023 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	10.01.2023	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «розумний будинок»	01.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «розумний будинок»	29.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

  
Підпис

Д. В. Личак  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Т. О. Говорушенко  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»».

Автор роботи: Личак Давид Валентинович.

Керівник роботи: Говорущенко Тетяна Олександрівна.

Пояснювальна записка: 72 с., 16 рис., 0 табл., 3 дод., 45 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.


КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, «РОЗУМНИЙ БУДИНОК», ПІДСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, ОСВІТЛЕНІСТЬ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК.

Метою роботи є забезпечення керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Об'єктом дослідження є процес керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Предметом дослідження є підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Практичне значення має спроектована підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» яка передбачає застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.



Підпис студента

30.05.2023

Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ..	6
1.1 Кіберфізична система «Розумний будинок» .....	6
1.2 Аналіз задачі та засобів керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» .....	15
1.3 Висновки. Постановка задачі.....	20
2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	22
2.1 Обґрунтування вибору стандарту передачі даних для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».....	22
2.2 Обґрунтування вибору керуючої плати для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» (середній рівень).....	28
2.3 Аналіз та вибір датчиків та сервоприводів для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» (нижній рівень).....	34
2.4 Висновки.....	41
3 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	43
3.1 Алгоритм збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» (верхній рівень).....	43
3.2 Підсистема керування освітленням розумного будинку .....	60
3.3 Приклад функціонування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» .....	61
3.4 Висновки .....	65
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	68

КвРКІ 190130.19.01.19 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Личак Д.В.		09.05
Перевір.		Говорушенко Т.О.		09.05
Н.контр.		Лисенко С.М.		09.05
Затвер.		Говорушенко Т.О.		09.05
Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок». Пояснювальна записка				
		Літера	Арквш	Арквшів
		у	2	72
ХНУ КІ2-19-1				

ДОДАТОК А Копія креслення «Кіберфізична система «Розумний будинок»».....	73
ДОДАТОК Б Копія креслення «Вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням» .....	74
ДОДАТОК В Копія креслення «Проектування підсистеми керування освітленням» .....	75

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

Система керованих функцій розумного житла складається з п'яти основних груп [1-10]:

- 1) керування мікрокліматом житла;
- 2) керування освітленням;
- 3) система безпеки;
- 4) керування системами мультимедіа;
- 5) керування побутовою технікою та електромережею.

Освітлення є одним з найважливіших елементів розумного будинку. Від того, як воно працює, залежить комфорт і безпека мешканців, а також економія енергоресурсів. Щоб забезпечити максимальний рівень контролю над освітленням, використовуються різні методи та засоби керування.

Взагалі, існує безліч різних технологій і рішень, які можуть бути використані для досягнення оптимального рівня управління освітленням у будинку. Деякі з них включають в себе використання сенсорів руху, датчиків світла, програмованих перемикачів і систем автоматичного управління освітленням. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного рішення залежить від індивідуальних потреб і переваг власника розумного будинку.

Керування освітленням житлового середовища поділяється на керування трьома типами освітлення: природним, штучним та світлодинамікою [1, 2, 3].

Для регулювання освітленості приміщень природним денним світлом та затінення вікон у вечірній час система «розумний будинок» керує положеннями жалюзі та ролетів, а також механічним відкриттям і закриттям штор [1, 2, 3].

Система розумного управління джерелами штучного освітлення регулює яскравість і кількість освітлювальних приладів для кожного окремого приміщення чи функціональної зони, в залежності від часу доби, погодних умов, виду діяльності мешканців у конкретний час [1, 2, 3].

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однією з важливих можливостей «розумного будинку» є створення динамічних світлових сценаріїв, коли натискання на одну кнопку вмикає оптимальне освітлення для тієї чи іншої ситуації [1, 2, 3].

Метою кваліфікаційної роботи є забезпечення керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Поставлена мета досягається розв'язанням такої основної задачі: проектування та розроблення підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», яка передбачатиме застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.

Об'єктом дослідження є процес керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Предметом дослідження є підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Для досягнення поставленої мети використовуються такі методи дослідження, як методи синтезу, аналізу та моделювання процесів, принципи системного аналізу, теоретико-множинні підходи.

Практичне значення має спроектована підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» яка передбачає застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.

					КвРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

## 1.1 Кіберфізична система «Розумний будинок»

Кіберфізична система «Розумний будинок» – це інноваційна технологія, яка об'єднує в собі різні пристрої та системи автоматизації, щоб забезпечити зручність і комфорт мешканців. В основі такої системи лежить збір та аналіз даних, які надходять від різних датчиків і пристроїв, встановлених у будинку. Ці дані використовуються для управління освітленням, опаленням, кондиціонуванням повітря, системою безпеки та іншими пристроями в будинку. Крім того, кіберфізичною системою можна керувати за допомогою мобільного застосунку, що дає змогу контролювати всі пристрої в будинку з будь-якого місця і в будь-який час [11, 12].

«Розумний будинок» – це житлове середовище сучасного типу, організоване для проживання людей за допомогою автоматизації і високотехнологічних пристроїв, що утворюють інтелектуальну систему управління для забезпечення узгодженої і автоматичної роботи всіх інженерних мереж будинку [1, 13, 14]. Під технологією розумного будинку здебільшого розуміють систему, що об'єднує в собі ряд підсистем, які забезпечують комфортні умови проживання мешканців у приміщенні та надають змогу суттєво зменшити витрати енергоносіїв [4, 15]. Будинок називається розумним, якщо в ньому наявна певна комп'ютерна чи контролююча система управління інженерним оснащенням [4, 16]. «Розумний будинок» повинен бути спроектований так, щоб всі сервіси могли інтегруватися один з одним з мінімальними витратами (з точки зору фінансів, часу і трудомісткості), а їх обслуговування було б організовано оптимальним чином [5, 17].

Основна перевага розумного будинку полягає в тому, що він забезпечує комфорт, економію часу та енергії, а також підвищує безпеку та зручність життя власників [18, 19].

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система «розумного будинку» грамотно розподіляє ресурси, знижує експлуатаційні витрати і забезпечує зрозумілий інтерфейс контролю і управління. Така інтелектуальна система повинна вміти розпізнавати конкретні заплановані та надзвичайні ситуації, що відбуваються у помешканні, і реагувати на них відповідно до заданої програми: одна з систем згідно із запрограмованим алгоритмом може керувати поведінкою інших [1, 20].

Важливою особливістю і властивістю «розумного будинку», що відрізняє його від інших способів організації житлового середовища, є те, що це найбільш прогресивна концепція взаємодії людини з житловим простором, коли мешканець будинку обирає один із запрограмованих сценаріїв, а вже автоматизована система управління відповідно до зовнішніх і внутрішніх умов задає параметри і відстежує режими роботи всіх інженерних систем і електроприладів [1, 21].

Щодо недоліків розумного будинку, то можна виділити декілька [22-25]:

- 1) висока вартість встановлення та обслуговування розумного будинку;
- 2) необхідність постійного оновлення та модернізації системи, щоб вона відповідала новим технологіям і вимогам;
- 3) ризик порушення приватності та безпеки, пов'язаний з використанням розумних пристроїв, які можуть бути зламані або використані для збору особистої інформації;
- 4) обмеженість функціоналу та сумісності пристроїв різних виробників, що може призвести до несумісності та неможливості використання всіх функцій розумного будинку.

Структура системи «Розумний будинок» складається з трьох рівнів – нижнього, середнього і верхнього (рис. 1.1) [26]. Нижній рівень – це датчики і виконавчі елементи (датчики вологості і температури, сервоприводи, ультразвукові сенсори, тощо). Середній рівень – це контролер, до якого приєднуються всі датчики і виконавчі елементи. Верхній рівень – це система збору, моніторингу та керування даними в реальному часі (в разі промислових систем) або ж веб-орієнтований мобільний додаток, через який здійснюється керування системою «Розумний будинок».

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Структура системи «Розумний будинок»

Існує безліч моделей розумних будинків, наприклад [27-30]:

- 1) Amazon Echo Plus – контролює освітлення, температуру, музику та інші пристрої за допомогою голосових команд;
- 2) Google Nest Hub – дає змогу керувати пристроями, переглядати календар, прослуховувати музику та багато іншого;
- 3) Samsung SmartThings – дає змогу керувати пристроями в будинку за допомогою програми на смартфоні;
- 4) Apple HomeKit – дає змогу керувати пристроями в будинку через Siri на iPhone, iPad або Apple Watch;
- 5) Philips Hue – керує освітленням у будинку за допомогою програми на смартфоні;
- 6) Nest Learning Thermostat – керує температурою в будинку і може автоматично регулювати її залежно від вашого розкладу;
- 7) August Smart Lock – дає змогу відчиняти та зачиняти двері за допомогою смартфона;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8) Ring Video Doorbell – дає змогу переглядати, хто перебуває біля вхідних дверей, і спілкуватися з ним через мобільний застосунок;

9) BroadLink – забезпечує раціональне управління побутовою технікою, а також освітлювальною, енергетичною, охоронною та іншими системами в будинку;

10) Xiaomi Mi Smart Home Multifunction Gateway 2 DGNWG02LM – оснащений вбудованим датчиком освітленості, кольоровими світлодіодами, динаміком і онлайн-радіо; забезпечує взаємодію між датчиками і обробку сигналів, завантажує дані в мережу.

Розглянемо, наприклад, Amazon Echo Plus, який дає змогу контролювати освітлення, температуру, музику та інші пристрої в будинку. Він використовує технологію голосового керування Alexa, яка дає змогу керувати пристроями за допомогою голосових команд.

За допомогою Amazon Echo Plus можна організувати: вмикання і вимикання світла; регулювання температури в кімнатах; керування пристроями за допомогою голосових команд; слухання музики та радіо; отримання новин та прогнозу погоди; керування пристроями за допомогою програми на смартфоні.

Amazon Echo Plus також має вбудований смарт-хаб, який дає змогу під'єднувати пристрої Zigbee, як-от лампочки та датчики руху, без необхідності використовувати додатковий хаб. Amazon Echo Plus дає змогу контролювати освітлення в будинку за допомогою голосових команд. Він забезпечує можливість вмикати і вимикати світло, встановлювати яскравість і колір світла, а також створювати сценарії освітлення для різних ситуацій. Наприклад, наявна можливість налаштувати сценарій "вечірка", який вмикає яскраве і кольорове освітлення у вітальні (рис. 1.2), або сценарій "відпочинок", який створює приємну і затишну атмосферу в спальні.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Світловий сценарій "вечірка" у Amazon Echo Plus

Наприклад, для керування освітленням в розумному будинку Amazon Echo Plus може виконувати наступні функції:

- 1) вмикання та вимикання освітлення голосовими командами;
- 2) регулювання яскравості світла голосовими командами;
- 3) зміна кольору світла голосовими командами;
- 4) налаштування розкладу вмикання та вимикання освітлення;
- 5) створення сценаріїв освітлення для різних ситуацій;
- 6) керування освітленням з допомогою мобільного додатку Amazon Alexa;
- 7) інтеграція з іншими розумними пристроями, такими як розумні лампи, розетки та інші.

Розглянемо, наприклад, «розумний будинок» BroadLink, набір компонентів якого представлений на рис. 1.3. BroadLink – це система автоматизації домашнього управління, яка дозволяє керувати різними пристроями в будинку за допомогою смартфона або голосових команд. Вона може бути підключена до різних пристроїв,

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких як кондиціонери, телевізори, освітлення, розетки, двері та інші. Крім того, система може навчитися розпізнавати звички мешканців будинку та налаштуватися відповідно до них, що забезпечує максимальний комфорт та економію енергії.

BroadLink має широкий функціонал, якісне програмне забезпечення, простий в установці та користуванні, відрізняється доступною вартістю, не вимагає наявності центрального контролера, його пристрої взаємопов'язані, проте можуть працювати і повністю автономно. Робота побутової техніки в такому будинку налаштовується згідно сценаріями в додатку на смартфоні.



Рисунок 1.3 – Набір компонентів розумного будинку BroadLink

Система керування функціями житла – це комплексна система, яка дозволяє автоматизувати різні процеси в будинку, такі як освітлення, опалення, кондиціонування повітря, безпека та інші. Ця система дозволяє забезпечити

					КвРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комфортне та економічне життя в будинку, а також зменшити витрати на енергію та збільшити безпеку.

Система керованих функцій житла складається з п'яти основних груп [1-10]:

- 1) керування мікрокліматом житла;
- 2) керування освітленням;
- 3) система безпеки;
- 4) керування системами мультимедіа;
- 5) керування побутовою технікою та електромережею.

Крім виконання цільових функцій, на розумний будинок покладаються також функції управління інформаційною інфраструктурою [31]:

- 1) контроль доступу до інформації та управління безпекою;
- 2) контроль продуктивності;
- 3) управління робочим навантаженням;
- 4) автоматизоване управління зберіганням даних;
- 5) управління передачею даних;
- 6) управління подіями;
- 7) управління проблемними ситуаціями;
- 8) управління розсилкою звітів;
- 9) управління веб-серверами;
- 10) управління мережею.

Створення і підтримка оптимального мікроклімату житла – найважливіша умова високої працездатності, продуктивного відпочинку і здоров'я мешканців будинку або квартири. Система управління кліматом в приміщенні дає можливість встановлювати оптимальний рівень температури, вологості, величину притоку свіжого повітря, управляти роботою системи фільтрації повітря, створювати індивідуальну кліматичну систему для кожного члена сім'ї, зокрема, дитини [1].

Керування освітленням житлового середовища поділяється на керування трьома типами освітлення: природним, штучним та світлодинамікою (рис. 1.4).

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



налаштовуються відповідно до потреб родини. Власникам житла достатньо управляти функціями «розумного будинку» через пристрої керування з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом [1, 9, 10].

Управління функціями розумного будинку може здійснюватися різними способами [29-31]:

1) за допомогою мобільного застосунку – це найпоширеніший спосіб керування, який дає змогу керувати всіма функціями розумного будинку через смартфон або планшет;

2) голосове керування – це новий і зручний спосіб керування, який дає змогу керувати функціями розумного будинку за допомогою голосових команд;

3) пульт керування – це пристрій, який дає змогу керувати функціями розумного будинку, використовуючи кнопки і дисплей;

4) автоматичне керування – це функція, яка дає змогу керувати функціями розумного будинку автоматично, без участі користувача. Наприклад, можна налаштувати автоматичне увімкнення світла під час руху в кімнаті або автоматичне вимкнення кондиціонера під час відкриття вікна.

5) управління через Інтернет – це спосіб управління функціями розумного будинку з будь-якої точки світу за допомогою Інтернету. Для цього необхідно підключити розумний будинок до мережі Інтернет.

