

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

Назва теми

КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

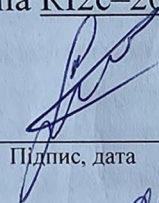
Назва

Виконав: студент III курсу, група КІ2с-20-1


Підпис

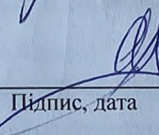
М.О. Ратушний
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

А.О. Нічепорук
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

« 1 » червня 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 «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“10” 01 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Ратушний Максим Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

Керівник проекту (роботи) Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС.

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

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2021 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2021 р.

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

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

Аналіз відомих засобів та рішень для автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок»

Проектування програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

Реалізація програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

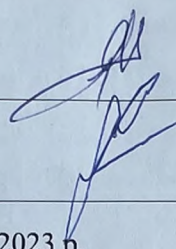
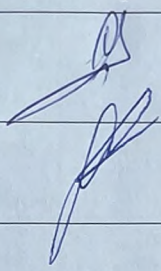
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Принципова схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»

Монтажна схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»

Креслення сценарію автоматизації керування освітленням у Node-red

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 « 11 » 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	11.01.2023	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 – аналіз відомих засобів та рішень для автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок»	01.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – Проектування програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»	01.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – Реалізація програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»	30.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	26.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент


Підпис

Рагушний М.О.

Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Нічепорук А.О.

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi».

Автор роботи: *Ратушний Максим Олександрович.*

Керівник роботи: *Нічепорук Андрій Олександрович.*

Пояснювальна записка: 55 с., 42 рис., 3 табл., 3 дод., 60 джерела.

Графічна частина: 7 презентаційних слайдів

КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК,
АВТОМАТИЗАЦІЯ, СЦЕНАРІЙ, NODE-RED

Мета кваліфікаційної роботи: реалізація сценаріїв керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

Серед важливих функцій, які забезпечує система «Розумного будинку» є автоматизація керування освітленням. Це дозволяє ефективно використовувати енергетичні ресурси та знижувати витрати на електроенергію. Автоматизація освітлення дозволяє налаштувати режим роботи освітлення в залежності від часу доби, наявності людей в приміщенні та рівня освітленості. Таким чином, можна забезпечити оптимальне освітлення в будинку, що знижує витрати на електроенергію та забезпечує комфорт життя. Також автоматизація процесу керування освітленням може бути корисною у забезпеченні безпеки в будинку. Наприклад, можна налаштувати систему таким чином, щоб вимикалось все освітлення в разі пожежі або іншої надзвичайної ситуації. Таким чином, автоматизація процесу керування освітленням є важливою складовою системи «Розумний будинок», що дозволяє забезпечити комфортне та ефективне використання енергетичних ресурсів в будинку.

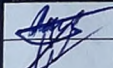
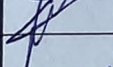
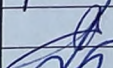
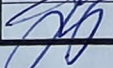
Підпис студента



Дата 30.05.2023

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ У СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	7
1.1 Концепція та принципи функціонування системи «Розумний будинок»	7
1.2 Функціонування підсистеми керування освітлення у системі «Розумний будинок»	14
1.3 Аналіз відомих засобів та рішень для автоматизації керування освітлення у системі «Розумний будинок»	18
1.4 Постановка задачі	21
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА ОСНОВІ ОДНОПЛАТНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ RASPBERRY PI.....	23
2.1 Вимоги до програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»	23
2.2 Структура програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.....	24
2.3 Аналіз обраних рішень.....	27
2.3.1 Аналіз апаратних рішень	27
2.3.2 Аналіз програмних рішень	35
Висновки до розділу 2.....	37
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА ОСНОВІ ОДНОПЛАТНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ RASPBERRY PI.....	38

КвРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Ратушний М.О.		30.05				
Перевір.		Нічепорук А.О.		30.05			2	62
Н.контр.		Лисенко С.М.		30.05		ХНУ, КІ2с-20-1		
Затвер		Говорущенко Т.О.		30.05				

3.1 Встановлення та підготовка середовища Node-RED та брокера mosquitto	38
3.2 Монтажна схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»	39
3.3 Принципова схема та схема розведення провідників на друкованій платі	42
3.4 Реалізація сценаріїв автоматизованого керування освітлення у середовищі Node-red.....	43
Висновки за розділом 3	58
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТОК А Копія креслення «Монтажна схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»	67
ДОДАТОК Б Копія креслення «Принципова схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок».....	68
ДОДАТОК В Копія креслення «Креслення сценарію автоматизації керування освітленням у Node-red».....	69

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АКО – Автоматизація керування освітленням

АЦП – Аналого-цифровий перетворювач

БД – База даних

ІС – Інформаційна система

ІТ – Інформаційні технології

КС – Комп'ютерна система

ШІМ – Широтно-імпульсна модуляція

CoAP – Constrained Application Protocol

MQTT – Message queuing telemetry transport

RPi – Raspberry Pi

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Інтеграція процесів, пов'язаних із четвертою промисловою революцією, що включає в себе такі технології, як штучний інтелект, Інтернет речей, автоматизацію процесів, розпізнавання образів та інші, призвела до нових етапів розвитку інформаційних технологій та впровадження їх у всі сфери людського життя. Ці технології забезпечують збір, обробку та аналіз великої кількості даних, що дозволяє отримувати нові знання та розуміння в різних галузях. У контексті будівництва та житлової сфери, революція 4.0 призвела до появи «Розумного будинку» – системи автоматизації та управління, яка використовує різноманітні технології та пристрої для забезпечення комфорту та безпеки життя в будинку. Поширення «Розумного будинку» стає все більш актуальним в сучасному світі. За даними досліджень, ринок «Розумного будинку» зростає з кожним роком та очікується, що до 2025 року він досягне позначки в \$174 млрд. Таке поширення «Розумного будинку» пов'язане з багатьма перевагами, які він пропонує. Зокрема, система "Розумний будинок" дозволяє знизити витрати на електроенергію та забезпечити ефективне використання енергоресурсів. Крім того, вона дозволяє забезпечити комфортні умови проживання в будинку, а також забезпечує безпеку життя. У цілому, поширення «Розумного будинку» пов'язане з розвитком технологій та потребою у забезпеченні комфорту та безпеки в будинку. Тому, ця тенденція очікується і в майбутньому.

Серед важливих функцій, які забезпечує система «Розумного будинку» є автоматизація керування освітленням. Це дозволяє ефективно використовувати енергетичні ресурси та знижувати витрати на електроенергію. Автоматизація освітлення дозволяє налаштувати режим роботи освітлення в залежності від часу доби, наявності людей в приміщенні та рівня освітленості. Таким чином, можна забезпечити оптимальне освітлення в будинку, що знижує витрати на електроенергію та забезпечує комфорт життя.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Також автоматизація процесу керування освітленням може допомогти у забезпеченні безпеки в будинку. Наприклад, можна налаштувати систему таким чином, щоб вимикалось все освітлення в разі пожежі або іншої надзвичайної ситуації. Таким чином, автоматизація процесу керування освітленням є важливою складовою системи «Розумний будинок», що дозволяє забезпечити комфортне та ефективно використання енергетичних ресурсів в будинку.

Метою роботи є реалізація сценаріїв керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

Об'єкт дослідження є процес автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

Предмет дослідження є програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ У СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

1.1 Концепція та принципи функціонування системи «Розумний будинок»

Традиційно будинки, квартири, комерційні приміщення та будівлі різного призначення складаються з окремих електричних пристроїв і систем, кожна з яких потребує окремого поводження та функціонують незалежно один від одного. Зазвичай у домівках ми не можемо відкрити двері за допомогою пульта від телевізора або не можемо змінити радіостанцію біля настінних вимикачів. Це пояснюється тим, що кожна система працює сама по собі і не «спілкується» з іншими.

«Розумний дім» – це фактично житло, де організована система домашньої автоматизації з'єднує всі електричні пристрої для управління освітленням, опаленням, кондиціонуванням повітря, вентиляцією, системою охоронної сигналізації, аудіо- та відеосистемою, пристроями виклику, обладнанням для контролю енергії, автоматикою (двері, вікна, жалюзі, ворота), технічною сигналізацією (наприклад, у разі небажаного розливу води) тощо (рис. 1.1). Таким чином, розумний дім створюється шляхом з'єднання окремих частин побутових установок, таких як освітлення, опалення, охолодження, жалюзі, датчики тощо, у загальну систему. Ця форма автоматизації призводить до зменшення потреби у взаємодії з людьми та підвищення комфорту та безпеки, надання додаткових переваг та підвищення енергоефективності.

Перш за все, слід усвідомлювати, що ні електрична система, ні сам будинок не є розумними в прямому сенсі, оскільки вони не запрограмовані самі, вони не вчаться самостійно на своїх помилках і не виправляють їх (крім випадків, коли вони оснащені системою штучного інтелекту). Однак «система розумного дому» або «розумний дім», що стосується маркетингу, є загальновідомими термінами, які можна простежити в усіх ЗМІ. По-друге, підвищуючи енергоефективність,

тобто зменшуючи споживання електроенергії, ми зменшуємо свою залежність від викопних ресурсів.