Сучасні проблеми потребують сучасних підходів, це стосується й домашнього комфорту. Багато речей, таких як керування освітленням та опаленням, клімат-контроль, тощо, користувачі звикли робити вручну, але на такі дрібниці йде занадто багато часу, і вони іноді відволікають від дійсно важливих справ.

Для підвищення побутового комфорту компанії пропонують різноманітні системи «Розумний дім», але вони можуть включати як готові рішення – складні технологічні сенсори й хаби з власним сервером, так і найпростіше обладнання для автоматичного керування.

					КвРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Аналіз задачі та засобів керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Освітлення є одним з найважливіших елементів розумного будинку. Від того, як воно працює, залежить комфорт і безпека мешканців, а також економія енергоресурсів. Щоб забезпечити максимальний рівень контролю над освітленням, використовуються різні методи та засоби керування [32].

Правильне освітлення є надзвичайно важливим, адже кількість світла може вплинути на атмосферу в приміщенні: створити настрій для роботи й активної мозкової діяльності чи, навпаки, налаштувати на релакс та сон. Навіть самопочуття залежить від рівня освітленості. Затишна атмосфера вдома чи добре освітлена робоча зона в офісі створюються за допомогою визначення коефіцієнту використання світлового потоку та правильного розрахунку освітлення приміщення.

Для регулювання освітленості приміщень природним денним світлом та затінення вікон у вечірній час система «розумний будинок» керує положеннями жалюзі та ролетів, а також механічним відкриттям і закриттям штор [1, 2, 3]. За допомогою спеціальних пристроїв і застосунків можна керувати положенням жалюзі та ролетів, як вручну, так і автоматично залежно від часу доби або погодних умов. Керування механічним відкриттям і закриттям штор у розумному будинку також є однією з ключових функцій. За допомогою розумної системи ви можете керувати шторами за допомогою застосунку на смартфоні, голосових команд, датчиків освітлення та часу. Також можна налаштувати автоматичне відкриття і закриття штор у певний час дня або за певних умов, наприклад, коли датчик освітлення виявляє, що сонце починає світити в кімнату. Це дає змогу зробити житло комфортнішим, економічнішим і безпечнішим [33, 34].

Система розумного управління джерелами штучного освітлення регулює яскравість і кількість освітлювальних приладів для кожного окремого приміщення чи функціональної зони, в залежності від часу доби, погодних умов, виду діяльності

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мешканців у конкретний час [1, 2, 3]. Система управління джерелами штучного освітлення в розумному будинку дозволяє забезпечувати ефективне використання електроенергії та комфортне освітлення в будинку. Зазвичай така система складається з датчиків освітлення, які вимірюють рівень освітленості в приміщенні, і залежно від цього вмикають або вимикають джерела освітлення. Також можуть бути встановлені програмні режими, які дозволяють встановлювати різні режими освітлення в залежності від часу доби, дня тижня та інших факторів [35, 36].

Однією з важливих можливостей «розумного будинку» є створення динамічних світлових сценаріїв, коли натискання на одну кнопку вмикає оптимальне освітлення для тієї чи іншої ситуації [1, 2, 3]. Динамічні світлові сценарії в розумному будинку дають змогу автоматично змінювати налаштування освітлення залежно від часу доби, настрою або дій користувачів. Наприклад, можна створити сценарій "Ранкове пробудження", за якого світло в спальні буде поступово збільшуватися в яскравості, щоб допомогти прокинутися і налаштуватися на робочий день. Або ж можна створити сценарій "Кінозал", за якого світло автоматично вимикатиметься і потім вмикатиметься в темряві, щоб створити атмосферу кінотеатру. Для створення динамічних світлових сценаріїв у розумному будинку використовують різні технології, як-от датчики руху, датчики освітленості, програмовані світлодіодні лампи та керувальні системи, наприклад, Apple HomeKit, Google Home і Amazon Alexa. Як наслідок – створення динамічних світлових сценаріїв дає змогу створити комфортну і затишну атмосферу в будинку, а також підвищити енергоефективність та економію електроенергії [37, 38].

Взагалі, існує безліч різних технологій і рішень, які можуть бути використані для досягнення оптимального рівня управління освітленням у будинку. Деякі з них включають в себе використання сенсорів руху, датчиків світла, програмованих перемикачів і систем автоматичного управління освітленням. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного рішення залежить від індивідуальних потреб і переваг власника розумного будинку [33, 35, 38].

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Один з методів керування освітленням розумного будинку – це використання датчиків руху, які вмикають освітлення в кімнаті в разі виявлення руху і вимикають його, коли руху немає. Це найпростіший метод. Цей метод дозволяє включати та вимикати освітлення в приміщенні автоматично, коли в ньому з'являється людина. Датчики руху встановлюють в приміщеннях, щоб світло автоматично вмикалось, коли людина з'являється в кімнаті, і вимикалось, коли вона виходить. Датчики руху можуть бути встановлені в різних місцях, наприклад, на стелі, на стінах або на підлозі. Використання датчиків руху дозволяє забезпечити ефективне використання електроенергії та зменшити витрати на оплату електроенергії [39].

Також можна встановити датчики освітлення, які будуть регулювати яскравість світла в залежності від рівня освітленості в приміщенні. Наприклад, якщо в кімнаті достатньо світла від природного джерела, датчики автоматично зменшать яскравість світла, щоб зекономити електроенергію. Використання датчиків освітлення також дозволяє забезпечити ефективне використання електроенергії та зменшити витрати на оплату електроенергії [40].

Крім цього, яскравістю освітлення розумного будинку можна керувати з використанням диммерів, які дозволяють плавно регулювати яскравість світла, або з використанням розумних ламп, які можуть бути керовані за допомогою мобільного додатку або голосових команд [40].

Інший метод – це використання таймерів, які дають змогу задати певний час увімкнення і вимкнення освітлення. Вони дозволяють економити електроенергію, забезпечують зручність та безпеку в будинку, а також допомагають знизити витрати на електроенергію. Наприклад, зовнішнє освітлення можна запрограмувати на вмикання за точним часом або рівнем освітленості на вулиці (взимку та влітку різна тривалість дня й ночі). Деякі системи керування освітленням також дають змогу налаштовувати яскравість і колірну температуру освітлення залежно від часу доби або настрою [41].

Також можна використовувати розумні вимикачі, які дають змогу вмикати і вимикати освітлення за допомогою голосових команд або мобільного застосунку.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розумні вимикачі дозволяють віддалено керувати освітленням з допомогою мобільного додатку або голосового помічника. Також деякі розумні вимикачі мають вбудовані сенсори, які регулюють яскравість в залежності від рівня освітлення в кімнаті. Крім того, деякі розумні вимикачі можуть налаштовуватись на різні сценарії освітлення, що дозволяє швидко змінювати освітленість кімнати [41].

Одним з найпоширеніших методів керування освітленням в розумному будинку є голосове керування. За допомогою голосових команд можна вмикати і вимикати світло, змінювати яскравість і кольори світла, а також програмувати режими освітлення. На допомогу людині в голосовому керуванні освітленням приходять голосові помічники, такі як Amazon Alexa, Google Assistant або Apple Siri. Наприклад, за допомогою голосових команд можна вмикати та вимикати світло, регулювати яскравість, вибирати колірну температуру і навіть створювати різні настрої освітлення. Користувач може просто сказати "увімкни світло у вітальні", і голосовий помічник виконає команду. Це дуже зручна та інноваційна функція, яка дає змогу контролювати освітлення в приміщенні без необхідності використання ручних вимикачів. Деякі голосові помічники, такі як Amazon Alexa або Google Assistant, можуть бути інтегровані з розумними лампами або іншими пристроями керування освітленням, що дає змогу керувати всіма світильниками в будинку за допомогою голосових команд. Це зручно і дає змогу заощадити час і зусилля під час керування освітленням [42].

Також існують додатки для управління освітленням на смартфонах і планшетах. Користувач може встановити розклад увімкнення і вимкнення світла, а також контролювати освітлення з будь-якої точки в будинку через Wi-Fi. Деякі мобільні додатки дають змогу вмикати та вимикати світло, змінювати яскравість, колір і температуру світла, створювати різні сценарії освітлення, тощо. Деякі мобільні додатки для керування освітленням також дають змогу створювати розклад увімкнення та вимкнення світла, а також контролювати освітлення з будь-якої точки світу через Інтернет. Крім того, деякі додатки можуть використовувати

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологію голосового управління і датчики руху для автоматичного управління освітленням. Такі додатки можуть бути корисні в домашньому середовищі, в офісах або інших комерційних приміщеннях. Деякі з популярних мобільних застосунків для керування освітленням включають Philips Hue, LIFX, Wemo, SmartThings, тощо [42].

Насамперед потрібно поставити мету, і, відштовхуючись від неї, вибрати виконавчі пристрої для розумного дому. Якщо потрібно, щоб біля гаража автоматично вмикалось світло, коли користувач наближається до вхідних дверей чи під'їжджає на автомобілі – потрібен вуличний датчик руху. Оскільки вдень підсвічування не потрібне, через регулятор на корпусі можна виставити рівень освітленості для спрацювання.

У котеджах часто можна побачити декоративне нічне підсвічування фасаду або освітлення двору. Воно може бути корисним не тільки з декоративною метою, а й щоб створити видимість присутності, навіть коли власників немає вдома, - наприклад, за допомогою таймера встановити точний час вмикання та вимикання світла або за допомогою сутінкового реле зробити так, щоб світло автоматично вмикалось, коли стемніє.

У квартирі користувачі найчастіше забувають вимкнути світло в туалеті або ванній кімнаті, а в гостях іноді доводиться пошукати, де воно вмикається. Позбутися цієї незручності допоможуть датчики присутності. Вони реагують навіть на нерухомі об'єкти, тому затримка вимкнення не спрацює, поки людина буде в зоні видимості. Але для вітальні та спальні вони не підійдуть, тому що не відрізняють, коли людина лягла спати, а коли прилягла, щоби почитати книгу, і в обох випадках відреагують однаково. Для цієї мети потрібне інше обладнання.

Замість класичної люстри можна використовувати смарт-світильники з дистанційним керуванням. Деякі моделі синхронізуються зі смартфоном, що дозволяє їх вмикати, вимикати, змінювати яскравість чи колір на відстані, а в найбільш технологічних моделях можна запрограмувати алгоритм роботи за часом,

денною освітленістю чи іншим параметрам. Водночас, ними можна керувати й через звичайні вимикачі, що зручно для малих дітей та літніх людей.

Чим більший функціонал, тим вища ціна, тому такий варіант може підійти не для кожного бюджету. Щоб регулювати яскравість, потрібен диммер і світлорегулятор до нього. Така схема сумісна лише з лампами розжарювання, «економками» та спеціальними LED лампами.

Найсучасніші моделі, наприклад, Hager EV102 Комфорт, можуть контролювати яскравість за часом і підтримують кілька програм для різних груп освітлення.

Найвигідніша альтернатива – вимикачі для розумного дому. На відміну від звичайних, вони підключаються до смартфона або GSM контролера для доступу на відстані. Підтримують відразу кілька каналів керування – для окремих груп або декількох кімнат. До них можна підключати й інші малопотужні прилади, наприклад, рекуператори.

Отже, наявні рішення, в основному, орієнтовані все ж на налаштування параметрів освітлення із залученням користувача (за допомогою пульта, голосу, руху, тощо), але слабо забезпечують застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання освітлювального обладнання для різних цілей.

### 1.3 Висновки. Постановка задачі

Система керування функцій розумного житла складається з п'яти груп: керування мікрокліматом житла; керування освітленням; система безпеки; керування системами мультимедіа; керування побутовою технікою та електромережею.

Керування освітленням житлового середовища поділяється на керування трьома типами освітлення: природним, штучним та світлодинамікою. Для регулювання освітленості приміщень природним денним світлом та затінення вікон у вечірній час система «розумний будинок» керує положеннями жалюзі та ролетів,

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а також механічним відкриттям і закриттям штор. Інтелектуальна система управління джерелами штучного освітлення регулює яскравість і кількість освітлювальних приладів для кожного окремого приміщення чи функціональної зони, в залежності від часу доби, погодних умов, виду діяльності мешканців у конкретний час. Однією з важливих можливостей «розумного будинку» є створення динамічних світлових сценаріїв, коли натискання на одну кнопку вмикає оптимальне освітлення для тієї чи іншої ситуації.

Наявні рішення, в основному, орієнтовані все ж на налаштування параметрів освітлення із залученням користувача (за допомогою пульта, голосу, руху, тощо), але слабо забезпечують застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання освітлювального обладнання для різних цілей.

Отже, в кваліфікаційній роботі слід розв'язати наступну задачу: спроектувати та розробити підсистему керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», яка передбачатиме застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання освітлювального обладнання для різних цілей – створити якісні умови праці чи забезпечити затишок для відпочинку.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»**

2.1 Обґрунтування вибору стандарту передачі даних для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Наразі існують різні стандарти передачі даних. Стандарти передачі даних – це норми і правила, які встановлюються для передачі даних між різними пристроями та мережами. Найбільш поширеними стандартами передачі даних є:

- 1) Ethernet - стандарт передачі даних в локальних мережах;
- 2) Wi-Fi - стандарт бездротового зв'язку між пристроями;
- 3) Bluetooth - стандарт бездротового зв'язку між малими пристроями;
- 4) USB - стандарт передачі даних між комп'ютером та різними пристроями;
- 5) HDMI - стандарт передачі відео та аудіо сигналів між пристроями;
- 6) TCP/IP - протокол передачі даних в Інтернеті;
- 7) FTP - протокол передачі файлів через Інтернет;
- 8) HTTP - протокол передачі гіпертекстових документів в Інтернеті.

Ці стандарти дозволяють різним пристроям та мережам спілкуватися між собою та передавати дані без помилок та перешкод.

Стандарти передавання даних у розумному будинку можуть охоплювати такі протоколи, як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave тощо. Вони дають змогу пристроям у розумному будинку обмінюватися інформацією та керувати один одним, забезпечуючи ефективніше та зручніше керування домашніми пристроями.

Найвідомішими стандартами передачі даних для кіберфізичної системи «Розумний будинок» є:

1) Wi-Fi [43] – бездротовий, часто використовуваний, енерговитратний з переважаними діапазонами частот; Wi-Fi є одним із найпоширеніших протоколів для передавання даних у розумному будинку; він використовує стандарти IEEE 802.11 для бездротового зв'язку між пристроями; Wi-Fi дає змогу

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керувати пристроями в розумному будинку через інтернет, що робить його дуже зручним для віддаленого керування; однак, Wi-Fi споживає більше енергії, ніж інші протоколи, як-от Zigbee і Z-Wave, і може бути менш надійним в умовах перевантаженої мережі; це стандарт мережевого зв'язку 2,4 ГГц, адаптований для роботи з пристроями розумного дому; це не сітчаста мережева технологія, тому інтелектуальні пристрої не повторюють сигнали, і для роботи кожен пристрій має бути в зоні дії маршрутизатора, тому є сенс інвестувати у високоякісний маршрутизатор або сітчасту систему маршрутизатора для найкращої продуктивності; це єдина технологія, яка підтримується всіма трьома платформами розумних колонок від Amazon, Google і Apple, тобто йому не потрібен багатотехнологічний концентратор для простого голосового керування, однак додавання мультитехнологічного центру забезпечить більш гнучкі та потужні функції автоматизації; інтеграція продуктів Wi-Fi підтримується практично всіма мультитехнологічними концентраторами, включаючи HomeSeer, SmartThings, Wink, Hubitat, Vera тощо, він також підтримується кількома програмами для розумного дому, зокрема HomeSeer, Indigo та кількома програмами з відкритим кодом; автоматизація з використанням Wi-Fi буде обмежена простими запланованими операціями ввімкнення/вимкнення; голосове керування можна легко додати, додавши розумний динамік, а розширеної автоматизації можна досягти, додавши мультитехнологічний центр або програмне забезпечення;

2) ZigBee (рис. 2.1) [43] – бездротовий, з низьким споживанням енергії, має перевантажені діапазони частот; ZigBee – це протокол бездротового зв'язку, який широко використовується в розумних будинках для керування пристроями та передавання даних; він використовує стандарти IEEE 802.15.4 для створення мереж малої зони (PAN), які можуть включати до 65 000 пристроїв; протокол ZigBee забезпечує низьку швидкість передавання даних, але водночас споживає дуже мало енергії, що робить його ідеальним для пристроїв, які працюють від батарейок, як-от датчики руху, дверні та віконні датчики, розумні замки тощо; також протокол ZigBee забезпечує високий ступінь захисту даних і безпеки, що робить його одним

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з найбільш надійних протоколів для розумних будинків; це технологія «сітчастої мережі» з низьким енергоспоживанням, однак більшість пристроїв працюють у діапазоні 2,4 ГГц, діапазон прямої видимості часто перевищує 100 футів, але стіни, підлога, стеля, побутова техніка та меблі мають тенденцію до значного зменшення; однак інтелектуальні продукти Zigbee з мережевим живленням функціонують як повторювачі, і це, як правило, усуває будь-які проблеми з концентратором для асортименту продуктів; Zigbee підтримується багатьма найпопулярнішими мультитехнологічними центрами, включаючи HomeSeer, SmartThings, Wink, Hubitat, Vera тощо; він також підтримується кількома програмами для розумного будинку, включаючи HomeSeer і низкою програм з відкритим кодом; Echo Plus від Amazon – єдиний розумний динамік, який підтримує безпосередньо пристрої Zigbee; інші розумні колонки можуть керувати пристроями Zigbee за допомогою мультитехнологічного концентратора; останні продукти Zigbee 3.0 демонструють дуже хорошу сумісність; пристрої Zigbee, як правило, дешевші, ніж їхні аналоги Z-Wave, і саме це зробило їх популярним вибором; кілька виробників також випустили власну марку датчиків із живленням Zigbee, зокрема SmartThings, Wink, IRIS та IKEA;



Рисунок 2.1 – Компоненти ZigBee

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ

Арк.  
24

3) Z-Wave (рис. 2.2) [43] – бездротовий, енергозберігаючий, має діапазон частот з низьким рівнем навантаження; Z-Wave – це протокол бездротового зв'язку, який також використовується для управління пристроями в розумних будинках; він працює на частоті 908 МГц у США та 868,42 МГц у Європі і використовує мережу меш-мережі, що дає змогу пристроям обмінюватися даними між собою, забезпечуючи надійніший зв'язок; протокол Z-Wave також має більшу дальність дії та вищу пропускну здатність, ніж ZigBee; однак пристрої, що працюють на протоколі Z-Wave, часто коштують дорожче, ніж пристрої на протоколі ZigBee; це мережева технологія малої потужності, яка працює в діапазоні 800-900 МГц; дальність прямої видимості часто перевищує 100 футів, але стіни, підлога, стеля, побутова техніка та меблі, як правило, значно зменшують цю дальність; проте інтелектуальні продукти Z-Wave з мережевим живленням функціонують як повторювачі, і це, як правило, усуває будь-які проблеми діапазону окремих пристроїв; Z-Wave підтримується в найширшому діапазоні найпопулярніших мультитехнологічних центрів, включаючи HomeSeer, SmartThings, Hubitat, Vera тощо; він також підтримується низкою програм для розумного дому, включаючи HomeSeer, Indigo та програми, які використовують OpenZWave; Z-Wave не підтримується (безпосередньо) розумними колонками Amazon або Google, однак розумні колонки можуть керувати пристроями Z-Wave за допомогою мультитехнологічного концентратора; з моменту створення Z-Wave всі продукти пройшли процедуру сертифікації сумісності для забезпечення сумісності продуктів у всій екосистемі Z-Wave, широка сумісність зіграла дуже важливу роль у допомозі Z-Wave досягти найвищого рівня впровадження в галузі – на даний час в світі існує понад 3000 продуктів, сертифікованих Z-Wave;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Компоненти Z-Wave

4) EnOcean (рис. 2.3) – бездротовий, має діапазон частот з низьким рівнем навантаження, надзвичайно економний; забезпечує роботу без батарей без підключення до мережі із застосуванням технології "Energy Harvesting"; EnOcean використовується для керування пристроями в розумних будинках; він працює на частоті 868 МГц і використовує технологію бездротової передачі даних без батарей; пристрої, що працюють на протоколі EnOcean, використовують енергію, одержувану від довкілля, як-от тепло, світло або рух, для живлення своїх сенсорів і передавання даних; це робить їх екологічно чистими та економічно вигідними; протокол EnOcean також має високу надійність і безпеку передачі даних;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



керування пристроями, такими як звукові системи, освітлення, розумні замки тощо за допомогою смартфона або планшета.

Враховуючи той факт, що протокол ZigBee є енергозощадливим і прийнятним для пристроїв, які працюють від батарейок, нижчу ціну пристроїв у порівнянні з пристроями на інших протоколах, а також, що він забезпечує високий ступінь захисту даних і безпеки і є надійним протоколом для розумних будинків, то оберемо протокол ZigBee в якості стандарту передачі даних для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

## 2.2 Обґрунтування вибору керуючої плати для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» (середній рівень)

Наразі існує значна кількість керуючих плат для розумного будинку, зокрема:

1) Raspberry Pi (рис. 2.4) – популярна плата для створення розумного будинку, яка може керувати пристроями і сенсорами за допомогою різних протоколів; це одноплатний комп'ютер, який можна використовувати в тому числі і для керування освітленням у будинках і офісах;

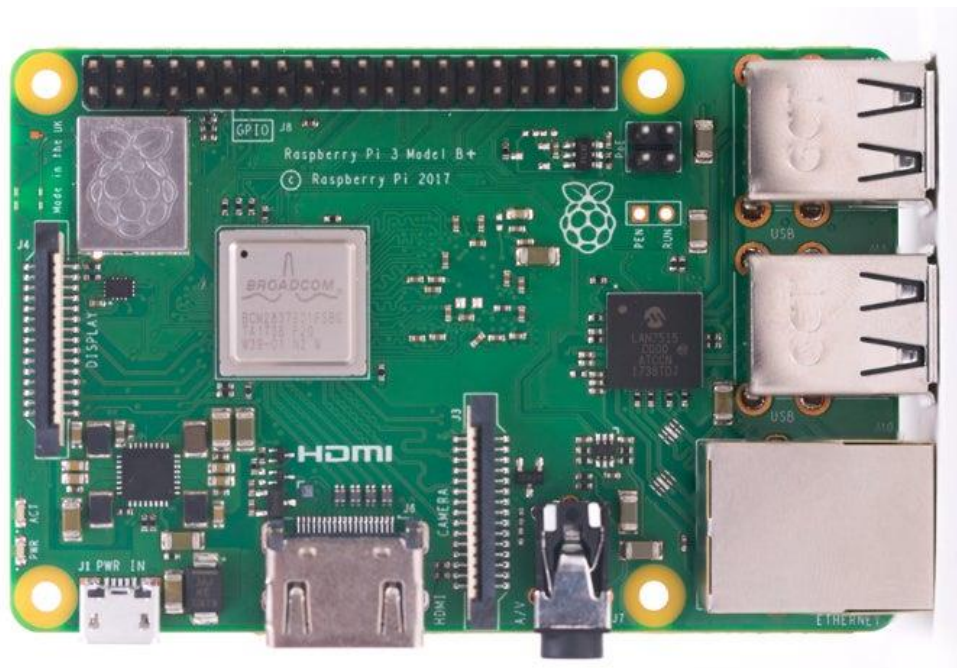


Рисунок 2.4 – Raspberry Pi

2) Arduino UNO (рис. 2.5, 2.6) – ще одна популярна плата, яка може використовуватися для управління пристроями в розумному будинку; це відкрита платформа для створення електронних проєктів, включно з керуванням освітленням; це мікроконтролер, який можна програмувати для управління різними пристроями в будинку, такими як світло, термостат, дверні замки тощо; однією з переваг використання Arduino є його відкритість і доступність, що дає змогу створювати власні пристрої та розширювати функціональність розумного будинку; крім того, Arduino має велику спільноту розробників, які створюють безліч бібліотек і проєктів, які можна використовувати у своєму розумному будинку;