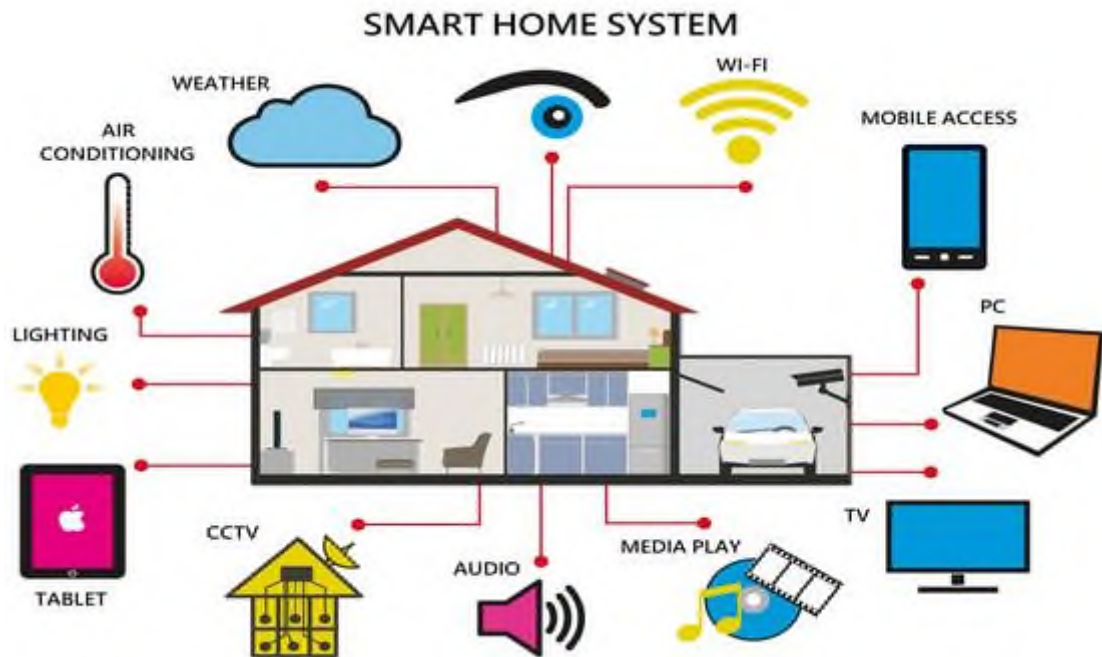


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення системи «Розумний будинок»

Система «Розумний будинок» з'явилась у відповідь на запити споживачів щодо економії енергоносіїв та їхнього раціонального використання. І оскільки основна частка витрат припадає на підтримку необхідної температури повітря у приміщеннях, то комплекс пристроїв щодо його контролю лежить в основі всіх компонентів «Розумного будинку». Звичайно, чим більша житлова площа та кількість приміщень, тим ефективнішими будуть заходи в рамках організації «Розумного будинку».

Піонерами в цьому напрямку, перш за все, є виробники термостатів для систем опалення, вентиляції та кондиціонування. До них можуть підключатися інші елементи, тим самим розширюючи функціональні можливості. Відповідно до сучасних трендів їх може бути досить багато.

Обладнання для «Розумного будинку» можна умовно поділити на кілька основних напрямків (лінійок):

- мікроклімат (опалення, вентиляція та кондиціонування);

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- електропостачання (освітлення тощо);
- вода та водовідведення (очищення, розподіл та контроль);
- безпека (пожежна та охоронна сигналізації, відеоспостереження);
- мультимедіа та побутова техніка.

Поєднання цих основних складових перетворює житло в сучасну систему з високим ступенем автоматизації процесів управління різним інженерним обладнанням.

На даний момент існує два основних напрямки, яким пішли виробники компонентів «розумного будинку».

Перший – постачання обладнання лише від одного виробника. З огляду на різноспрямованість систем таких компаній досить небагато. Виробники всього спектру обладнання випускають в основному своє оригінальне програмне забезпечення, до якого можна підключити тільки їхню продукцію та підтримують функціонування цього власними силами. Від рівня підтримки залежить те, як довго системи нормально функціонуватимуть і те, як часто оновлюватимуться продукти та їх функціональні можливості. У перспективі може виникнути ситуація, коли компанія згорне цей напрямок бізнесу, переорієнтуючись на випуск іншого обладнання, припинить підтримку та відключить сервери.

Перепрограмувати обладнання неможливо і доведеться його змінювати. Враховуючи такі ризики, перспективнішим виглядає напрям, яким пішла інша, більшість виробників. В розрахунок було взято те, що визначальним фактором так чи інакше є прив'язка всіх елементів «Розумного будинку» до «головного пульта управління» – смартфона. Тим більше, що найбільші виробники операційних систем для мобільних пристроїв зв'язку – Android та IOS (Apple) – створили програми, відкриті для використання всіма виробниками обладнання для «розумного дому». Це, відповідно, Google Home та Apple Home Kit. З огляду на популярність систем у найближчій перспективі малоімовірно зникнення цього напряму бізнесу. Використання даних програм виглядає надійнішим та зручнішим. Тим більше що системи постійно вдосконалюються. Наприклад,

нещодавно з'явилася можливість голосового управління за допомогою помічників Amazon Alexa та Ok Google.

Прив'язка обладнання до спеціалізованих програм дає можливість спеціалізації та уніфікації. Більшість великих світових виробників пропонують кілька елементів системи. І всі вони зазвичай підтримують приєднання як до Google Home, так і Apple Home Kit. Дана сумісність, яка відображається на упаковці та паспорті обладнання, дає можливість вибору різних варіантів підключення.

Розглянемо обладнання за напрямками, із яких складається сучасний «Розумний будинок».

«Розумний дім»: кліматичне обладнання (HVAC)

Базовими елементами систем керування мікрокліматом є центральні термостати, які можуть керувати або якимось конкретним обладнанням (установкою), або мають можливість багатозонного керування, тобто функціональні. Наприклад, мова може йти про одночасну підтримку температури повітря на різних рівнях у кількох приміщеннях та джерелом тепла. При цьому приміщення умовно поділяється на зони з різними, відповідно до їх призначення, температурними параметрами. За відсутності мешканців або в нічний час за допомогою термостатів відбувається переключення в енергоефективний (економний) режим, що дозволяє значно збільшити економію енергоресурсів (до 40% від первісного споживання).

Наступний рівень системи управління кліматом – підпорядковане обладнання у вигляді контролерів, додаткових кімнатних термостатів, та виконавчих пристроїв для управління подачею теплоносія до радіаторів, водяної «теплої підлоги» тощо. За допомогою цього обладнання також можна регулювати роботу центральних кондиціонерів або локальних систем кондиціонування, фанкойлів, «холодних стель» або стін. Як приклад базового компонента для "розумного будинку" можна навести адаптивний Wi-Fi термостат з геолокацією T6 (бренд - Honeywell Home). Це вже не просто програмований тижневий термостат, а «інтелектуальний» пристрій, який задовольнить побажання

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

зник сигнал Wi-Fi, ця подія відображається в сервісних повідомленнях системи «розумного дому».

«Розумний дім»: електричне освітлення.

Сучасні системи «розумного будинку» передбачають можливість керування електричним освітленням залежно від ступеня зовнішнього та внутрішнього освітлення, побажань мешканців або за потребою. Адже і вдень може виникнути потреба вмикати та вимикати освітлення в окремих приміщеннях. Можна запрограмувати графіки включення та відключення за часом доби або за датчиками руху та освітленості, тобто функціонування освітлювальних приладів пов'язані з присутністю людей чи необхідністю освітлення приміщень.

Управління може здійснюватися також за допомогою відеокамер, які розпізнають обличчя того, хто заходить і, знаючи його переваги, регулює певний рівень освітлення. Якщо в приміщенні кілька людей, рівень світлового потоку може бути автоматично підвищений.

Регулювання освітлення (як і мікроклімату) тісно пов'язані у системі «Розумного будинку» із керуванням шторами чи ролетами. Адже, якщо відкрити їх на вікнах із сонячного боку у спекотний сонячний день, то це суттєво збільшує навантаження на системи вентиляції та кондиціонування приміщення. У цьому випадку для підтримки комфортної температури необхідно буде подавати в приміщення повітря з нижчою температурою. І навпаки, при опусканні ролет або закритті штор, система збільшує температуру повітря, що подається у приміщення.

Система «розумного будинку» дозволяє контролювати освітлення всієї будівлі повністю. Крім того, можна перевірити та відключити освітлювальні прилади на відстані, не повертаючись додому, якщо споживач поспіхом забув це зробити, наприклад, перед відправленням у тривалу відпустку.

«Розумний будинок»: водопостачання.

Завдання у сфері водопостачання, які може виконувати система «розумного будинку», включають підготовку води (у тому числі механічне та хімічне очищення) до необхідної якості. При цьому є можливість виводу нагадування про

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– Розумні розетки та вимикачі з таймером (рис. 1.2). Вони можуть відключатися через заданий час та містять спеціальне реле для реагування на команди управління.



Рисунок 1.2 – Розумна розетка

– Диммерні перемикачі. Ці механізми регулюють яскравість освітлення, працюючи за таймером, голосовими командами та керуванням з пульта. Деякі можуть регулювати ще й перенесення кольорів, змінюючи колір з теплого на холодний.

– Пульти керування освітлювальними приладами (лампами). Можуть бути накладними у вигляді панелі, або переносними.

– Датчики руху. У середині приміщення можуть монтуватись датчики присутності. Вони підтримують активність освітлення, поки людина не виходить із кімнати чи квартири.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 1.3 – Димерний перемикач

Таким чином існує декілька підходів до керування освітленням в системі «Розумний будинок», які можна систематизувати наступним чином:

– Ручне керування: цей підхід передбачає вимкнення/вмикання світильників за допомогою вимикачів або пультів дистанційного керування. Цей підхід є традиційним та досить простим, але не дозволяє автоматичного керування освітленням.

– Автоматичне керування за допомогою датчиків руху: цей підхід передбачає встановлення датчиків руху у приміщеннях, щоб автоматично вмикати/вимикати освітлення (світильники або інші джерела освітлення) в залежності від присутності людей. Цей підхід забезпечує енергоефективне керування освітленням, але не дозволяє користувачам контролювати яскравість та кольорову температуру світла.

– Керування за допомогою датчиків освітлення: цей підхід передбачає встановлення датчиків освітлення в кімнатах, щоб автоматично регулювати яскравість світла в залежності від рівня природного освітлення в кімнаті. Цей

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

підхід дозволяє забезпечити оптимальний рівень освітлення та зменшити витрати на електроенергію.

– Керування за допомогою мобільного додатку або голосових асистентів: цей підхід передбачає використання мобільного додатку або голосового асистента для керування освітленням в будинку. Цей підхід забезпечує зручний та дистанційний контроль освітлення, але потребує наявності мобільного пристрою або голосового асистента.

1.3 Аналіз відомих засобів та рішень для автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок»

Система «Розумний будинок» надає можливість автоматизувати керування освітленням, щоб забезпечити комфортні умови для життя та економію енергії. Для цього існує багато різних засобів та рішень, які можна використовувати.

Один з найпоширеніших засобів для автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок» – це встановлення датчиків руху та світла. Вони дозволяють автоматично вмикати та вимикати освітлення, в залежності від того, чи є в приміщенні люди та чи є достатньо природного світла. Такі датчики можуть бути підключені до системи керування освітленням, що дозволяє налаштувати потрібні параметри для автоматичного вмикання та вимикання світла.