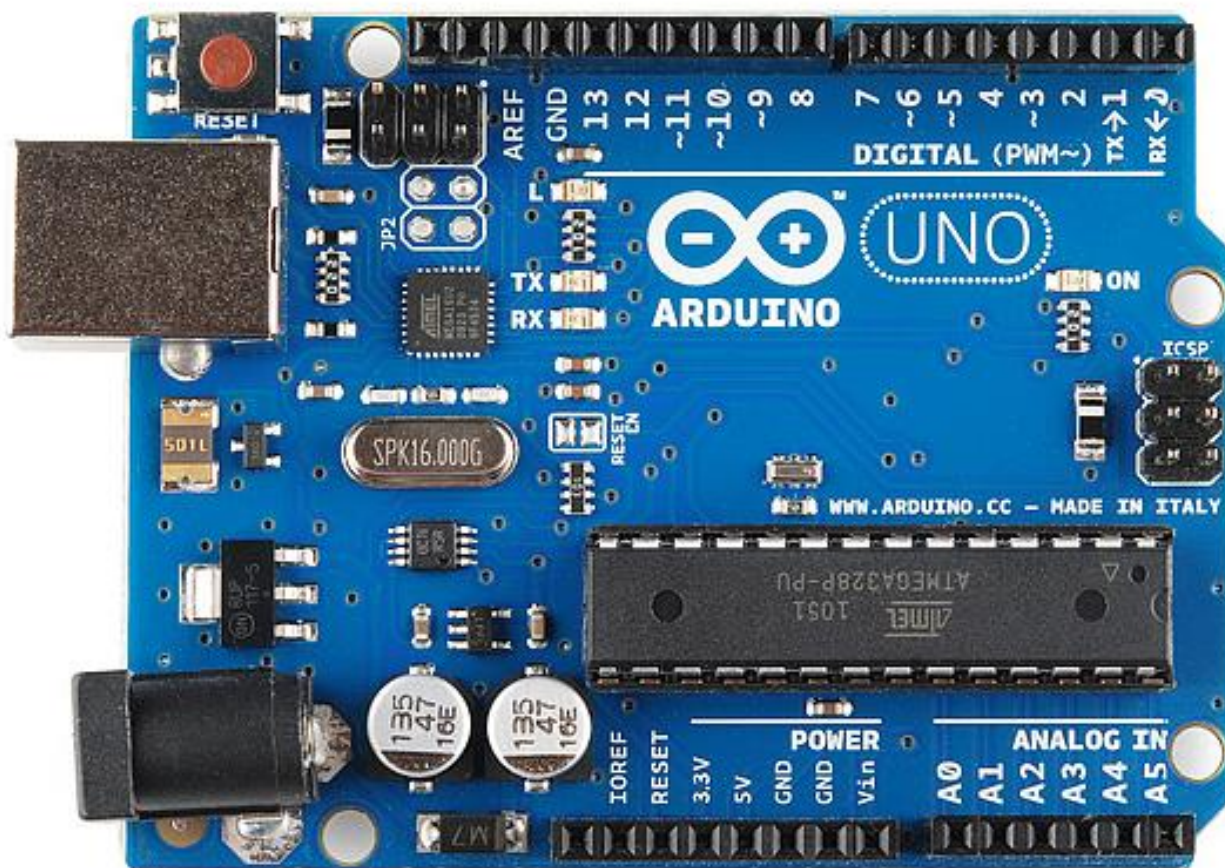


Рисунок 2.5 – Arduino Uno

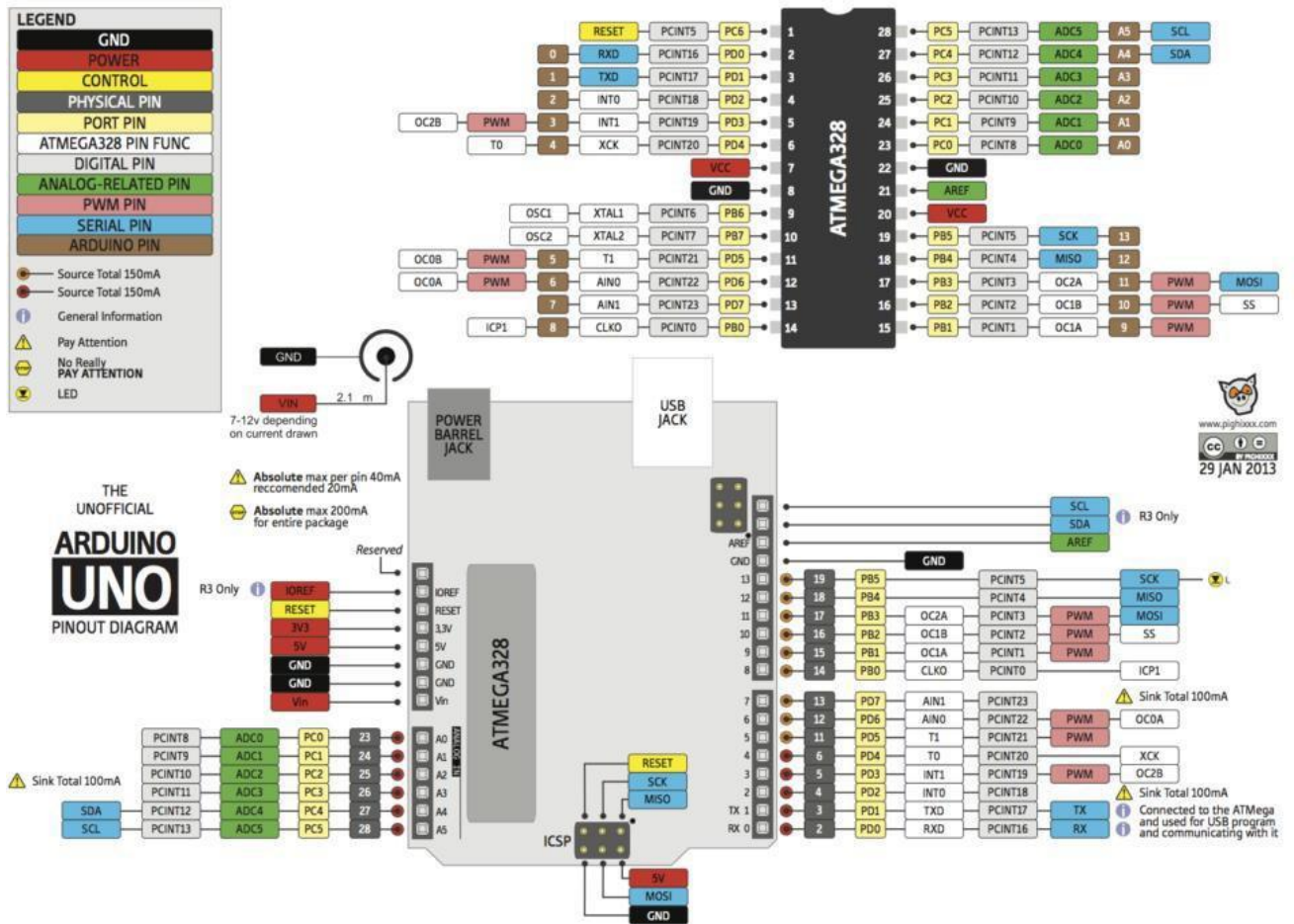


Рисунок 2.6 – Принципова схема плати Arduino Uno

3) BeagleBone (рис. 2.7) – плата, яка пропонує великий вибір інтерфейсів і може використовуватися для керування пристроями в розумному будинку; це одноплатний комп'ютер із потужним процесором і великою кількістю вбудованих портів введення-виведення; за допомогою BeagleBone можна керувати освітленням, термостатом, системою безпеки, аудіо- та відеообладнанням та іншими підсистемами; крім того, BeagleBone може використовуватися для створення інтерфейсів управління розумним будинком, таких як тачскрін або голосовий інтерфейс;

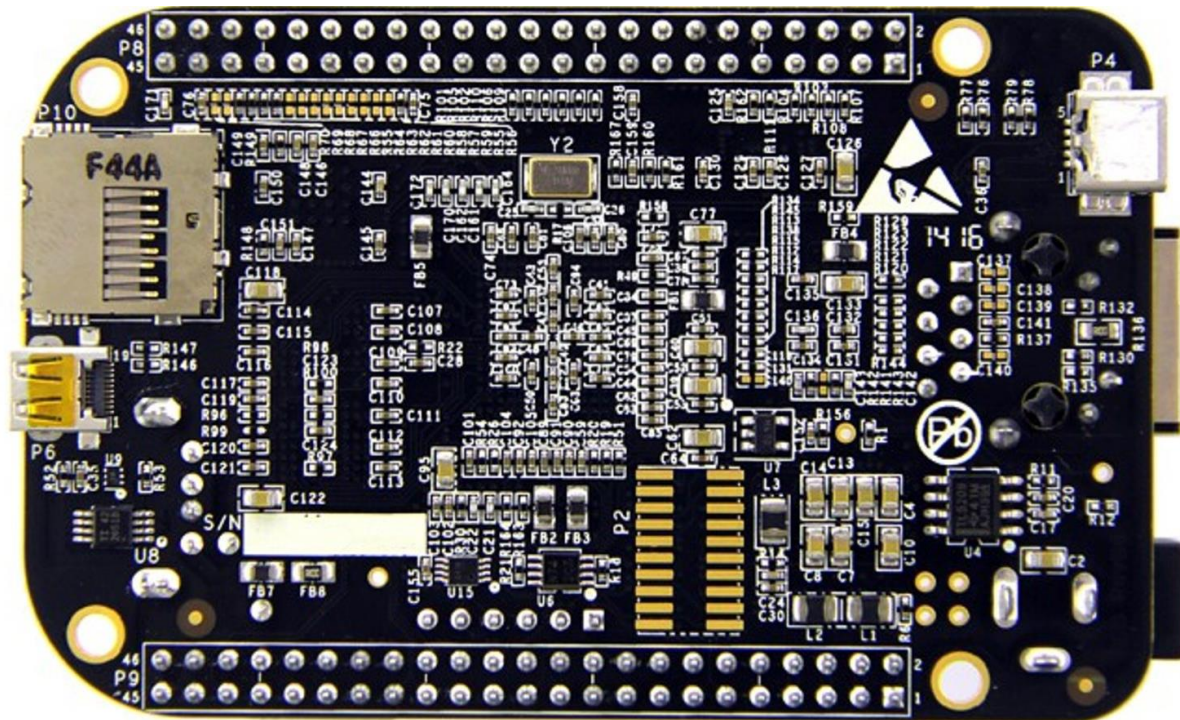


Рисунок 2.7 – BeagleBone

4) Intel Edison – плата, яка може використовуватися для створення розумного будинку і має високу продуктивність; компактна і потужна система на кристалі, яка містить процесор, пам'ять, Wi-Fi і Bluetooth модулі; за допомогою Intel Edison можна створювати різні пристрої для управління освітленням, опаленням, кондиціонуванням повітря, а також системи безпеки та багато іншого;

5) ESP8266 (рис. 2.8) – мікроконтролер, який може використовуватися для керування пристроями в розумному будинку та має низьку вартість; має невеликий розмір і низьку вартість, що робить її доступною для широкого кола користувачів; за допомогою ESP8266 можна створювати пристрої для керування освітленням, термостатами, датчиками руху і температури, дверними замками, системами безпеки, багатьма іншими пристроями а також для моніторингу енергоспоживання в будинку; для програмування ESP8266 можна використовувати мови програмування Arduino і MicroPython; також існує безліч бібліотек і готових проектів для ESP8266, що спрощує процес розробки; така плата керування може працювати як точка доступу Wi-Fi, а також підключатися до наявної Wi-Fi мережі;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



використовувати пульт дистанційного керування або сенсор руху; вартість такої системи є вищою, ніж, наприклад, плата керування Arduino;



Рисунок 2.9 – Стартовий набір Philips Hue

7) Lutron – це професійна система управління освітленням, яку можна використовувати у великих будівлях і на вулиці;

8) Crestron – це також професійна система керування освітленням, яку можна використовувати у великих будівлях і на вулиці; системи Crestron дають змогу керувати різними пристроями в будинку, як-от освітлення, кліматичні системи, аудіо-відео обладнання, системи безпеки тощо; Crestron пропонує різні рішення для розумного будинку, починаючи від базових систем управління до просунутих систем, які можуть бути інтегровані з іншими пристроями і системами в будинку; системи Crestron також мають високий рівень безпеки і можуть бути керованими через мобільний застосунок або голосові команди;

9) Intel NUC – гарний вибір для створення системи розумного будинку; має компактний розмір, низьке енергоспоживання і достатню продуктивність для оброблення даних із датчиків і керування пристроями в будинку; крім того, Intel NUC можна легко налаштувати та керувати за допомогою різних програмних платформ, наприклад, Home Assistant або OpenHAB.

Вибір керуючої плати залежить від конкретних потреб і завдань, які потрібно вирішити в розумному будинку, а також від багатьох чинників, включно з розміром

будівлі, кількістю освітлення, бюджетом і технічними вимогами. Також варто врахувати сумісність з обраними пристроями і наявність підтримки та документації для обраної плати. Також важливо враховувати функціональність плати та її можливості для підключення різних пристроїв. Наприклад, якщо планується використання датчиків температури, вологості, руху тощо, то необхідно переконатися, що плата підтримує відповідні інтерфейси та протоколи зв'язку. Ще одним важливим фактором є масштабованість плати. Якщо планується розширення системи розумного будинку в майбутньому, то необхідно обирати плату, яка підтримує можливість додавання нових модулів і пристроїв. Нарешті, варто звернути увагу на вартість плати та її доступність на ринку. Не завжди варто економити на якості та вибирати найдешевшу плату, яка може не відповідати вишуканим вимогам, однак не варто й переплачувати за непотрібні функції.

Враховуючи популярність, відкритість і доступність плати керування Arduino Uno, забезпечення можливості створення власних пристроїв та розширення функціональності розумного будинку, наявність безлічі бібліотек і проектів, які можна використовувати у своєму розумному будинку, оберемо для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» саме Arduino Uno в якості плати керування.

### 2.3 Аналіз та вибір датчиків та сервоприводів для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» (нижній рівень)

Модуль освітленості в розумному будинку – це компонент, який вимірює рівень освітленості в приміщенні та дає змогу автоматично регулювати яскравість світла залежно від зовнішніх умов і потреб користувачів. Це може бути корисно для забезпечення комфорту та ефективності використання приміщення, а також для зниження витрат на електроенергію, для автоматичного налаштування освітлення в розумному будинку на оптимальні параметри для різних завдань, таких як робота, відпочинок або сон. Також модуль освітленості може бути інтегрований з іншими

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системами розумного будинку, такими як система безпеки, що дає змогу вмикати світло в разі виявлення руху в певному приміщенні. Також модуль освітленості може використовуватися для створення різних сценаріїв освітлення, наприклад, "вечірнє освітлення", "робоче освітлення" або "романтичне освітлення". Це дозволяє налаштувати підсвічування відповідно до потреб та настрою користувачів.

Модуль освітленості може бути інтегрований з іншими компонентами розумного будинку, такими як система автоматичного керування кліматом, система безпеки або система домашнього кінотеатру.

Загалом, модуль освітленості є важливою складовою розумного будинку, яка дозволяє забезпечити комфорт та безпеку користувачів, а також зменшити витрати на енергію.

Датчики освітленості можуть бути використані в модулях освітленості систем розумного будинку для автоматичного керування освітленням залежно від рівня природного світла в приміщенні. Вони можуть бути інтегровані в системи автоматичного керування освітленням, які можуть вмикати та вимикати світло, регулювати яскравість і колірну температуру залежно від часу доби та настрою користувачів. Датчики освітленості можуть також використовуватися для економії енергії, вимикаючи світло в кімнатах, що не використовуються на даний момент, і для автоматичного вмикання світла в кімнатах, коли хтось входить до них.

Також датчики освітленості можуть бути використані в системах безпеки, щоб визначати наявність руху в зоні спостереження і вмикати освітлення для запобігання злочинам. Вони також можуть використовуватися в сільському господарстві для контролю за рівнем освітленості в теплицях та інших вирощуваних рослинах.

Датчики освітленості можуть бути різних типів, таких як фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори та фотоприймачі. Вони можуть бути під'єднані до мікроконтролерів або інших електронних пристроїв для опрацювання отриманих даних і керування освітленням.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для використання в системі управління освітленням в розумному будинку найбільш підходять цифрові датчики освітленості, оскільки вони забезпечують більш точне вимірювання рівня освітленості і можуть бути легко інтегровані з іншими пристроями розумного будинку, такими як системи автоматичного управління кліматом або системи безпеки. Крім того, цифрові датчики освітленості можуть бути налаштовані на роботу в різних умовах освітленості та мають більш тривалий термін служби, ніж аналогові датчики. Вимірювання здійснюються за допомогою світлочутливого елемента (фоторезистора), який змінює опір залежно від рівня освітленості.

Датчик освітленості RCK205502 – це пристрій, що вимірює рівень освітленості в приміщенні або на відкритому повітрі. Він дозволяє автоматично регулювати рівень освітленості в залежності від потреб користувачів, а також зменшити витрати на енергію.

Датчик освітленості RCK205502 має широкий діапазон вимірювання, що дозволяє використовувати його в різних умовах. Він може бути встановлений як настінно, так і на стельовій поверхні, що дозволяє забезпечити максимальну ефективність його роботи.

Основні переваги датчика освітленості RCK205502:

- точність вимірювання;
- широкий діапазон вимірювання;
- можливість встановлення настінно або на стельовій поверхні;
- можливість автоматичного регулювання освітленості.

Датчик освітленості RCK205502 (рис. 2.10) може бути використаний в промисловості та будівництві для автоматичного регулювання освітлення, що дозволяє знизити витрати на електроенергію та підвищити комфортність робочого середовища. Він може бути встановлений у приміщеннях, де необхідно підтримувати певний рівень освітленості, наприклад, в офісах, магазинах, складах, а також на вулицях для автоматичного включення вуличного освітлення в залежності від рівня освітленості. Датчик освітленості RCK205502 може бути

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підключений до системи керування освітленням, що дозволяє автоматично регулювати яскравість світла в залежності від зовнішніх умов та забезпечувати оптимальний рівень освітленості для роботи.

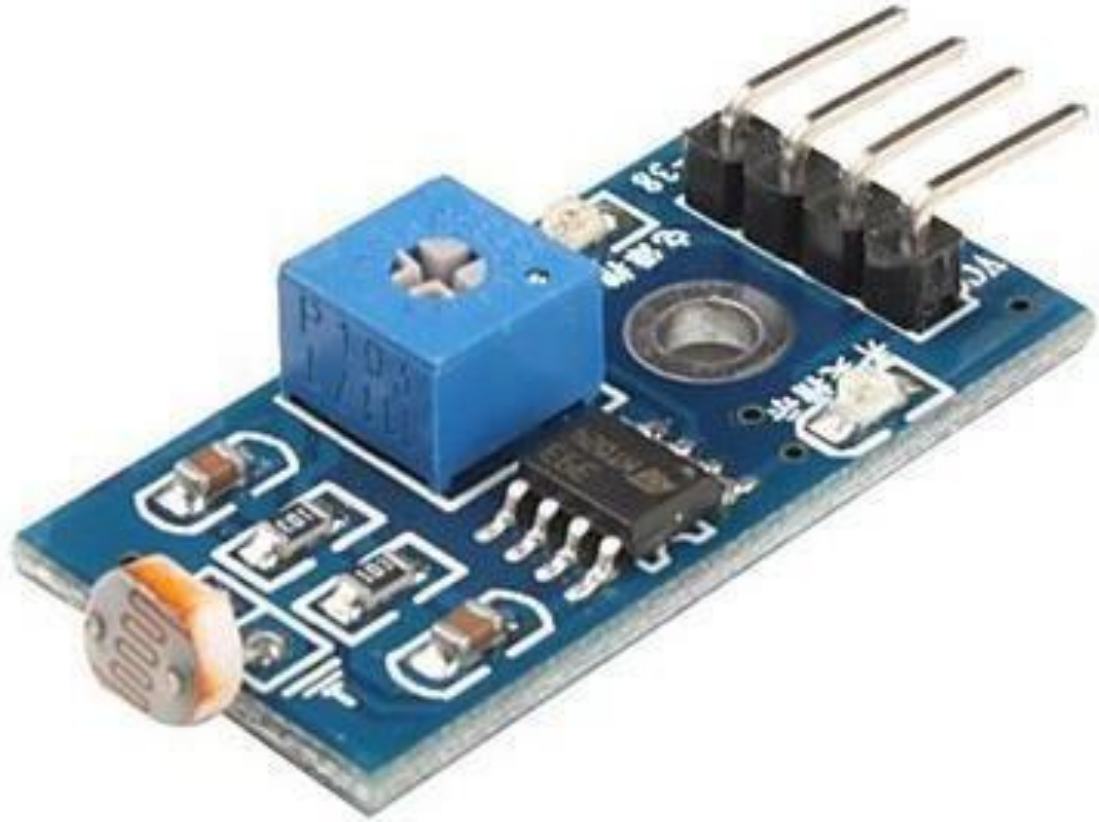


Рисунок 2.10 – Датчик освітленості RSK205502

Як видно з рис. 2.10, датчик освітленості RSK205502 має два виходи (цифровий та аналоговий) і два контакти для підключення живлення. З аналогового виводу «АО» можуть зніматись покази напруги 0 В ... 3.3 В або 5 В залежно від використовуваного джерела живлення. Цифровий вивід DO встановлюється в «0» або «1» залежно від яскравості. Чутливість виходу регулюється поворотним потенціометром. Принципова схема датчик освітленості RSK205502 представлена на рис 2.11.

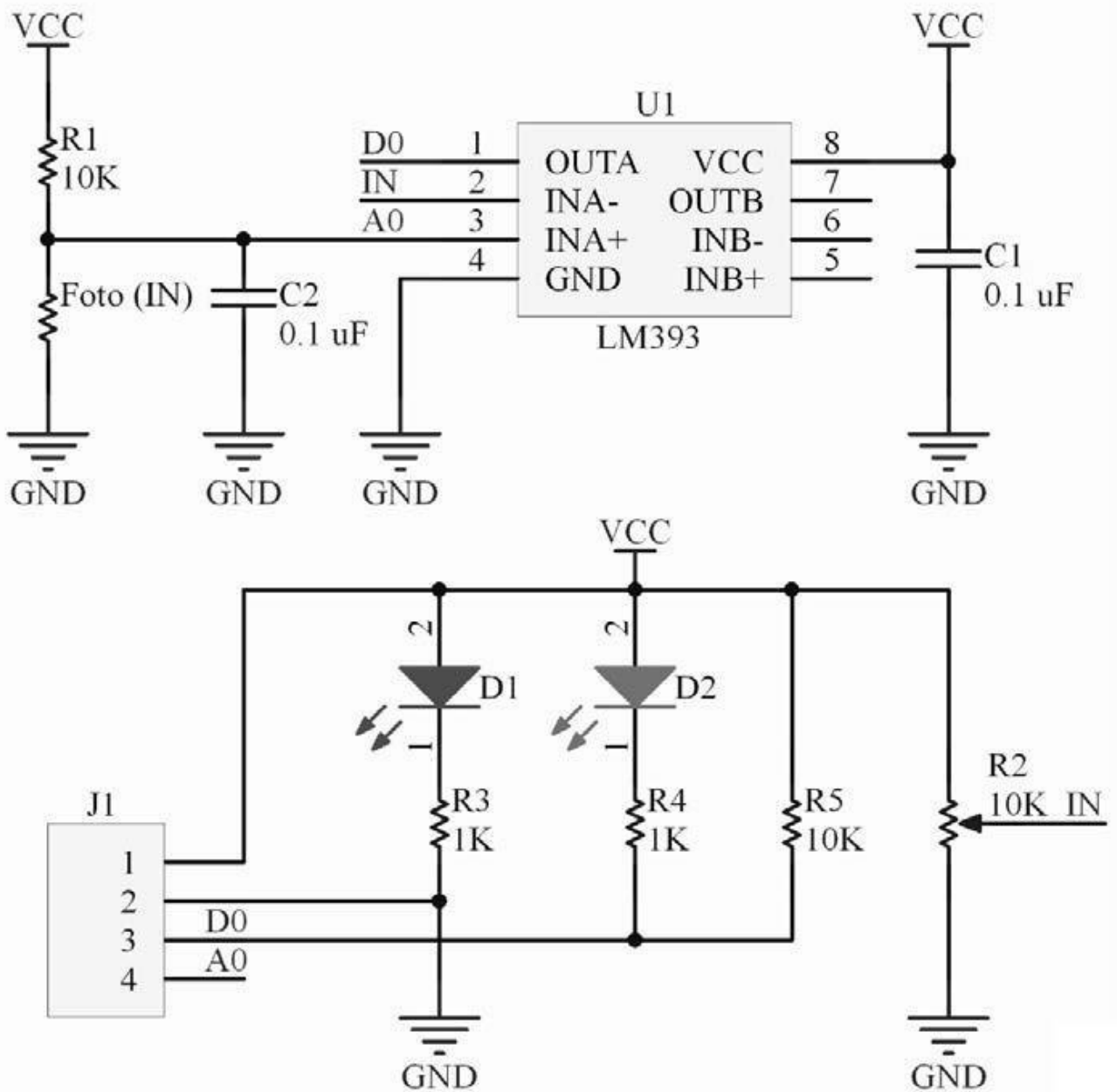


Рисунок 2.11 – Принципова схема датчика освітленості RSK205502

Характеристики чутливості датчика освітленості RSK205502:

- 1) освітлення 0.1 люкс – опір фоторезистора 600 кОм (безмісячна ніч);
- 2) освітлення 1 люкс – опір фоторезистора 70 кОм (місячна ніч);
- 3) освітлення 10 люкс – опір фоторезистора 10 кОм (темна кімната);
- 4) освітлення 100 люкс – опір фоторезистора 1.5 кОм (дуже похмурий день);
- 5) освітлення 1000 люкс – опір фоторезистора 300 Ом (похмурий день).

Датчик освітленості RCK205502 має діапазон вимірюваних значень від 0 до 1000 люкс.

Деякі інші датчики освітленості, аналогічні до RCK205502:

1) BH1750FVI – датчик освітленості з інтерфейсом I2C, який має діапазон вимірюваних значень від 0 до 65535 люксів з точністю до 1 люкса; цей датчик має низький рівень споживання енергії і може працювати в широкому діапазоні напруги від 2,4 до 3,6 В; він має вбудований фільтр шуму і може працювати в різних умовах освітленості, включаючи штучне світло та природне світло; BH1750FVI може використовуватися для автоматичного регулювання яскравості світла в приміщеннях, вуличному освітленні, автомобільному освітленні та інших застосуваннях, де важливо контролювати рівень освітленості;

2) TSL2561 – датчик освітленості з аналоговим виходом та інтерфейсом I2C, який має діапазон вимірюваних значень від 0 до 40000 люксів з точністю до 0.1 люкса; має два фотодіоди – один для вимірювання інфрачервоного світла, а інший – для вимірювання видимого світла, що дозволяє датчику коректно вимірювати яскравість світла навіть в умовах змінної спектральної складової; датчик може працювати в режимах зниженого споживання енергії; він часто використовується в системах автоматичного освітлення, системах контролю яскравості екранів, а також в різних наукових дослідженнях, пов'язаних з вимірюванням світла;

3) TEMT6000 – датчик освітленості, який має діапазон вимірюваних значень від 1 до 10000 люксів з точністю до 1 люкса; він має вбудований фотодіод і оптичний фільтр, який дозволяє вимірювати світло в спектрі, близькому до спектру видимого світла; даний датчик може використовуватися в різних застосуваннях, таких як автоматичне вимикання світла, регулювання яскравості екрана, вимірювання рівня освітленості в приміщеннях, тощо;

4) APDS-9006-020 – датчик освітленості з високою роздільною здатністю і цифровим виходом; цифровий датчик, який вимірює яскравість світла в діапазоні від 0 до 10 000 люксів з точністю до 0,01 люкса; має вбудований фільтр, що дозволяє зменшити вплив інших джерел світла на вимірювання; має інтерфейс I2C

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для зв'язку з мікроконтролером і може використовуватися для автоматичного регулювання освітленості в різних пристроях, таких як смартфони, планшети, ноутбуки, телевізори, тощо;

5) МАХ44009 – датчик освітленості з інтерфейсом I2C і низьким споживанням енергії; цифровий датчик освітленості, який вимірює яскравість світла в діапазоні від 0,045 до 188 000 люксів з точністю до 0,045 люкса; має вбудований фільтр шуму та може працювати в широкому діапазоні напруги живлення від 1,7 до 3,6 В.

Кожен із цих датчиків має свої особливості та переваги, і вибір конкретного датчика залежатиме від вимог до застосунку.

Сервопривід – це електромеханічний пристрій, який використовується для керування рухом об'єкта з високою точністю та швидкістю. Він складається з двигуна, редуктора та електронної системи керування. Сервопривід може використовуватися в різних застосуваннях, зокрема, робототехніка, автоматизація.

Сервопривід (рис. 2.12) – це механізм з електромотором, який може виконати, наприклад, поворот на заданий кут і утримувати це положення. Сервопривід дозволяє точно керувати параметрами руху. Сервопривід – механічний привід, який складається з датчика (положення, швидкості, зусилля, тощо) і блоку управління приводом. На вхід сервопривід отримує значення керуючого параметра (наприклад, кут повороту), після чого блок управління порівнює це значення зі значенням на датчику і на основі результату порівняння виконується деяка дія так, щоб значення датчика максимально наблизилось до заданого значення. Найбільш поширеними є сервоприводи, які підтримують задану швидкість обертання.

Типи сервоприводів:

1) ротаційні сервоприводи – використовуються для обертання об'єктів на певний кут;

2) лінійні сервоприводи – використовуються для переміщення об'єктів уздовж прямої лінії;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) кутові сервоприводи – використовуються для керування кутом повороту об'єкта;
- 4) мікро-сервоприводи – використовуються в малих пристроях, таких як радіокеровані моделі;
- 5) промислові сервоприводи – використовуються в промислових установках для керування механізмами та обладнанням.



Рисунок 2.11 – Сервопривід

Враховуючи переваги та характеристики світлочутливості, оберемо датчик освітленості RSK205502 для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок». Враховуючи застосовність того чи іншого сервопривода, оберемо ротаційний, лінійний та кутовий сервоприводи для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

## 2.4 Висновки

В другому розділі було обрано протокол ZigBee в якості стандарту передачі даних для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», оскільки він є енергозощадливим і прийнятним для пристроїв, які працюють від батарейок, має нижчу ціну у порівнянні з пристроями на інших

протоколах, а також забезпечує високий ступінь захисту даних і безпеки і є надійним протоколом для розумних будинків.

Враховуючи популярність, відкритість і доступність плати керування Arduino Uno, забезпечення можливості створення власних пристроїв та розширення функціональності розумного будинку, наявність безлічі бібліотек і проектів, які можна використовувати у своєму розумному будинку, в якості плати керування для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» обрано плату Arduino Uno.

Також в другому розділі було обрано датчик освітленості RСК205502 та ротаційний, лінійний і кутовий сервоприводи для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» з врахуванням їх переваг та характеристик.

Отже, в другому розділі кваліфікаційної роботи було виконано вибір компонентів для проектування нижнього та середнього рівнів підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

3.1 Алгоритм збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» (верхній рівень)

Для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» метою збору, моніторингу та керування даними є забезпечення комфортних умов в залежності від виду діяльності користувача в даний момент часу (наприклад, створити якісні умови для активності чи забезпечити затишок для відпочинку або сну). Засобами досягнення мети у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» є жалюзі, ролети, штори, лампи освітлення.

Перш ніж перейти до розроблення сценаріїв для автоматичного збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», розглянемо, який рівень освітленості і світлового потоку повинна забезпечити підсистема керування освітленням для різних випадків її застосування.

Освітленість – це фізико-оптична величина, що характеризує відношення світлового потоку до площі поверхні, на яку він поширюється.

Середні значення норми освітленості для різних типів приміщень: кухня – 150 люксів, вітальня – 450 люксів, дитяча кімната та спальня – 200 люксів, кабінет – 300 люксів, ванна кімната та коридор – 50-75 люксів.

Освітленість приміщення розраховується за формулою:

$$E = \Phi / S, \quad (3.1)$$

де  $\Phi$  – світловий потік,  $S$  – освітлювана площа.

Тоді формула світлового потоку має вигляд:

$$\Phi = E \cdot S. \quad (3.2)$$

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім цього, при розрахунку світлового потоку варто враховувати висоту стелі приміщення, тоді:

$$\Phi = E \cdot S \cdot K_c, \quad (3.3)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт висоти стелі ( $K_{c1}=1$  для висоти стелі від 2.5 до 2.7 м;  $K_{c2}=1.2$  для висоти стелі від 2.7 до 3 м;  $K_{c3}=1.5$  для висоти стелі від 3 до 3.5 м;  $K_{c4}=2$  для висоти стелі від 3.5 до 4.5 м).

Як правило, для житлових приміщень висота стелі має значення від 2.5 до 3.5 м.