Інший засіб – це встановлення програмованих світильників. Вони дозволяють автоматично вмикатися та вимикатися в певні години дня, що допомагає забезпечувати економію енергії, якщо освітлення не потрібне.

Також можна використовувати засіб керування освітленням за допомогою голосових асистентів, таких як Amazon Alexa або Google Home. Це дозволяє управляти освітленням безпосередньо зі свого голосу, що є зручним та ефективним рішенням. Наприклад корпорація Amazon.com однією з перших розробила і представила світу розумну колонку, яка дозволяє керувати системою «Розумний будинок», а також має безліч додаткових функцій.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Amazon Echo

Компанією було запропоновано пристрій, який називається Amazon Echo і який має форму циліндра. Пристрій, обладнаний вбудованим мікрофоном, який передає мову на записуючий пристрій, після чого запис обробляється в хмарі, і колонка реагує на запит. Аналіз та обробка голосової команди здійснюється проектом Amazon Alexa – популярним персональним помічником від одноіменного бренду. Пристроєм можна керувати за допомогою пульта дистанційного керування або смартфона (із встановленим там спеціальним програмним додатком). Для коректної роботи розумна колонка Amazon Echo повинна бути підключена до Інтернету або мережі Wi-Fi. Девайс сумісний з бездротовими сенсорними сетями Zigbee, які використовуються в системах «Розумний будинок».

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Для дистанційного управління світлом за допомогою колонки потрібні: додаток Amazon Alexa Echo Plus та світильники з димером за технологією Zigbee або за будь-якою іншою технологією, яка дозволяє керувати системою освітлення через смартфон або інші гаджети.

Стосовно керування освітленням, то даний пристрій дозволяє включити і вимкнути світло, змінити яскравість освітлення, регулювати температуру кольорів плям. Обов'язкова умова – світильники повинні підтримувати функцію регулювання освітлення через димером, в іншому випадку більшість функцій будуть недоступними.

Зокрема список голосових команд для Алекси (вбудованого голосового помічника) виглядає наступним чином:

- Алекса, включи настільну лампу/люстру/бра;
- Алекса, включити/виключити світло;
- Алекса, знизити/збільшити рівень освітлення на 0-100%;
- Алекса, я дома;
- Алекса, спокійної ночі.

Крім дистанційного управління світлом, пристрій може відтворювати музику, розповідати про прогноз погоди, виконувати функції будильника, згадувати про події, замовляти таксі. Для забезпечення правильного виконання команди може знадобитися установка додаткового ПЗ або інтеграція вже наявного з програмами сторонніх компаній.

Існують також більш складні системи керування освітленням, що базуються на інтелектуальних алгоритмах. Вони дозволяють налаштовувати освітлення в залежності від погоди, часу дня та деяких інших факторів. Проте такі системи можуть бути досить складними у встановленні, налаштуванні та повсякденному використанні

Також існують реалізації автоматизованих систем і звикористанням недорогих мікроконтролерних плат та мікроконтролерів. Зокрема у роботі [28] проведено дослідження на основі використання розробленої експериментальної установки, яка включала в себе контролер Arduino Leonardo, механізм приводу

жалюзі, а також світлодіоди для імітації природного й штучного освітлення, а також датчики освітленості. В якості датчика освітленості було використано фоторезистор. Представлена система дозволяє використовувати природне освітлення за рахунок автоматичного відкриття жалюзей у світлий період доби, закриття жалюзей й увімкнення освітлювальних приладів протягом темного періоду доби. У роботі наведено алгоритми роботи системи освітлення, створено керуючу програму на мові програмування Wiring для завантаження в контролер Arduino Leonardo.

1.4 Постановка задачі

Одним із ключових елементів у системі «Розумного будинку» є автоматизація керування освітленням, що дозволяє оптимально використовувати електроенергію та зменшувати витрати на неї. Ця функціональність забезпечує можливість налаштування освітлення відповідно до часу доби, присутності людей у приміщенні та рівня освітленості. Таким чином, забезпечується комфорт та зниження витрат на електроенергію. Огляд відомих засобів для автоматизації керування освітленням показав, що створення та використання таких систем може бути витратним, в той час як одноплатна комп'ютерна система Raspberry Pi є доступним та економічно вигідним варіантом для створення програмно-технічних пристроїв у системі «Розумний будинок». Тому створення програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi є актуальним завданням.

Для вирішення поставленого завдання необхідно виконання наступних етапів:

1. проаналізувати відомі засоби автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок»;
2. визначити вимоги до програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»

3. спроектувати структуру програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi;

4. провести аналіз апаратних та програмних рішень для реалізації програмно-технічного засобу;

5. реалізувати монтажну схему програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»;

6. реалізувати схему розведення провідників на друкованій платі;

7. реалізувати сценаріїв автоматизованого керування освітлення у середовищі Node-red.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА ОСНОВІ ОДНОПЛАТНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ RASPBERRY PI

2.1 Вимоги до програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»

При розробці будь-якої системи чи програмно-технічного засобу необхідно визначити, яким функціональним вимогам вони повинні відповідати, що в свою чергу є ключовим етапом проєктування. Функціональні вимоги є одними з основних вимог, які ставляться до системи або програмного забезпечення. Вони описують функції, які повинні бути реалізовані у системі або програмному забезпеченні, а також їхні очікувані результати. Функціональні вимоги можуть бути сформульовані як функціональні можливості, які повинен мати програмно-технічний засіб.

Сформулюємо набір функціональних вимог, яким повинний задовольняти проєктований програмно-технічний засіб у вигляді наступних сценаріїв:

- при виявленні руху у приміщенні вмикається світло;
- світло вмикається, коли на вулиці темно. Коли на вулиці світло, навіть при наявності руху світло не вмикається;
- інтенсивність освітлення має залежати від часу доби. Зокрема до 21 години вечора світло повинне включатися з повною інтенсивністю, а потім лише на 10% (тобто у режимі підсвічування).

Окрім функційних вимог виділяють нефункційні вимоги. Нефункційні вимоги стосуються характеристик системи або програмно-технічного засобу, таких як якість, ефективність, безпека, надійність, сумісність та інші. Вони описують умови та стандарти, яким система повинна відповідати, а також обмеження, які мають бути дотримані під час їхньої роботи.

Таким чином виділимо головні нефункційні вимоги до проєктованого програмно-технічного засобу:

- зручність користування та монтажу
- низька вартість складових компонентів програмно-технічного засобу.

Слід відзначити, що при проєктуванні програмно-технічного засобу не враховуються вимоги щодо безпеки обміну даними у системі, що є обмеження даного рішення.

Описані вище набір функційних та нефункційних вимог дозволяє визначити рамки проєктованого програмно-технічного засобу.

Визначення функційних та нефункційних вимог є важливим етапом в розробці будь-якої системи, оскільки це дозволяє визначити необхідні функції та характеристики системи для задоволення потреб користувачів.

2.2 Структура програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

З огляду на окреслені вимоги, що були поставлені до програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» проєктований програмно-технічний засіб включає у себе наступні апаратні та програмні компоненти:

- одноплатна комп'ютерна система Raspberry Pi, яка буде використовуватися для керування освітленням у будинку. На Raspberry Pi встановлено додатково програмне забезпечення, необхідне для функціонування програмно-технічного засобу, зокрема інструмент розробки на основі потоків Node-red та брокер повідомлень mosquito. Комунікація між одноплатною комп'ютерною системою Raspberry Pi та ESP32 реалізується за допомогою протоколу MQTT, що функціонує за принципом «підписник-споживач», де Raspberry Pi використовується як брокер для передачі повідомлень.

Передбачено три топіки, що використовуються для підписки/публікації іншими пристроями, зокрема:

- home/state/motion,
- home/state/light
- home/command/dimmer

– датчик руху, використовуватиметься для визначення наявності руху у приміщенні, у якому здійснюється автоматизація процесу освітлення. Публікує повідомлення OPEN у топик home/state/motion, коли виявляє рух і CLOSED, якщо протягом 2-х секунд рух відсутній;

– датчик вимірювання освітленості, буде використаний для оцінки поточного рівня освітленості у приміщенні. Даний датчик вимірює яскравість освітлення у приміщенні в діапазоні від 0 до 1000 люкс. Публікує раз на хвилину повідомлення у топик home/state/light із рівнем поточної освітленості у приміщенні;

– димер регулювання освітленост, призначений для зміни рівня освітленості в приміщенні в залежності від поточного рівня освітленості та часу доби. Він підписаний на топик home/command/dimmer. Якщо записати туди 0 – світло вимкнеться. 100 – увімкнеться на максимальну яскравість. 1-99 – змінюватимуть інтенсивність освітлення. Вважатимемо, що для нічного підсвічування достатньо інтенсивності на рівні 1;

– система на кристалі ESP32, використовується у ролі концентратора до якого під'єднуються всі датчики, що розміщені у приміщенні в якому здійснюється керування рівнем освітленості. Всі датчики, що присутні у системі, під'єднуються через провідний спосіб, в той час як комунікація ESP32 із Raspberry Pi здійснюється через безпроводну мережу Wi-Fi;

– джерела освітлення, що встановлені у приміщенні та можуть включати в себе LED лампи, світлодіоди, світлодіодні матриці, тощо;

– інструмент розробки на основі потоків Node-red встановлений на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi. Використовується для

розробки сценаріїв автоматизації освітленням на основі даних, отриманих від датчиків.

Слід відзначити, що з метою спрощення проектування, у запропонованому програмно-технічному засобі не передбачено механізми ручного управління (кнопки, перемикачі, тощо), оскільки всі процеси виконуються автоматизовано за допомогою сценаріїв, розроблених у середовищі Node-red.