Проведемо розрахунки значення нормального світлового потоку для кухні, вітальні, дитячої кімнати/спальні, робочого кабінету, ванної кімнати та коридору з різними діапазонами висоти стелі [44, 45]:

- кухня площею  $S$ :

$$\Phi_1 = E \cdot S \cdot K_{c1} = 150 \cdot S \cdot 1 = 150 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.4)$$

$$\Phi_2 = E \cdot S \cdot K_{c2} = 150 \cdot S \cdot 1.2 = 180 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.5)$$

$$\Phi_3 = E \cdot S \cdot K_{c3} = 150 \cdot S \cdot 1.5 = 225 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.6)$$

- вітальня площею  $S$ :

$$\Phi_1 = E \cdot S \cdot K_{c1} = 450 \cdot S \cdot 1 = 450 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.7)$$

$$\Phi_2 = E \cdot S \cdot K_{c2} = 450 \cdot S \cdot 1.2 = 540 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.8)$$

$$\Phi_3 = E \cdot S \cdot K_{c3} = 450 \cdot S \cdot 1.5 = 675 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.9)$$

- дитяча кімната та спальня площею  $S$ :

$$\Phi_1 = E \cdot S \cdot K_{c1} = 200 \cdot S \cdot 1 = 200 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.10)$$

$$\Phi_2 = E \cdot S \cdot K_{c2} = 200 \cdot S \cdot 1.2 = 240 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.11)$$

$$\Phi_3 = E \cdot S \cdot K_{c3} = 200 \cdot S \cdot 1.5 = 300 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.12)$$

- робочий кабінет площею  $S$ :

$$\Phi_1 = E \cdot S \cdot K_{c1} = 300 \cdot S \cdot 1 = 300 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.13)$$

$$\Phi_2 = E \cdot S \cdot K_{c2} = 300 \cdot S \cdot 1.2 = 360 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.14)$$

$$\Phi_3 = E \cdot S \cdot K_{c3} = 300 \cdot S \cdot 1.5 = 450 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.15)$$

- ванна кімната та коридор площею  $S$ :

$$\Phi_1 = E \cdot S \cdot K_{c1} = 75 \cdot S \cdot 1 = 75 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.16)$$

$$\Phi_2 = E \cdot S \cdot K_{c2} = 75 \cdot S \cdot 1.2 = 90 \cdot S \text{ (Лм)}; \quad (3.17)$$

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_3 = E \cdot S \cdot K_{c3} = 75 \cdot S \cdot 1.5 = 112.5 \cdot S \text{ (Лм)}. \quad (3.18)$$

Різні лампи дають світло різної сили, тому їх потужність залежить від типу використовуваних ламп – світлодіодні (75 Лм на 1 Вт), енергозберігаючі (47 Лм на 1 Вт), галогенні (15 Лм на 1 Вт) або лампи розжарювання (12 Лм на 1 Вт).

Тоді для розрахунку потужності лам для створення нормального світлового потоку для приміщення необхідно розділити знайдену величину світлового потоку на величину світлового потоку для ламп кожного типу.

Наприклад, для обчислення потужності світлодіодних ламп для кухні площею  $S$  з висотою стелі 2.8 м:

$$P = (180 \cdot S) / 75 = 2.4 \cdot S \text{ (Вт)}; \quad (3.19)$$

для обчислення потужності енергозберігаючих ламп для вітальні площею  $S$  з висотою стелі 2.5 м:

$$P = (450 \cdot S) / 47 = 9.58 \cdot S \text{ (Вт)}; \quad (3.20)$$

для обчислення потужності галогенних ламп для спальні площею  $S$  з висотою стелі 2.6 м:

$$P = (200 \cdot S) / 15 = 13.34 \cdot S \text{ (Вт)}; \quad (3.21)$$

для обчислення потужності ламп розжарювання для робочого кабінету площею  $S$  з висотою стелі 3 м:

$$P = (450 \cdot S) / 12 = 37.5 \cdot S \text{ (Вт)}. \quad (3.22)$$

Відповідно, для розрахунку необхідної кількості ламп певного типу потрібно знайдену величину потужності розділити на потужність однієї використовуваної лампи. Наприклад, якщо для кухні площею  $S$  з висотою стелі 2.8 м використовується світлодіодна лампа потужністю 5 Вт, то необхідна кількість ламп складатиме:

$$k = (2.4 \cdot S) / 5 = 0.48 \cdot S \text{ (шт)}; \quad (3.23)$$

якщо для вітальні площею  $S$  з висотою стелі 2.5 м використовується енергозберігаюча лампа потужністю 10 Вт, то необхідна кількість ламп складатиме:

$$k = (9.58 \cdot S) / 10 = 0.958 \cdot S \text{ (шт)}; \quad (3.24)$$

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якщо для спальні площею  $S$  з висотою стелі 2.6 м використовується галогенна лампа потужністю 8 Вт, то необхідна кількість ламп складатиме:

$$k=(13.34 \cdot S)/8 = 1.67 \cdot S \text{ (шт)}; \quad (3.25)$$

якщо для кабінету площею  $S$  з висотою стелі 3 м використовується лампа розжарювання потужністю 40 Вт, то необхідна кількість ламп складатиме:

$$k=(37.5 \cdot S)/40 = 0.94 \cdot S \text{ (шт)}. \quad (3.26)$$

Отже, виходячи з вищенаведених розрахунків, для налаштування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» користувач для кожного приміщення повинен:

- 1) обрати тип приміщення (кухня, вітальня, дитяча кімната або спальня, робочий кабінет, ванна кімната або коридор);
- 2) обрати інтервал висоти стелі приміщення (2.5-2.7 м; 2.7-3 м; 3-3.5 м; 3.5-4.5 м);
- 3) задати площу приміщення (у м<sup>2</sup>);
- 4) обрати тип використовуваних ламп у приміщення (світлодіодні, енергозберігаючі, галогенні, лампи розжарювання);
- 5) задати потужність однієї використовуваної лампи (у Вт);
- 6) задати кількість наявних ламп у приміщенні;
- 7) обрати наявний засіб затінення у приміщенні (жалюзі, ролети, штори, жодного засобу);
- 8) обрати стартовий режим освітлення (активність, відпочинок, сон);
- 9) задати проміжок часу, після проходження якого виконується збір та моніторинг даних з датчиків освітленості щодо значення світлового потоку.

Якщо користувач обрав режим освітлення «активність», то підсистема керування освітленням житла кіберфізичної системи «Розумний будинок» повинна забезпечити нормальне значення світлового потоку у приміщенні, розраховане в формулах (3.4)-(3.18).

Якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», то підсистема керування освітленням житла кіберфізичної системи «Розумний будинок» повинна

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечити половину нормального значення світлового потоку у приміщенні, розрахованого в формулах (3.4)-(3.18).

Якщо користувач обрав режим освітлення «сон», то підсистема керування освітленням житла кіберфізичної системи «Розумний будинок» повинна забезпечити відсутність світлового потоку в приміщенні.

На основі таких міркувань підсистема керування освітленням житла кіберфізичної системи «Розумний будинок» повинна сформувати множину сценаріїв з використанням природного та штучного освітлення, які передбачають оптимальне освітлення для тієї чи іншої ситуації.

Множина світлових сценаріїв з використанням природного та штучного освітлення складається з 91 сценарію:

1) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $150 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

2) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $150 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

3) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $150 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

4) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $180 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

5) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $180 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

6) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світловий потік складає менше, ніж  $180 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

7) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $225 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

8) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $225 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

9) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $225 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

10) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $75 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

11) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $75 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

12) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $75 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

13) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $90 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

14) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $90 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $90 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

16) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $112.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

17) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $112.5 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

18) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кухня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $112.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

19) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $450 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

20) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $450 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

21) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $450 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

22) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $540 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

23) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

25) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $675 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

26) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $675 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

27) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $675 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

28) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $225 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

29) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $225 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

30) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $225 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

31) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $270 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $270 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

33) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $270 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

34) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $337.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

35) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $337.5 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

36) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $337.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

37) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $200 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

38) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $200 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

39) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $200 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $240 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

41) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $240 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

42) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $240 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

43) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $300 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

44) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $300 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

45) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $300 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

46) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $100 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

47) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $100 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

48) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $100 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

49) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $120 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

50) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $120 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

51) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $120 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

52) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $150 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

53) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $150 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

54) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «дитяча кімната або спальня», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $150 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

55) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $300 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

56) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $300 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

57) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $300 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

58) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $360 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

59) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $360 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

60) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $360 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

61) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $450 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

62) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $450 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

63) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $450 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

64) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $150 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

65) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $150 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

66) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $150 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

67) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $180 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

68) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $180 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

69) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $180 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

70) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $225 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

71) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $225 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

72) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «кабінет», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $225 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

73) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $75 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

74) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $75 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

75) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $75 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

76) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $90 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

77) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо вимірний

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $90 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

78) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $90 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

79) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $112.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

80) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $112.5 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

81) якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $112.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

82) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає  $37.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

83) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $37.5 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

84) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.5 до 2.7 м та якщо вимірний

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $37.5 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

85) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $45 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

86) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $45 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

87) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $45 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

88) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $56.25 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо;

89) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $56.25 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення;

90) якщо користувач обрав режим освітлення «відпочинок», тип приміщення «ванна кімната або коридор», висоту стелі від 3 до 3.5 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $56.25 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо;

91) якщо користувач обрав режим освітлення «сон», тип приміщення – будь-який з 5 можливих, висоту стелі – будь-який з 3 можливих діапазонів та якщо

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $0$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення.

Отже, підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» на верхньому рівні виконує збір та моніторинг даних з датчиків освітленості, які вимірюють світловий потік. На старті роботи підсистеми вимикається все штучне освітлення і вимірюється світловий потік тільки для наявного природного освітлення при повністю відкритих жалюзі, ролетах та шторах. Надалі збір та моніторинг даних з датчиків освітленості щодо значення світлового потоку виконується або через певні проміжки часу, задані користувачем, або коли користувач змінив режим освітлення.

Керування даними підсистема освітлення кіберфізичної системи «Розумний будинок» здійснює наступним чином: відбувається пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення; якщо згідно із знайденим сценарієм наявного освітлення достатньо, то підсистема не виконує жодних дій; якщо згідно із знайденим сценарієм наявного освітлення недостатньо, то спочатку відбувається перевірка положення жалюзі, ролетів, штор – якщо жалюзі, ролети, штори відкриті не повністю, то відбувається відкриття жалюзі на один градус або піднімання ролет на відкриття на 1 см або розсування штор на відкриття на 1 см, і підсистема повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості, якщо ж жалюзі, ролети, штори відкриті повністю, то відбувається ввімкнення додаткових ламп (їх кількість розраховується за прикладом, наведеним у формулах (3.23)-(3.26), або додаткові лампи вмикаються по одній), після чого підсистема повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості; якщо згідно із знайденим сценарієм наявне освітлення є надлишковим, то спочатку відбувається закриття жалюзі на один градус або опускання ролет на закриття на 1 см або зсування штор на закриття на 1 см, і підсистема повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості, якщо ж жалюзі, ролети, штори закриті повністю, то відбувається вимкнення додаткових ламп (їх кількість

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розраховується за прикладом, наведеним у формулах (3.23)-(3.26), або додаткові лампи вимикаються по одній), після чого підсистема повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості.

### 3.2 Підсистема керування освітленням розумного будинку

Отже, як було показано у першому розділі, структура системи «Розумний будинок» складається з трьох рівнів – нижнього (рівень датчиків та сервоприводів), середнього (рівень керуючої плати, до якого приєднуються всі датчики) і верхнього (рівень збору, моніторингу та керування даними в реальному часі).

Тоді, враховуючи вибір датчика, сервоприводу, керуючої плати та стандарту даних, виконаний у другому розділі, а також враховуючи алгоритм виконання збору, моніторингу та керування даними, описаний в підрозділі 3.1, схема підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» має наступний вигляд – рис. 3.1.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

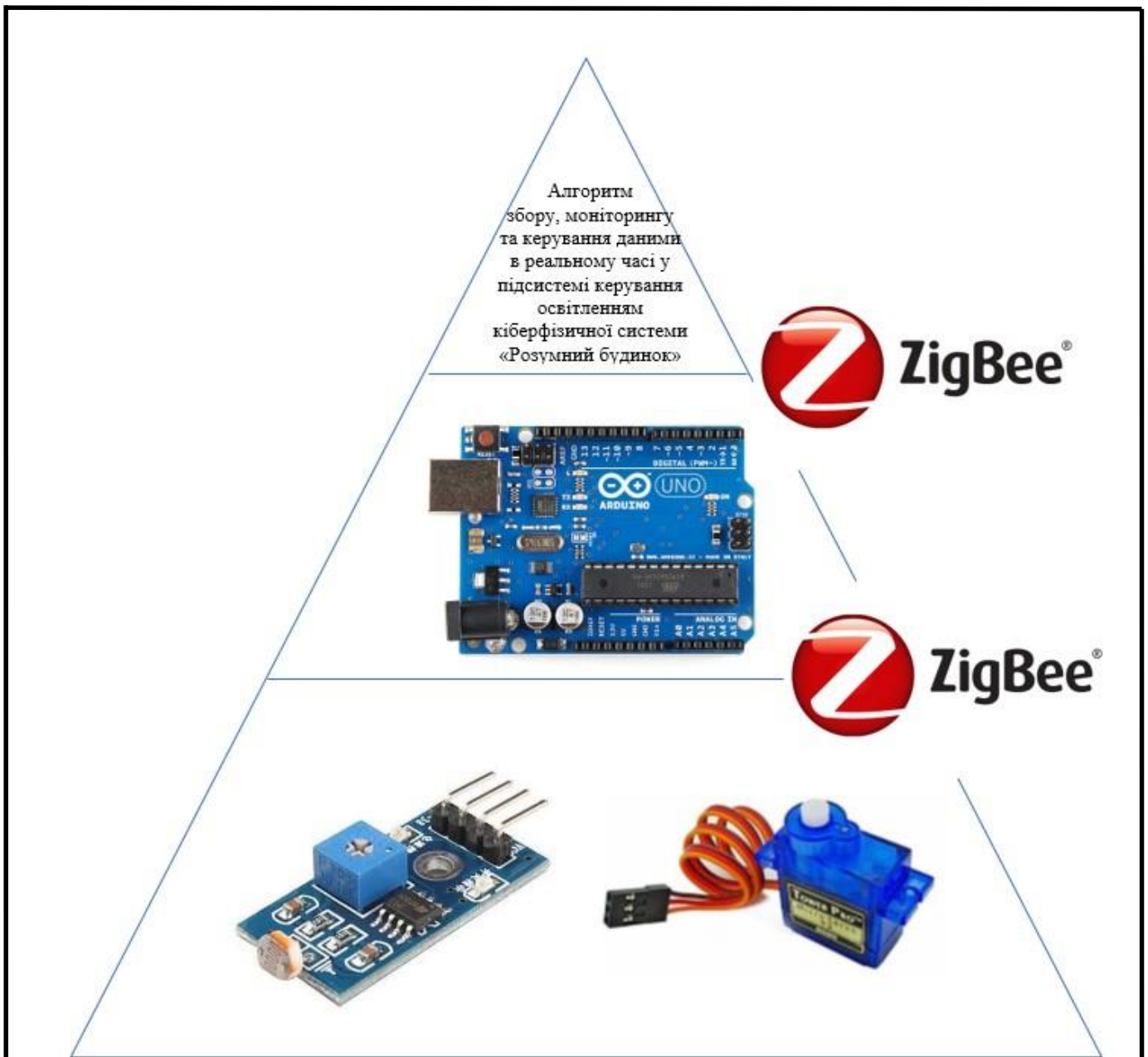


Рисунок 3.1 – Схема підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

### 3.3 Приклад функціонування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Користувач встановив підсистему керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» у вітальні.

Далі виконав налаштування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» користувач для даного приміщення:

- 1) обрав тип приміщення – вітальня;
- 2) обрав інтервал висоти стелі приміщення – 2.7-3 м;
- 3) задав площу приміщення – 25 м<sup>2</sup>;
- 4) обрав тип використовуванних ламп у приміщення – світлодіодні;
- 5) задав потужність однієї використовуваної лампи – 10 Вт;
- 6) задав кількість наявних ламп у приміщенні – 10;
- 7) обрав наявний засіб затінення у приміщенні – ролети;
- 8) обрав стартовий режим освітлення – активність;
- 9) задав проміжок часу, після проходження якого виконується збір та моніторинг даних з датчиків освітленості щодо значення світлового потоку, – 5 хвилин.

Далі підсистема керування освітленням розумного будинку вимірює наявний світловий потік при вимкненому штучному освітленні і за наявного природного освітлення при повністю відкритих жалюзі, ролетах та шторах (стартове вимірювання). Підсистема встановила, що світловий потік за таких умов складає 10150 Лм.

Підсистема виконує пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення і обирає сценарій 24 «якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає менше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення недостатньо», оскільки  $10150 < 540 \cdot 25$  (13500).

Оскільки, згідно із знайденим сценарієм, наявного освітлення недостатньо, то спочатку відбувається перевірка положення жалюзі, ролетів, штор – оскільки жалюзі, ролети, штори відкриті повністю, то відбувається ввімкнення додаткових ламп (їх кількість розраховується наступним чином: нестача світлового потоку становить  $13500 - 10150 = 3350$  (Лм); потужність світлодіодних ламп, здатних покрити таку нестачу світлового потоку, становить  $3350 / 75 = 44.67$  (Вт), оскільки світлодіодні лампи забезпечують світловий потік 75 Лм на 1 Вт; тоді кількість

світлодіодних ламп потужністю 10 Вт, здатних покрити таку нестачу світлового потоку, становить  $44.67/10=4.467$  (шт)  $\approx 5$  шт, отже, підсистема керування освітленням розумного будинку вмикає 5 ламп з 10 наявних), після чого підсистема повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості.

Підсистема керування освітленням розумного будинку знов виміряла наявний світловий потік та встановила, що світловий потік тепер складає 13900 Лм.

Підсистема виконує пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення і обирає сценарій 23 «якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення», оскільки  $13900 > 540 \cdot 25$  (13500).

Оскільки, згідно із знайденим сценарієм, наявне надлишкове освітлення, то підсистема виконує опускання ролет на закриття на 1 см, після чого повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості.

Підсистема керування освітленням розумного будинку знов виміряла наявний світловий потік та встановила, що світловий потік тепер складає 13800 Лм.

Підсистема виконує пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення і обирає сценарій 23 «якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення», оскільки  $13800 > 540 \cdot 25$  (13500).

Оскільки, згідно із знайденим сценарієм, наявне надлишкове освітлення, то підсистема виконує опускання ролет на закриття на 1 см, після чого повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості. Підсистема керування освітленням розумного будинку знов виміряла наявний світловий потік та встановила, що світловий потік тепер складає 13700 Лм.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсистема виконує пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення і обирає сценарій 23 «якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення», оскільки  $13700 > 540 \cdot 25$  (13500).

Оскільки, згідно із знайденим сценарієм, наявне надлишкове освітлення, то підсистема виконує опускання ролет на закриття на 1 см, після чого повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості. Підсистема керування освітленням розумного будинку знов виміряла наявний світловий потік та встановила, що світловий потік тепер складає 13600 Лм.

Підсистема виконує пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення і обирає сценарій 23 «якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає більше, ніж  $540 \cdot S$  (Лм), то наявне надлишкове освітлення», оскільки  $13600 > 540 \cdot 25$  (13500).

Оскільки, згідно із знайденим сценарієм, наявне надлишкове освітлення, то підсистема виконує опускання ролет на закриття на 1 см, після чого повертається на етап збору та моніторингу даних з датчиків освітленості. Підсистема керування освітленням розумного будинку знов виміряла наявний світловий потік та встановила, що світловий потік тепер складає 13500 Лм.

Підсистема виконує пошук сценарію відповідно до виміряного датчиком підсистеми світлового потоку та заданих користувачем параметрів приміщення і обирає сценарій 22 «якщо користувач обрав режим освітлення «активність», тип приміщення «вітальня», висоту стелі від 2.7 до 3 м та якщо виміряний давачами підсистеми світловий потік складає  $540 \cdot S$  (Лм), то наявного освітлення достатньо». Отже, тепер освітлення відповідає нормі, відтак підсистема більше не виконує жодних дій протягом певного, заданого користувачем, часу (в даному випадку

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом 5 хвилин) або до моменту вибору користувачем нового режиму освітлення.

### 3.4 Висновки

В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», а саме:

1) розроблено алгоритм збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»;

2) спроектовано схему підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»;

3) розглянуто функціонування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» на одному з прикладів.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## ВИСНОВКИ

Освітлення є одним з найважливіших елементів розумного будинку. Від того, як воно працює, залежить комфорт і безпека мешканців, а також економія енергоресурсів. Щоб забезпечити максимальний рівень контролю над освітленням, використовуються різні методи та засоби керування.

Взагалі, існує безліч різних технологій і рішень, які можуть бути використані для досягнення оптимального рівня управління освітленням у будинку. Деякі з них включають в себе використання сенсорів руху, датчиків світла, програмованих перемикачів і систем автоматичного управління освітленням. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного рішення залежить від індивідуальних потреб і переваг власника розумного будинку.

Керування освітленням житлового середовища поділяється на керування трьома типами освітлення: природним, штучним та світлодинамікою.

Для регулювання освітленості приміщень природним денним світлом та затінення вікон у вечірній час система «розумний будинок» керує положеннями жалюзі та ролетів, а також механічним відкриттям і закриттям штор.

Система розумного управління джерелами штучного освітлення регулює яскравість і кількість освітлювальних приладів для кожного окремого приміщення чи функціональної зони, в залежності від часу доби, погодних умов, виду діяльності мешканців у конкретний час.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано забезпечення керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» шляхом проектування відповідної підсистеми, яка передбачає застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.

Об'єктом дослідження є процес керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

Предметом дослідження є підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення поставленої мети використовуються такі методи дослідження, як методи синтезу, аналізу та моделювання процесів, принципи системного аналізу, теоретико-множинні підходи.

В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області, зокрема, досліджено кіберфізичну систему «Розумний будинок», проаналізовано задачі та засоби керування освітленням у кіберфізичній системі «Розумний будинок», а також виконана постановка задачі.

В другому розділі кваліфікаційної роботи виконано вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», а саме: здійснено обґрунтований вибір стандарту передачі даних, керуючої плати, датчиків та сервоприводів для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок».

В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано проектування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», зокрема: розроблено алгоритм збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»; спроектовано схему підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»; розглянуто функціонування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» на одному з прикладів.

Практичне значення має спроектована підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» яка передбачає застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Маслова М. «Розумний будинок» : бібліографічний покажчик. Запоріжжя: ЗОУНБ, 2021. 76 с.
2. Шостак І. В., Данова М. О., Феоктистова О. І. Підхід до роботизації процесів функціонування системи «Розумний будинок» на основі Інтернету речей. *Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси : матеріали XIII міжнар. наук.-практ. конф.* (19-20 трав. 2020 р., м. Київ). Київ, 2020. С. 48-49.
3. Теслюк В. М., Береговська Х. В., Береговський В. В. Модель роботи підсистем освітлення та охорони інтелектуального будинку. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.10. С. 297-303.
4. І. Ю. Юрчак, П. С. Вишинський. Застосування алгоритмів нечіткої логіки в системах розумного будинку. *Комп'ютерні системи та мережі*. 2018. №905. С. 142-148.
5. Кукунін С. В. Розробка цілісної методології організації систем типу «розумний будинок» в рамках парадигми «інтернету речей». *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, вир-во*. 2020. Вип. 38. С. 40-45.
6. Борейко О. Ю., Теслюк В. М., Березький О. М. Розроблення компонентів системи відеонагляду «інтелектуального будинку» на базі Raspberry Pi. *Моделювання та інформаційні технології*. 2014. Вип. 71. С. 66-71.
7. Донцов І. Д., Безвесільна О.М. Використання штучного інтелекту в домашній автоматизації та енергозбереженні. *Погляд у майбутнє приладобудування : XI всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів* (15-16 трав. 2018 р., КПІ ім. І. Сікорського). Київ, 2018. С. 505-508.
8. Полякова О. В. Класифікація функціональних складових елементів системи інтелектуального керування середовищем при проектуванні житла. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки*. 2016. № 4 (100). С. 133-140.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Федоров Д. Збільшення комфорту життя за допомогою інтелектуальних машин «Безпечний будинок». *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 12. С. 179-185.

10. Срібна І. М., Александров А. Ю. Інтерактивна автоматична система «Розумний будинок». *Зв'язок*. 2019. № 3. С. 55-58.

11. Abedi S., Kwon S. Rolling-horizon optimization integrated with recurrent neural network-driven forecasting for residential battery energy storage operations. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2023. Vol. 145. P. 108589.

12. Home Energy Management System with Improved Binary PSO / A. Mohammad et al. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Singapore, 2022. P. 873–881.

13. Optimal components capacity based multi-objective optimization and optimal scheduling based MPC-optimization algorithm in smart apartment buildings / K. Tamashiro et al. *Energy and Buildings*. 2023. Vol. 278. P. 112616.

14. Prediction of factors for Controlling of Green House Farming with Fuzzy based multiclass Support Vector Machine / K. Devi Thangavel et al. *Alexandria Engineering Journal*. 2023. Volю 62. P. 279 – 289.

15. OTP-Based Smart Door Opening System / P. Srinivasan et al. *Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks*. Singapore, 2022. P. 87–98.

16. Sung W.-T., Hsiao S.-J. Creating Smart House via IoT and Intelligent Computation. *Intelligent Automation & Soft Computing*. 2023. Vol. 35, no. 1. P. 415–430.

17. Lentzas A., Vrakas D. Machine learning approaches for non-intrusive home absence detection based on appliance electrical use. *Expert Systems with Applications*. 2022. P. 118454.

18. Ayu Lestari R., Yusmaniar Oktiawati U. Full state feedback and feed forward control of servo smart window using MATLAB/Simulink. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2022. Vol. 28. No. 3. P. 1355.

19. Smart sensors network for accurate indirect heat accounting in apartment buildings / Y. Stauffer et al. *Journal of Building Engineering*. 2022. Vol. 46. P. 103534.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Design and Implementation of Real-Time Kitchen Monitoring and Automation System Based on Internet of Things / C. A. U. Hassan et al. *Energies*. 2022. Vol. 15, no. 18. P. 6778.

21. Kumar T., Srinivasan R., Mani M. An Emergy-based Approach to Evaluate the Effectiveness of Integrating IoT-based Sensing Systems into Smart Buildings. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2022. Vol. 52. P. 102225.

22. Fuada S., Hendriyana H. UPISmartHome V.2.0 – A Consumer Product of Smart Home System with an ESP8266 as the Basis. *Journal of Communications*. 2022. P. 541–552.

23. ECHONET Lite Framework Based on Embedded Component Systems / F. Qi et al. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT)*. 2022. Vol. 16, no. 1. P. 74–83.

24. Smart Home Personal Assistants: Fueled by Natural Language Processor and Blockchain Technology / S. A. Ansar et al. *2022 Second International Conference on Interdisciplinary Cyber Physical Systems (ICPS)*, Chennai, India, 9–10 May 2022. 2022. P. 113 – 117.

25. Optimal Energy Scheduling of Appliances in Smart Buildings Based on Economic and Technical Indices / I. Muda et al. *Environmental and Climate Technologies*. 2022. Vol. 26, no. 1. P. 561–573.

26. Yaici W., Entchev E., Longo M. Internet of Things (IoT)-Based System for Smart Home Heating and Cooling Control. *2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, Prague, Czech Republic, 28 June – 1 July 2022. 2022.

27. Development of smart application for house condition survey / A. Hyder Chohan et al. *Ain Shams Engineering Journal*. 2022. Vol. 13, no. 3. P. 101628.

28. Nchena L. Smart House Assistive Technologies for Senior Citizens. *2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Ruzomberok, Slovakia, 26–28 September 2022. 2022.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Barker S., Parsons D. Smart Homes or Real Homes: Building a Smarter Grid With “Dumb” Houses. *IEEE Pervasive Computing*. 2022. Vol. 21, no. 2. P. 100–104.
30. Smith N. Smart Bee Houses: Designing to Support Urban Pollination. *ACI'21: Eight International Conference on Animal-Computer Interaction*, Bloomington IN USA. New York, NY, USA, 2021.
31. Saha A., Das P. S., Banik B. C. Smart Green House for Controlling & Monitoring Temperature, Soil & Humidity Using IOT. *2022 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Signal Processing (AISP)*, Vijayawada, India, 12–14 February 2022. 2022.
32. Energy Savings in Buildings Based on Image Depth Sensors for Human Activity Recognition / O. Mata et al. *Energies*. 2023. Vol. 16, no. 3. P. 1078.
33. Hussein N., Nhlabatsi A. Living in the Dark: MQTT-Based Exploitation of IoT Security Vulnerabilities in ZigBee Networks for Smart Lighting Control. *IoT*. 2022. Vol. 3, no. 4. P. 450–472.
34. Qahtan A. M., Almagani A. H. M. Experimental Evaluation of Thermal and Lighting Performance Using Double Dynamic Insulated Glazing. *Buildings*. 2022. Vol. 12, no. 8. P. 1249.
35. Tunable White Light for Elders (TWLITE): A Protocol Demonstrating Feasibility and Acceptability for Deployment, Remote Data Collection, and Analysis of a Home-Based Lighting Intervention in Older Adults / J. E. Elliott et al. *Sensors*. 2022. Vol. 22, no. 14. P. 5372.
36. Choi S., Choi A., Sung M. Cloud-based lighting control systems: Fatigue analysis and recommended luminous environments. *Building and Environment*. 2022. Vol. 214. P. 108947.
37. Adaptalight: An Inexpensive PAR Sensor System for Daylight Harvesting in a Micro Indoor Smart Hydroponic System / J. D Stevens et al. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8, no. 2. P. 105.
38. Smart Home Automation Lighting System and Smart Door Lock using Internet of Things / S. Sahu et al. *2022 4th International Conference on Advances in Computing*,

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Communication Control and Networking (ICAC3N)*, Greater Noida, India, 16–17 December 2022. 2022.

39. Chatterjee U., Venkat M., Ray S. Cryptanalysis of a Security Scheme for Smart Traffic Lighting System Based on Fog Computing. *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2022. P. 449–458.

40. Vaidya M., Chatterjee P., Bhopatkar K. Energy Efficient Smart Lighting System for Rooms. *Studies in Big Data*. 2021. P. 107–125.