Структурну схему автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi наведено на рис. 2.1

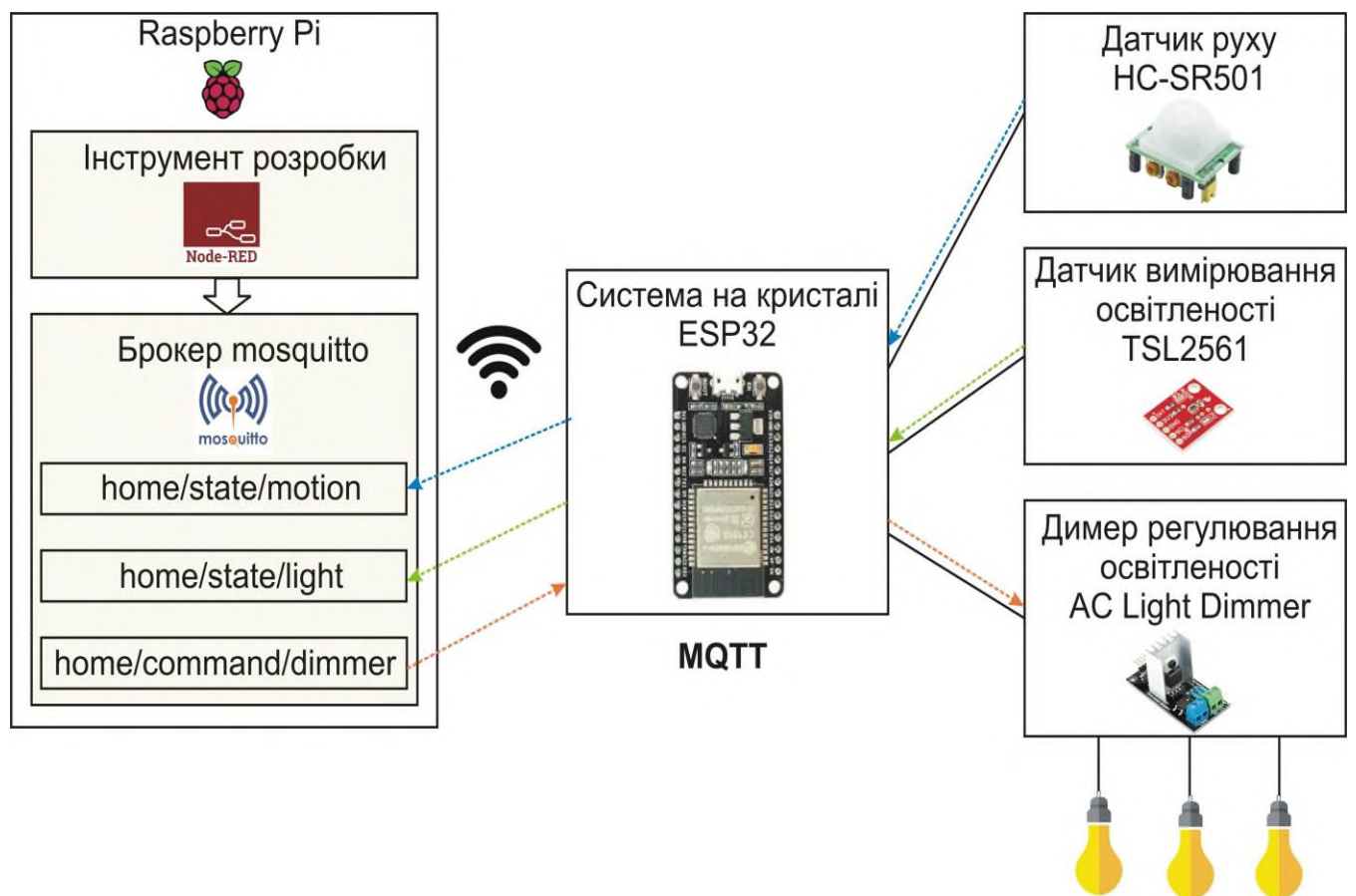


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

2.3 Аналіз обраних рішень

Після визначення структури та принципу роботи програмно-технічного засобу керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi наступним кроком є вибір та аналіз апаратних та програмних рішень.

2.3.1 Аналіз апаратних рішень

В запропонованому програмно-технічному засобі керування освітленням були використанні наступні апаратні складові: одноплатна комп'ютерна система Raspberry Pi, система на кристалі ESP32, датчик руху, датчик вимірювання рівня освітленості та димер регулювання освітленістю.

В якості датчика руху було використано HC-SR501, що функціонує на основі вимірювання інфрачервоного випромінювання (рис. 2.2). Дозволяє виявляти рух об'єктів (людини або свійської тварини) на відстані до 7 метрів, причому це значення відстані можна регулювати. Даний датчик має два входи живлення (+5В і Земля) та один цифровий вихід, яким можна знімати дані. Якщо перешкод немає – на ньому буде високий рівень (3.3В), якщо є, то низький (0В).

Датчик обладнаний перемичкою. Якщо перемичка встановлена в положення Н, то на виході буде високий рівень весь час, поки датчик буде виявляти рух, якщо стан L, то стан виходу буде перемикатися з високого на низький і назад приблизно раз у секунду. Для більшості проектів позиція Н є переважаючою, але для керування пристроєм, що перемикається по фронту сигнала кращим рішенням буде положення L.

ІЧ давач HC-SR501 володіє наступними характеристиками:

- дальність виявлення об'єктів: 0 - 7 м;
- кут спрацьовування: 110° на дистанції до 7 м;
- максимальний вихідний струм: 65 мА;
- напруга живлення (рекомендована): 4.5 - 12 В;

підсилення/часу для виявлення діапазонів освітлення від 0,1 до 40 000+ люкс на льоту. Даний датчик містить інфрачервоні діоди та діоди повного спектру. Це означає, що є можливість вимірювання інфрачервоного, повного спектру або видимого для людини світла, в той час як більшість датчиків можуть виявляти лише один вид освітлення, що не точно відображає те, що бачать людські очі (оскільки людина не може сприймати ІЧ-світло, яке виявляється більшістю фотодіодів). Датчик має цифровий (i2c) інтерфейс. Для роботи із датчиком є можливість вибрати одну з трьох адрес i2c. Даний датчик має вбудований АЦП (аналого-цифровий перетворювач) означає, що його можна використовувати із будь-яким мікроконтролером, навіть якщо він не має аналогових входів. Струм споживання надзвичайно низький, тому він чудово підходить для систем реєстрації даних з низьким енергоспоживанням (близько 0,5 мА під час активного визначення та менше 15 мкА в режимі вимкнення живлення). Завдяки можливості програмного завдання коефіцієнта посилення аналогових сигналів на входах АЦП і програмного вибору часу аналого-цифрового перетворення динамічний діапазон кожного каналу датчика TSL2561 по входу становить від 1 до 1000000. Для підвищення стійкості до перешкод датчик забезпечений вбудованим режекторним фільтром пульсацій рівня освітленості з частотами модуляції 50/60 Гц. Призначення контактів датчика вимірювання рівня освітленості TSL2561 наведено у таблиці 2.2.



Рисунок 2.3 – Датчик вимірювання рівня освітленості TSL2561

Датчик вимірювання рівня освітленості TSL2561 володіє наступними характеристиками:

- робоча напруга живлення: 3.3-5;
- чутливість: 65536 градацій;
- 2 вбудовані інтегруючі модулі АЦП;
- шина даних: I2C;
- датчик відкалібрований та показує яскравість від 0.1 до 40000 люкс;
- точність: 0.1 люкс;
- розміри: 14 мм на 18 мм.

Таблиця 2.2 – Призначення контактів датчика вимірювання рівня освітленості TSL2561

Вивід		Опис
1	VCC	Живлення
2	GND	Земля
3	Int	Рівень або переривання оповіщення SMB
4	Addr	Вибір пристрою SMBus (три можливі стани)
5	SCL	Лінія тактування
6	SDA	Лінія даних

Для зміни освітленості у приміщенні було використано димер. Димер це електронний пристрій, призначений для зміни електричної потужності (регулятор потужності). Зазвичай використовується для регулювання яскравості світла, що випромінюється лампами розжарювання або світлодіодами. Останнім часом димер використовується в рішеннях для розумного будинку, наприклад, якщо вам потрібно повільно вмикати та вимикати освітлення. Лампа повільно вмикається або згасає, що створює приємний ефект. Дімер ефективно працює з лампами розжарювання, зі світлодіодними лампами диммер працює не стабільно на малій яскравості, але при середньому та високому світінні дає хороше регулювання.

Димера регулювання освітленістю AC Light Dimmer володіє наступними характеристиками:

- Кількість каналів: 1.
- Сила струму кожного каналу: 600В - 16А.
- АС частота: 50/60Гц.
- TRIAC ВТА16: 600В.
- Ізоляція: Оптрон.
- Логічний рівень: 3.3В/5В.
- Нульова точка: Логічний рівень.
- Модуляція (DIM/PSM): Логічний рівень ON/OFF TRIAC.
- Сигнальний струм: 10мА.
- Для використання: всередині приміщення та зовні.
- Робоча температура: від -20 ° С до 80 ° С.
- Робоча вологість: тільки сухе середовище.

Таблиця 2.3 – Призначення контактів димера регулювання освітленістю AC Light Dimmer

Вивід		Опис
1	VCC	Живлення
2	GND	Земля
3	Z-C	Zero-Cross detector
4	PWM	Лінія широтно-імпульсної модуляції

В якості системи на кристалі, до якої під'єднуються всі датчики було обрано ESP32. ESP32 – серія недорогих мікросхем з малим енергоспоживанням компанії Espressif Systems [19]. Представляє собою систему на кристалі з інтегрованими контролерами радіозв'язку Wi-Fi, Bluetooth і Thread. У серіях ESP32 і ESP32-S використовуються процесорні ядра з архітектурою компанії Tensilica, а в серіях ESP32-C і ESP32-H – ядра з відкритою архітектурою RISC-V.

Одним із представників серії ESP32 є модуль ESP-32 DevKit V1 (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Модуль ESP-32 DevKit V1

Модуль розробника DEVKITV1 30-pin побудований на мікромодулі ESP-WROOM-32 - новому мініатюрному високопродуктивному поєднанні Wi-Fi + BT + BLE модулем, призначеним для широкого спектра застосувань, починаючи від мікропотужних мережевих датчиків до найскладніших програм, наприклад, таких як кодування голосу, потокова передача музики та MP3 кодування. На модулі зібрана вся необхідна мінімальна периферія, достатня для швидкого і комфортного старту роботи з ESP-WROOM-32.

ESP-WROOM-32 виконаний на базі популярного двоядерного чіпсета ESP32, із змінною тактовою частотою від 80 МГц до 240 МГц, можливістю індивідуального управління і живлення.

Модуль розроблений для переносної і автономної електроніки та додатків інтернет-речей, виконаний в мініатюрному корпусі 25,5 мм x 18 мм, обладнаний Flash пам'яттю, кварц 40 МГц і PCB антеною, що забезпечує відмінні RF характеристики.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

ESP-WROOM-32 має досить багату периферію, що включає в себе такі інтерфейси як I2C, UART, SPI, I2S, роз'єм для SD карти, інфрачервоний порт, інтерфейс для підключення ємнісної сенсорної панелі (рис. 2.7).

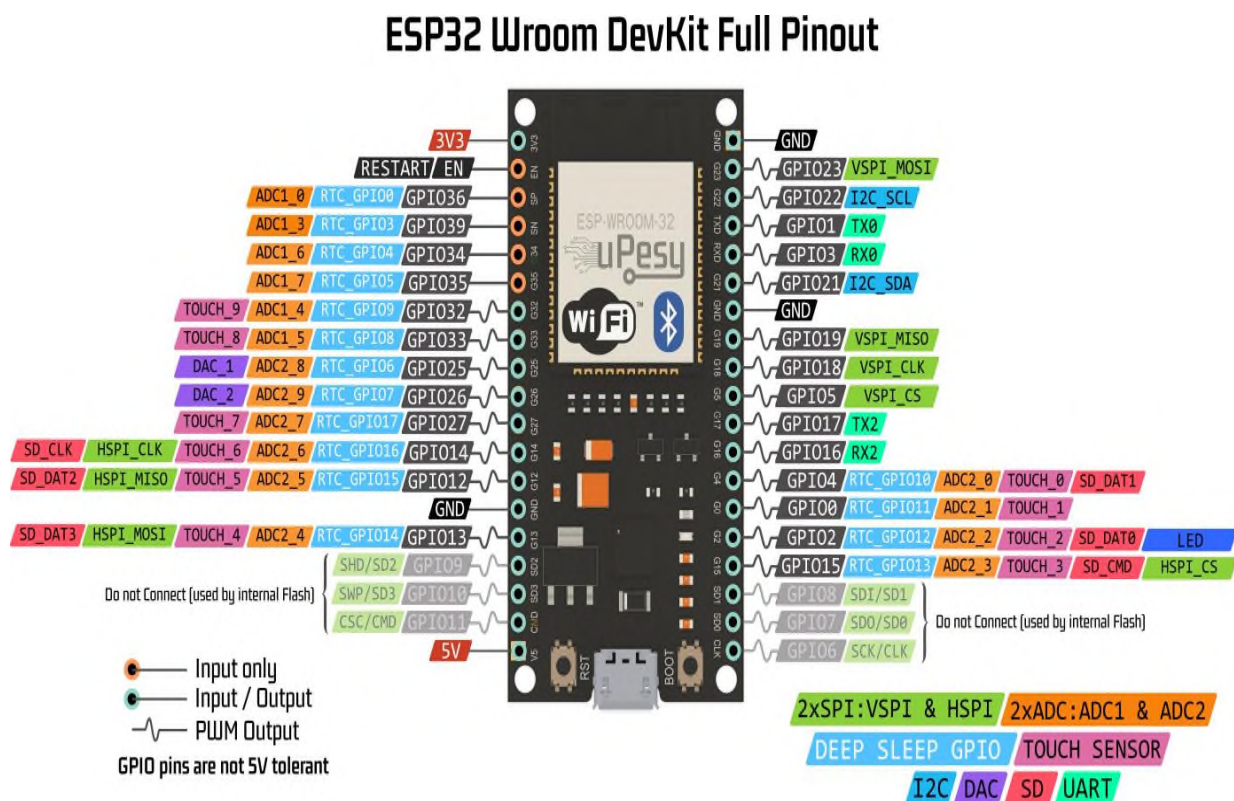


Рисунок 2.7 – Призначення контактів ESP-WROOM-32

Однією з особливостей модуля є наднизьке електроспоживання і гнучкий вибір «сплячих» режимів (споживання до 20мкА в режимі deep sleep mode).

Модуль підтримує весь стек протоколів стандартів WiFi 802.11n і BT4.2, забезпечуючи даний функціонал через інтерфейси SPI/SDIO або I2C/UART.

Основні властивості системи на кристалі ESP32:

- USB-UART конвертер: CP2102.
- Напруга живлення: 5В.
- Максимальний струм стабілізатора напруги: 800мА.
- Wi-Fi Стандарти: FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC.
- Протоколи: 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r (802.11n до 150 Мбіт/с).

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

- A-MPDU і A-MSDU підтримка та підтримка захисного інтервалу в 0.4 сек.
- Частотний діапазон: ГГц 2.4 ~ 2.5.
- Bluetooth Протоколи: Bluetooth v4.2 BR/EDR і BLE specification.
- Радіо NZIF приймач з чутливістю: -98 dBm.
- Передавач: Class-1, class-2 і class-3 AFH.
- Аудіо: CVSD і SBC.
- Апаратні засоби та інтерфейси: SD, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR.
- GPIO, сенсорний датчик, ADC, DAC, LNA передпідсилювач.

Таким чином проведено огляд та аналіз апаратних засобів, що використанні при проектуванні програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

2.3.2 Аналіз програмних рішень

В якості програмного засобу для розробки сценаріїв автоматизації освітленням обрано Node-RED, що встановлюється на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi. Node-RED – це потоковий інструмент розробки для візуального програмування, спочатку розроблений IBM для об'єднання апаратних пристроїв, API та онлайн-сервісів як частини Інтернету речей. Node-RED надає редактор потоків на основі веб-браузера, який можна використовувати для створення функцій JavaScript. Елементи програм можна зберегти або поділитися для повторного використання. Середовище виконання побудовано на Node.js. Потоки, створені в Node-RED, зберігаються за допомогою JSON. Програма створена на Node-RED складається з потоків (Flow), які виконуються як умовно незалежні програми. Потоки – це зв'язані між собою інформаційними дротами (wires) вузли (Node), що виконують певну функцію. Таким чином, ідеологія програмування Node-RED дещо схоже на побудову

програм на мові FBD, що є стандартною для програмування ПЛК (IEC 61131-3). Тим не менше, між цими мовами є значні відмінності.

Також на одноплатній комп'ютерній системі Raspberry Pi встановлено брокер Mosquitto, що використовуватиметься у системі як місце для збереження топиків, у які/з яких здійснюють публікацію/підписку датчики програмно-технічного засобу керування освітленням. Eclipse Mosquitto – це брокер повідомлень з відкритим кодом (з ліцензією EPL/EDL), який реалізує протокол MQTT версій 5.0, 3.1.1 і 3.1. Mosquitto легкий і підходить для використання на всіх пристроях від одноплатних комп'ютерів з низькою потужністю до повноцінних серверів. Протокол MQTT забезпечує легкий метод обміну повідомленнями за допомогою моделі публікації/підписки.

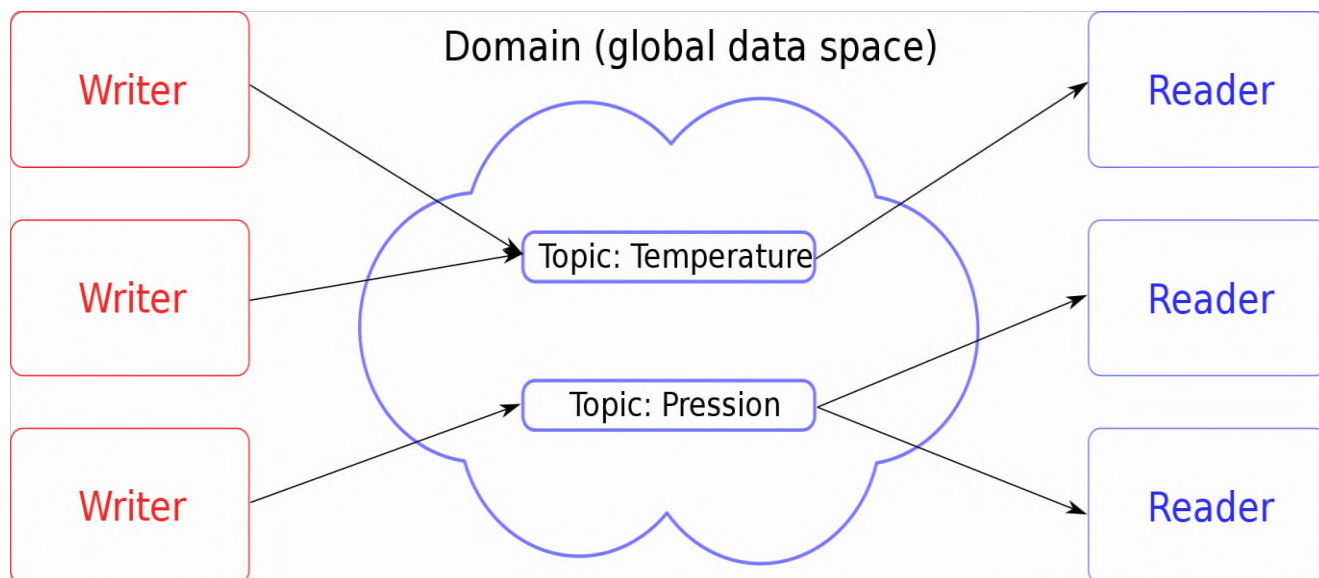


Рисунок 2.8 – Модель публікації/підписки

Це робить його придатним для обміну повідомленнями в Інтернеті речей, наприклад, за допомогою датчиків малої потужності або мобільних пристроїв, таких як телефони, вбудовані комп'ютери чи мікроконтролери. Брокер Mosquitto також надає бібліотеку C для реалізації клієнтів MQTT, а також популярних клієнтів командного рядка `mosquitto_pub` і `mosquitto_sub` MQTT.

Висновки до розділу 2

Таким чином сформульовано набір функціональних вимог, яким повинен задовольняти проєктований програмно-технічний засіб, зокрема пристрій повинен забезпечувати:

- при виявленні руху у приміщенні повинно вмикатись світло;
- світло повинно вмикатися, коли на вулиці темно. Коли на вулиці світло, навіть при наявності руху світло не вмикатється;
- інтенсивність освітлення має залежати від часу доби. Зокрема до 21 години вечора світло повинне включатися з повною інтенсивністю, а потім лише на 10% (тобто у режимі підсвічування).

Для реалізації зазначених вимог запропоновано структуру програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» НА ОСНОВІ ОДНОПЛАТНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ RASPBERRY PI

3.1 Встановлення та підготовка середовища Node-RED та брокера mosquitto

Першочерговим завданням для реалізації програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi є встановлення та підготовка середовища розробки на основі потоків Node-RED, а також брокера mosquitto, що реалізує передачу за допомогою протоколу MQTT у системі «Розумний будинок».