41. He Y., Tian J., Cao Y. Intelligent home temperature and light control system based on the cloud platform. *2022 7th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP)*, Xi'an, China, 15–17 April 2022. 2022.

42. Methods of Constructing a Lighting Control System for Wireless Sensor Network “Smart Home” / A. Dudnik et al. *Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering*. 2022. P. 170–179.

43. ZigBee vs WiFi: Understanding issues and measuring performances of their coexistence / Z. Zhao et al. *2014 IEEE International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC)*, Austin, TX, USA, 5–7 December 2014. 2014.

44. Overview of the Methods and Tools for Situation Identification and Decision-Making Support in the Cyberphysical System «Smart House» / T. Hovorushchenko et al. *Computer systems and information technologies*. 2022. No. 4. P. 20–26.

45. Recognizing the Situations and Supporting the Decision-Making in the Residential Luminosity Control Subsystem of «Smart House» Cyber-Physical System / T. Hovorushchenko et al. *CEUR-WS*. 2023. Vol. 3373. P. 566-588.

					КВРКІ 190130.19.01.19 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток А**  
(обов'язковий)

Копія креслення «Кіберфізична система «Розумний будинок»»

КвРКІ 190130.19.01.19


## КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА "РОЗУМНИЙ БУДИНОК"

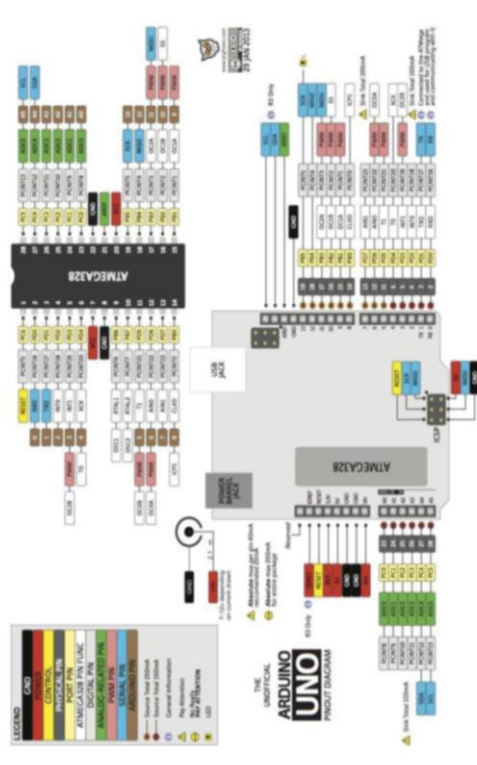
КвРКІ 190130.19.01.19


<b>КвРКІ 190130.19.01.19</b>									
Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи "Розумний будинок"									
Кіберфізична система "Розумний будинок"									
Зм.	Дис.	№ доум.	Піпис.	Дата	Літера	Маса	Місцязб.		
Розроб.	Ліана, Д.П.								
Н.с. контр.	Ліана, С.М.							Архив. 1	Архив. 3
Т. контр.	Ліана, С.М.							ХНУ, гр. КІІ-19-1	
Затв.	Ліана, С.М.								

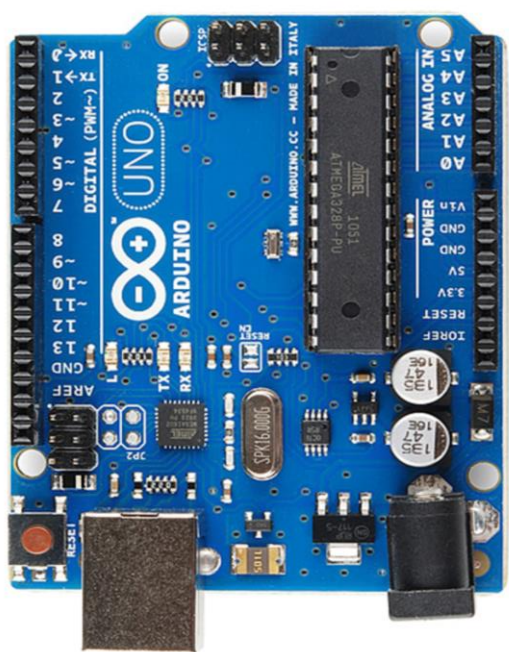
## Додаток Б (обов'язковий)

Копія креслення «Вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням»









**КвРК1 190130.19.01.19**

Зм. Арк.	№ добув.	Підпис	Дата	Листопад	Маса	Місця/аб.
Розроб.						
Н. контр.						
Т. контр.						
З.ІТБ.						

Підсистема керування освітленням  
роботизованої системи "Розумний будинок"  
Вибір компонентів для проектування підсистеми керування освітленням

ХМУ, гр. КД-19-1

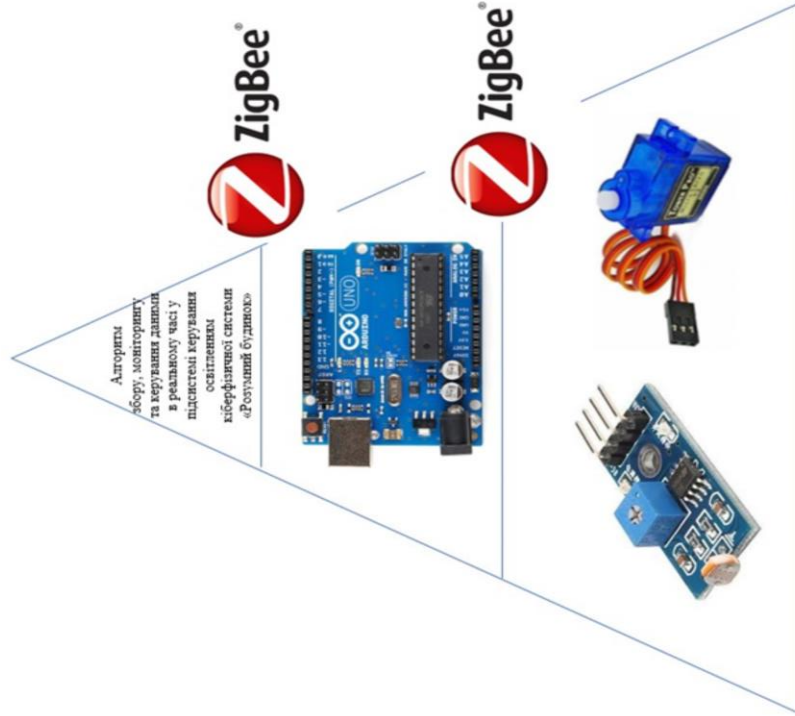
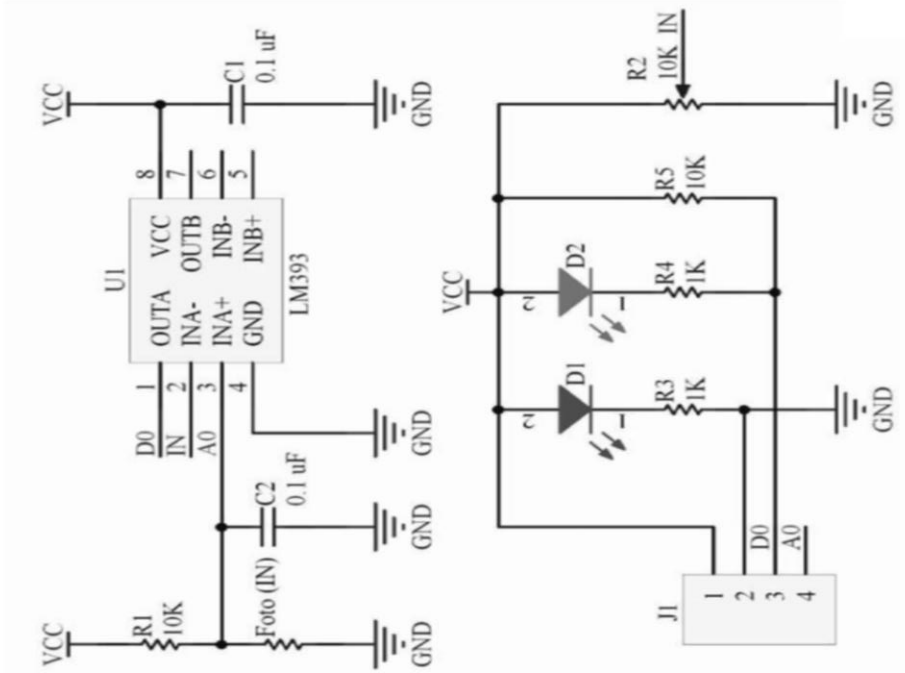
КвРК1 190130.19.01.19

## Додаток В (обов'язковий)

Копія креслення «Проектування підсистеми керування освітленням»

### ПРОЕКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

КвРКІ 190130.19.01.19



Алгоритм збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

КвРКІ 190130.19.01.19			
Зм.	Дат.	№ доум.	Листів
1	19.01.19	1	1
2	19.01.19	1	1
3	19.01.19	1	1
4	19.01.19	1	1
5	19.01.19	1	1
6	19.01.19	1	1
7	19.01.19	1	1
8	19.01.19	1	1
9	19.01.19	1	1
10	19.01.19	1	1
11	19.01.19	1	1
12	19.01.19	1	1
13	19.01.19	1	1
14	19.01.19	1	1
15	19.01.19	1	1
16	19.01.19	1	1
17	19.01.19	1	1
18	19.01.19	1	1
19	19.01.19	1	1
20	19.01.19	1	1
21	19.01.19	1	1
22	19.01.19	1	1
23	19.01.19	1	1
24	19.01.19	1	1
25	19.01.19	1	1
26	19.01.19	1	1
27	19.01.19	1	1
28	19.01.19	1	1
29	19.01.19	1	1
30	19.01.19	1	1
31	19.01.19	1	1
32	19.01.19	1	1
33	19.01.19	1	1
34	19.01.19	1	1
35	19.01.19	1	1
36	19.01.19	1	1
37	19.01.19	1	1
38	19.01.19	1	1
39	19.01.19	1	1
40	19.01.19	1	1
41	19.01.19	1	1
42	19.01.19	1	1
43	19.01.19	1	1
44	19.01.19	1	1
45	19.01.19	1	1
46	19.01.19	1	1
47	19.01.19	1	1
48	19.01.19	1	1
49	19.01.19	1	1
50	19.01.19	1	1
51	19.01.19	1	1
52	19.01.19	1	1
53	19.01.19	1	1
54	19.01.19	1	1
55	19.01.19	1	1
56	19.01.19	1	1
57	19.01.19	1	1
58	19.01.19	1	1
59	19.01.19	1	1
60	19.01.19	1	1
61	19.01.19	1	1
62	19.01.19	1	1
63	19.01.19	1	1
64	19.01.19	1	1
65	19.01.19	1	1
66	19.01.19	1	1
67	19.01.19	1	1
68	19.01.19	1	1
69	19.01.19	1	1
70	19.01.19	1	1
71	19.01.19	1	1
72	19.01.19	1	1
73	19.01.19	1	1
74	19.01.19	1	1
75	19.01.19	1	1
76	19.01.19	1	1
77	19.01.19	1	1
78	19.01.19	1	1
79	19.01.19	1	1
80	19.01.19	1	1
81	19.01.19	1	1
82	19.01.19	1	1
83	19.01.19	1	1
84	19.01.19	1	1
85	19.01.19	1	1
86	19.01.19	1	1
87	19.01.19	1	1
88	19.01.19	1	1
89	19.01.19	1	1
90	19.01.19	1	1
91	19.01.19	1	1
92	19.01.19	1	1
93	19.01.19	1	1
94	19.01.19	1	1
95	19.01.19	1	1
96	19.01.19	1	1
97	19.01.19	1	1
98	19.01.19	1	1
99	19.01.19	1	1
100	19.01.19	1	1

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1014910850

Дата перевірки:  
04.05.2023 07:13:34 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
04.05.2023 07:15:43 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Личак\_Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Кількість сторінок: 75 Кількість слів: 14748 Кількість символів: 111356 Розмір файлу: 4.81 MB ID файлу: 1014607161

## 7.59% Схожість

Найбільша схожість: 5.31% з Інтернет-джерелом (<https://zounb.zp.ua/wp-content/uploads/2021/07/Rozumnij-budinok-p...>)

6.6% Джерела з Інтернету 43 ..... Сторінка 77

2.16% Джерела з Бібліотеки 79 ..... Сторінка 77

## 0% Цитат

Цитати 1 ..... Сторінка 78

Посилання 1 ..... Сторінка 78

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 2

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 13%

ID: 112978 Назва: БКР Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» Додано в БД: 2023-05-04 Автора: Д. В. Личак Керівники: Т. О. Говорушенко Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	100041	526	1698 (2%)	20 (4%)

### Джерело плагиату

ID	Опис	Наявність плагиату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Личак Давид Валентинович

Тема: Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень   3   Кількість сторінок записки   72  

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є забезпечення керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» шляхом проєктування та розроблення підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», яка передбачає застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області, зокрема, досліджено кіберфізичну систему «Розумний будинок», проаналізовано задачі та засоби керування освітленням у кіберфізичній системі «Розумний будинок», а також виконана постановка задачі. В другому розділі кваліфікаційної роботи виконано вибір компонентів для проєктування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», а саме: здійснено обґрунтований вибір стандарту передачі даних, керуючої плати, датчиків та сервоприводів для підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок». В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано проєктування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок», зокрема: розроблено алгоритм збору, моніторингу та керування даними в реальному часі у підсистемі керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»; спроєктовано схему

підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»; розглянуто функціонування підсистеми керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» на одному з прикладів.

4. Позитивні сторони роботи: Висока практична цінність роботи. Практичне значення має спроектована підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок» яка передбачає застосування різних сценаріїв вмикання/вимикання світлового обладнання.

5. Негативні сторони роботи: \_\_\_\_\_

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

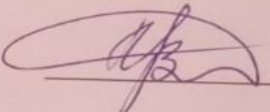
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому інженерно-технічному рівні.

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно (4.75/A)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Мартинович В.В.,  
д.т.н., проф., зав. каф. АКІТР ХНУ

“22” 05 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Личака Давида Валентиновича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-19-1

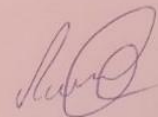
### ЗАЯВА

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 (Unicheck 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.

03 травня 2023 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованою системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Підсистема керування освітленням кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Автор: Личак Давид Валентинович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Говорущенко Тетяна Олександрівна, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

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) найбільшу схожість встановлено з одним документом і становить вона 5.31% в частині загальноприйнятої термінології.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 7.59% і адресується до 122 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Т. О. Говорущенко

Гарант ОПП

С. М. Лисенко

Завідувач кафедри КІС

Т. О. Говорущенко