Для виконання встановлення Node-RED та брокера mosquitto виконаємо у операційній системі Raspberry Pi OS наступні кроки:

1. Відкрити консоль та увести наступну команду:

```
bash <(curl -sL  
https://raw.githubusercontent.com/node-red/linux-  
installers/master/deb/update-nodejs-and-nodered)
```

2. З метою автоматичного запуску Node-RED під час завантаження Raspberry Pi, виконаємо:

```
sudo systemctl enable nodered.service
```

3. Перезавантажимо Raspberry Pi:

```
sudo reboot
```

4. Коли Raspberry Pi знову увімкнеться, запусимо середовище створення потоків Node-RED, ввівши в браузері IP-адресу Raspberry Pi, а після нього номер порту «1880» (для цього попередньо визначимо IP адресу Raspberry Pi за допомогою команди hostname -I):

```
http://192.168.0.2:1880
```

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Слід відзначити, що яля того, щоб Node-RED виконувався, вікно з командним рядком не можна закривати.

Також потрібно завантажити з офіційного сайту та встановити MQTT брокер mosquitto.

Для встановлення брокера Mosquitto відкриємо нове вікно терміналу Raspberry Pi та введемо наступні команди:

```
sudo apt update  
sudo apt install -y mosquitto mosquitto-clients
```

Щоб Mosquitto автоматично запускався під час завантаження, слід виконати:

```
sudo systemctl enable mosquitto.service
```

Для перевірки успішного встановлення Mosquitto слід виконати команду, яка повертає версію встановленого брокера Mosquitto:

```
mosquitto -v
```

Після встановлення брокера слід його запустити, виконавши у терміналі команду:

```
mosquitto
```

Для перевірки роботи відкриємо два термінали. В першому виконаємо підписку, а у другому – публікацію повідомлення.

Команда підписки:

```
mosquitto_sub -v -t test/topic
```

Виконання публікації:

```
mosquitto_pub -t test/topic -m 'helloWorld'
```

3.2 Монтажна схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»

Схема з'єднань або монтажна схема це схема, що показує всі пристрої та елементи, що входять до складу засобу, їх вхідні та вихідні елементи

(з'єднувачі, плати, затискачі тощо), а також з'єднання між цими пристроями та елементами.

Для створення монтажної плати використаємо вільнорозповсюджену систему автоматизованого проєктування Fritzing [33]. Розроблений програмно-технічний пристрій автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» складається із одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi, системи на кристалі ESP32 та трьох датчиків: вимірювання рівня освітленості TLS2561, руху HC-SR501 та димера регулювання освітленістю AC Light Dimmer.

Для початку роботи виконаємо перетягування обраних апаратних компонентів на робочу область. В якості прикладу, що слугуватиме джерелом освітлення, додамо світлодіод. Для з'єднання всіх компонентів також додамо макетну плату (breadboard). Живлення проєктованого програмно-технічного засобу здійснюється через 2.1 DC роз'єм. Датчик TLS2561 під'єднується до системи на кристалі ESP32 за допомогою пінів GPIO21 (пін датчика SDA) та GPIO22 (пін датчика SCL). Робота із даним датчиком здійснюється через послідовну шину I2C. Димер регулювання освітленості під'єднується до пінів ESP32 GPIO0 та GPIO2. До виводу ESP32 GPIO0 під'єднано пін Z-C, а до GPIO2 – ШІМ. До роз'ємів навантаження під'єднано світлодіод (через гасячий резистор номіналом 1кОм). Сигнальний пін датчика HC-SR501 під'єднано до пина GPIO19 системи на кристалі ESP32. Піни живлення та заземлення по'єднанні в окремі шини (через макетну плату breadboard) та під'єднанні до зовнішнього джерела живлення.

Монтажну схему програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі Raspberri Pi представлено на рис. 3.1.

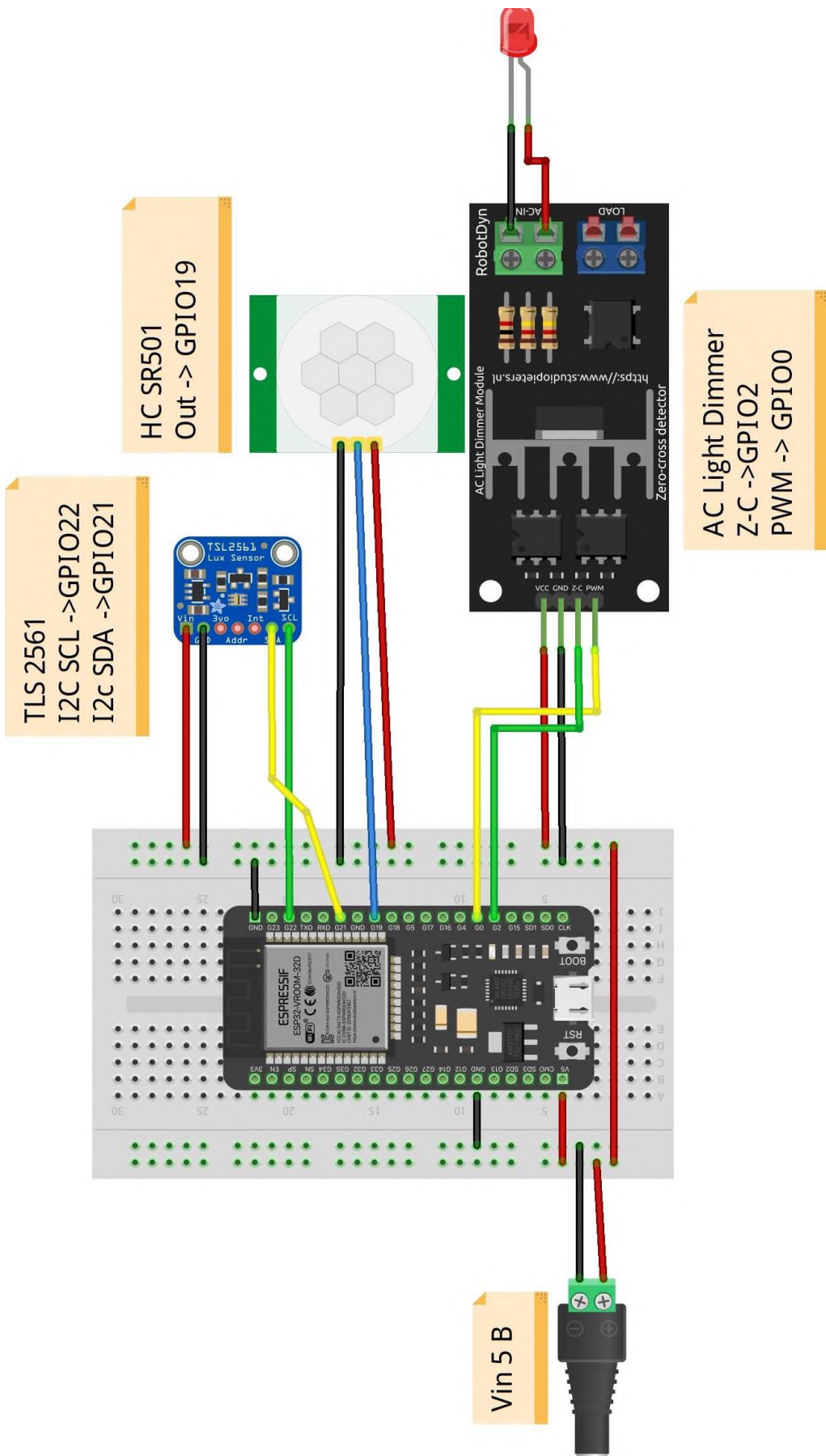


Рисунок 3.1 – Монтажна схема

Зм.	Арк.	Докум.	Підпис	Дата
-----	------	--------	--------	------

3.3 Принципова схема та схема розведення провідників на друкованій платі

Схема розведення провідників є важливою при проектуванні електричних і електронних пристроїв. Її основна мета полягає в тому, щоб забезпечити правильне підключення елементів пристрою до джерела живлення та до інших елементів відповідно до вимог проекту.

З метою створення схеми розведення провідників було використано САПР Fritzing. Після того як було розставлено всі компоненти проєктованого програмно-технічного засобу в потрібному порядку було виконано розведення провідників, шляхом натискання на меню «Розведення». Після чого був запущений процес автотрасування. Після виконання процесу автотрасування було отримано схему розведення, на якій була значна кількість зайвих перегинів провідників. Після коригування в ручному режимі, було отримано схему розводки провідників, що зображена на рис. 3.2. Як видно із схеми, проєтована друкована плата складається із провідників, що розміщуються на двох сторонах друкованої плати.

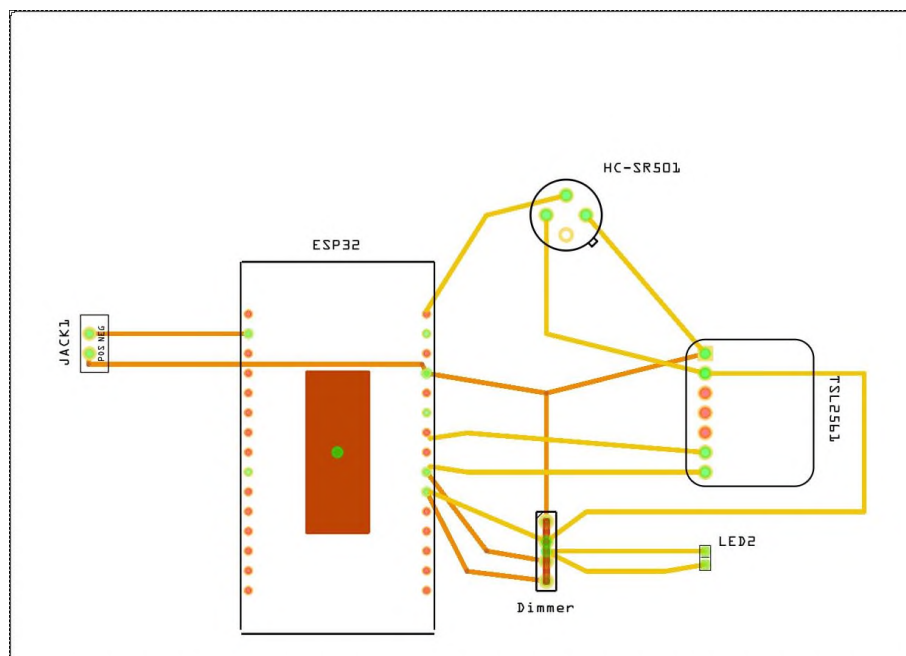


Рисунок 3.2 – Схема розведення провідників (друкована плата)

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Також запропоновано принципову схему програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi (рис. 3.3).

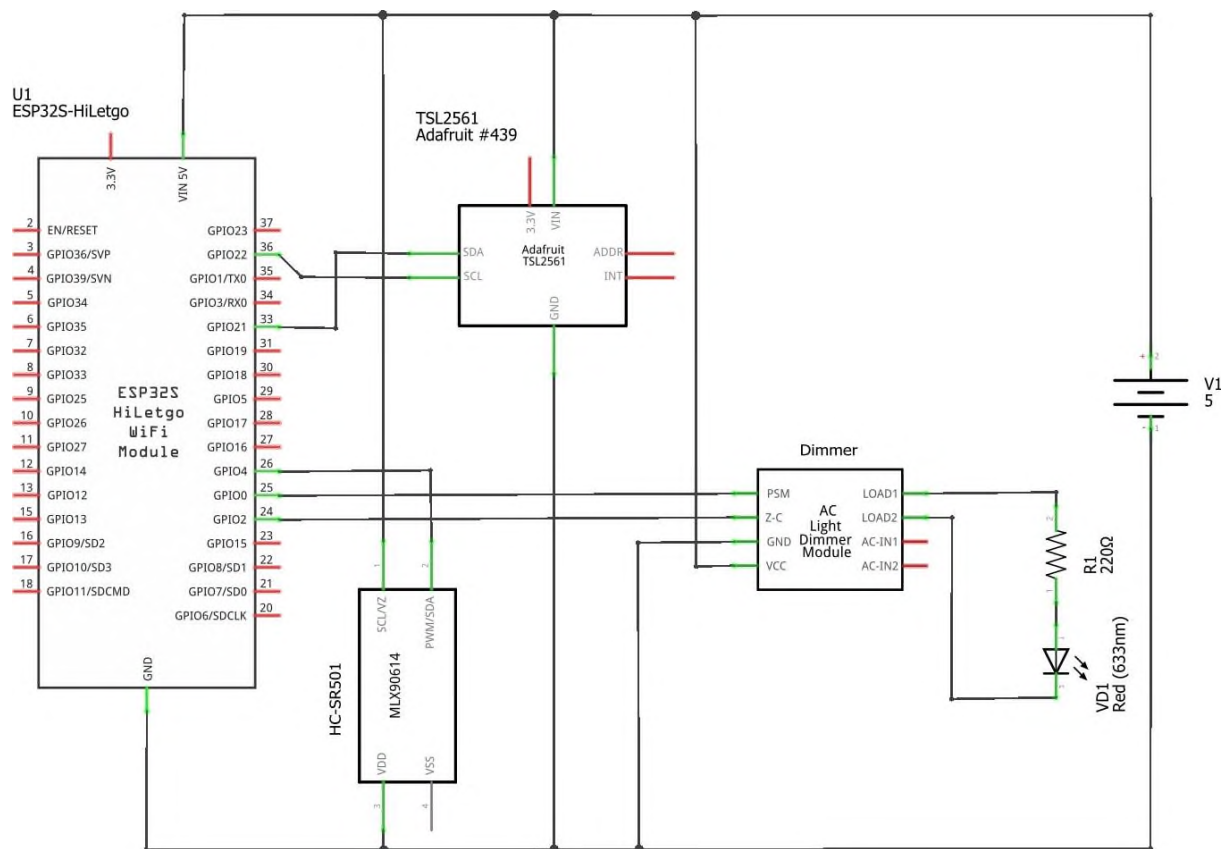


Рисунок 3.3 – Схема електрична принципова

3.4 Реалізація сценаріїв автоматизованого керування освітлення у середовищі Node-red

Насамперед створимо потрібні входи та виходи для керування проєктованим програмно-технічним засобом. Це будуть MQTT клієнти, які підписуються на відповідні топіки. У середовищі Node-red виконаємо перетягування їх із бібліотеки зліва та проведемо їх налаштування. Назви блоків, що відображаються, можна змінити в їх налаштуваннях. Для всіх блоків роботи з MQTT в якості сервера визначаємо адресу mosquitо. В даному випадку брокер встановлено на цій КС, тому в полі сервера задаємо localhost. Вигляд та налаштування нодів для публікації та підписки наведено на рис. 3.4 – 3.6.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Изменить узел mqtt in

Удалить Отмена **Готово**

Свойства

Сервер localhost:1883

Action Subscribe to single topic

Тема home/state/light

QoS 2

Выход автоопределение (разобрать объект JSON, строка или

Имя Hall Light Sensor

Рисунок 3.4 – Властивості ноди підписки на топик home/state/light

Изменить узел mqtt in

Удалить Отмена **Готово**

Свойства

Сервер localhost:1883

Action Subscribe to single topic

Тема home/state/motion

QoS 2

Выход автоопределение (разобрать объект JSON, строка или

Имя Hall Motion Sensor

Рисунок 3.5 – Властивості ноди підписки на топик home/state/motion

Изменить узел mqtt out

Удалить Отмена **Готово**

Свойства

Сервер localhost:1883

Тема home/command/dimmer

QoS Хранить

Имя Hall Light Dimmer

Совет: Оставьте тему, qos или хранение пустыми, если Вы хотите устанавливать их через свойства msg.

Рисунок 3.6 – Властивості ноди публікації у топик home/command/dimmer

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

3.4.1 Створення сценарію управління освітленням на основі даних від датчика руху

Побудуємо ланцюг, який би включав світло по датчику руху і відключав його через певний час. Для цього, згідно з концепцією Node-RED, потрібно, щоб повідомлення від датчика руху дійшло до димера через певні блоки і мало певний текст. Розглянемо спочатку увімкнення світла.

Виділимо зі всіх повідомлень від датчика руху повідомлення з текстом `open` –це означає, що рух з'явився. Для цього використовуємо блок `switch`. Підключимо його до виходу вже створеного блоку `Hall Motion Sensor` (рис. 3.7).

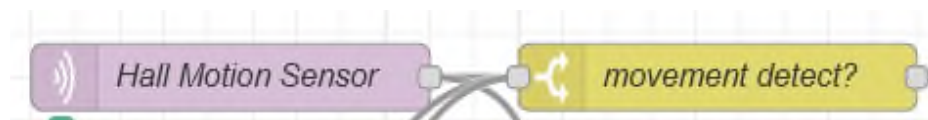


Рисунок 3.7 – Початок сценарію управління освітленням на основі даних від датчика руху

Налаштуємо його таким чином, щоб блок пропускав на вихід лише повідомлення з текстом `open` (рис. 3.8).

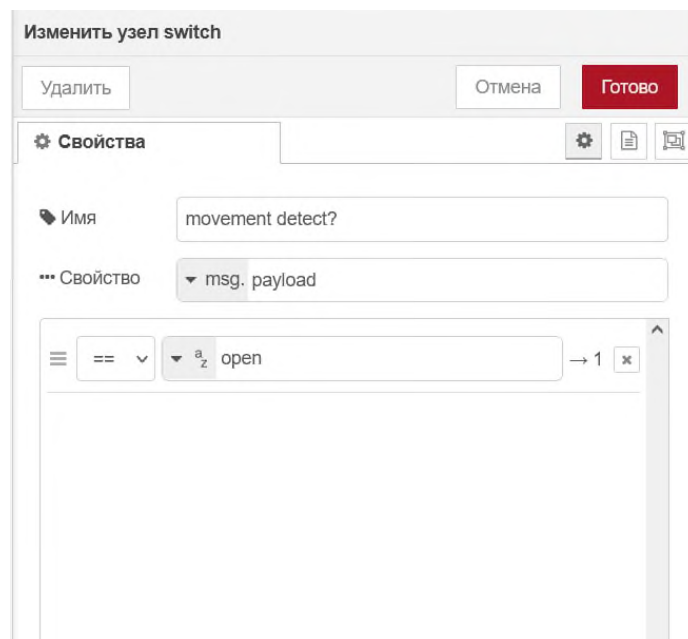
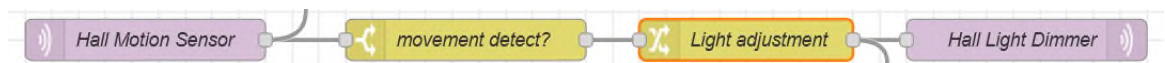


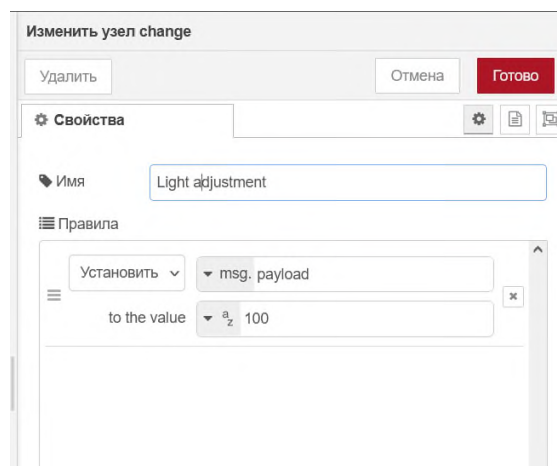
Рисунок 3.8 – Налаштування ноди switch

Як видно з рисунку налаштування блоку movement detect?, блок порівнюватиме payload з текстом open і направлятиме на вихід повідомлення “1”, якщо текст збігається.

В даному випадку димер вимагає, щоб на вхід йому надходило повідомлення з потрібною яскравістю в діапазоні від 0 до 100. Текст open не є числом. Тому використаємо блок Change, щоб змінити текст повідомлення (рис. 3.9).



а)



б)

Рисунок 3.9 – Ланцюг управління освітленням на основі даних від датчика руху (а) та налаштування ноди change (б)

В результаті отримаємо наступний потік, що зображено на рис. 3.10.

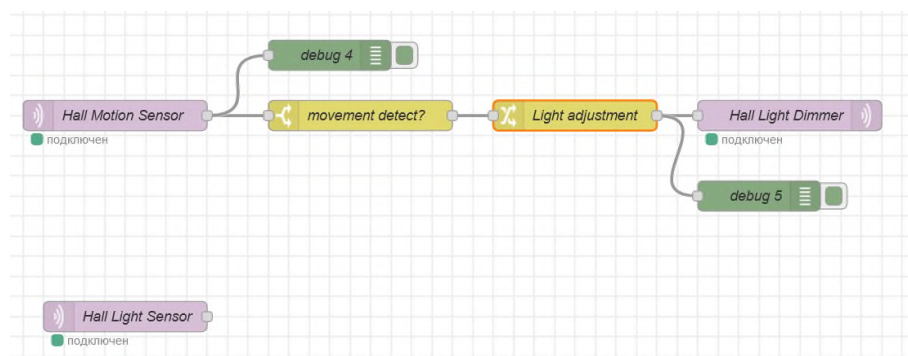


Рисунок 3.10 – Ланцюг управління освітленням на основі даних від датчика руху

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Також додамо дві ноди debug. Debug4 відобразитиме у консолі всі повідомлення, що надходять у топик home/state/motion, а Debug5 додатково відобразитиме число 100 (у випадку надходження повідомлення із текстом “open”)

Для тестування розробленого потоку можна відкрити два термінали, в одному виконати публікацію в топик home/state/motion, а у іншому – підписку на топик home/command/dimmer

Для тестування виконаємо публікацію в Hall Light Sensor спочатку повідомлення close, а потім open (рис. 3.11).

```
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -h 127.0.0.1 -t home/state/motion -m "close"  
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_pub -h 127.0.0.1 -t home/state/motion -m "open"
```

Рисунок 3.11 – Публікація у топик home/state/motion повідомлень

Підписача на топик home/command/dimmer. Після першої команди close нічого не було виведено (повідомлення close не будуть доставлені до вихідного блоку). Після відправлення команди open буде отримано число 100 (яскравість світла).

```
C:\Program Files\mosquitto>mosquitto_sub -t home/command/dimmer  
100
```

Рисунок 3.12 – Підписка на топик home/command/dimmer

Також результати роботи можна побачити у консолі Node red (рис. 3.13).

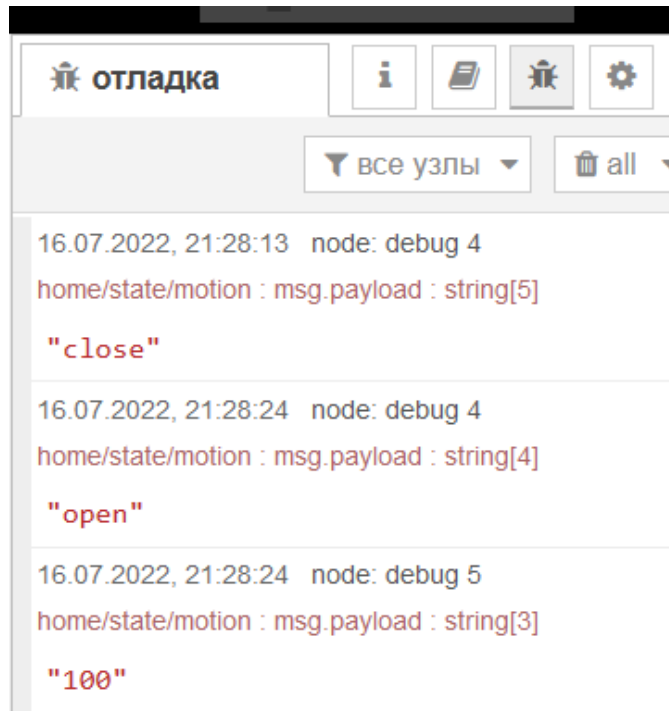


Рисунок 3.13 – Відображення результатів підписки на топик home/state/motion у консолі Node-red

Виконаємо модифікацію сценарію, додавши можливість вимкнення світла через певний проміжок часу. Для цього використовуємо блок Trigger та підключимо його до виходу датчика руху (рис. 3.14).

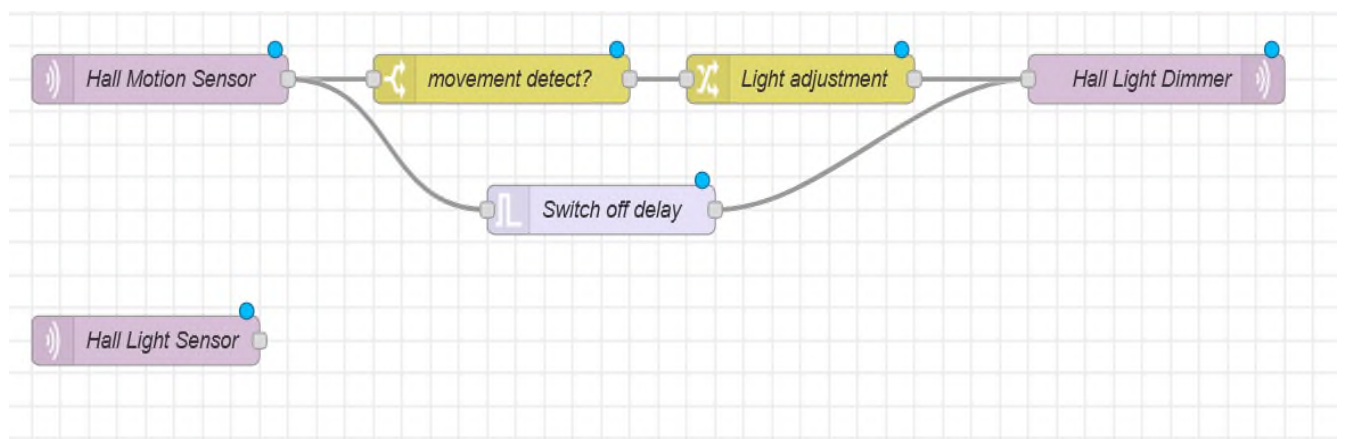


Рисунок 3.14 – Реалізація вимкнення світла через певний проміжок часу

Рисунок 3.15 – Налаштування ноди Trigger

Блок тригер дозволяє генерувати повідомлення із затримкою, а також може бути скинутий певним повідомленням.

Таким чином, налаштування блоку switch off delay означає, що при надходженні першого повідомлення тригер не посилає нічого, але запускає витримку часу в 8с і після закінчення, надсилає повідомлення із текстом 0. Також тригер скидається, якщо йому на вхід надходить повідомлення з текстом open.

Припустимо, що датчик руху видав повідомлення open. Дане повідомлення поверне тригер до вихідного стану без будь-якої реакції. Далі через якийсь час датчик руху видасть повідомлення close. Це повідомлення запустить витримку часу та через 8 секунд після цього тригер видасть повідомлення 0.

Якщо протягом цієї витримки часу знову надійде повідомлення open, то тригер знову повернеться до вихідного стану і чекатиме наступного повідомлення (яке логічно буде CLOSED). При цьому тригер не видасть жодних повідомлень.

Тобто, таким чином створено таймер, який буде слугувати для автоматичного відключення світла після заданої витримки. Якщо згадати опис

Налаштування цього блоку зробимо таким чином, щоб він спрямовував повідомлення від датчика освітлення на один із виходів, залежно від поточного освітлення (рис. 3.18).

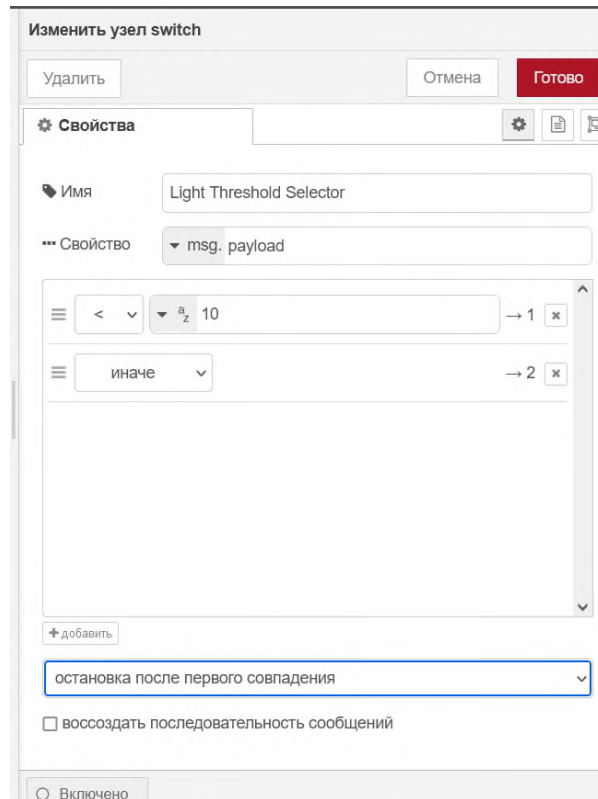


Рисунок 3.18 – Налаштування ноди switch для ланцюга увімкнення/відключення світла в залежності від яскравості вуличного освітлення

Умова у блоці switch означає, що якщо освітленість менша за 10 люкс, то повідомлення буде направлено на вихід 1, інакше воно надійде на вихід 2. Також було вибрано опцію *stopping after first matching*, щоб повідомлення було надіслано лише на один із виходів.

Виходячи з принципу роботи стає очевидно, що якщо повідомлення з'явилося на першому (верхньому) виході, тоді потрібно включити детектування руху, а якщо на другому, то вимкнути. Один із способів реалізації є блокування повідомлення на включення світла від датчика руху, якщо на вулиці світло.

Слід зазначити, що у Node-RED механізм виконання реалізований на основі повідомлень. Тобто, немає повідомлення – немає події, немає реакції. Це накладає

певну специфіку у разі, якщо різні повідомлення надходять асинхронно, тобто у різні моменти часу. Наприклад в даному випадку повідомлення від датчика освітлення асинхронно по відношенню до повідомлень від датчика руху. Тому, щоб врахувати ефект датчика освітлення, потрібно запам'ятати інформацію, яка була в його повідомленні, а потім застосувати її наступного разу, коли прийде повідомлення від датчика руху.

Для цього скористаємось поняттям контексту, тобто полем, де можна зберігати інформацію під час виконання потоку flow. Контекст буває глобальним по відношенню до всього середовища, або локальним по відношенню до конкретного потоку або взагалі по відношенню до конкретного блоку. У нашому сценарії використаємо контекст, що є локальним стосовно даного потоку. Тобто змінні будуть видно всім блокам у цьому потоці. Створимо дві ноди change та підключимо їх до виходів Light Threshold Detector (рис. 3.19, 3.20).

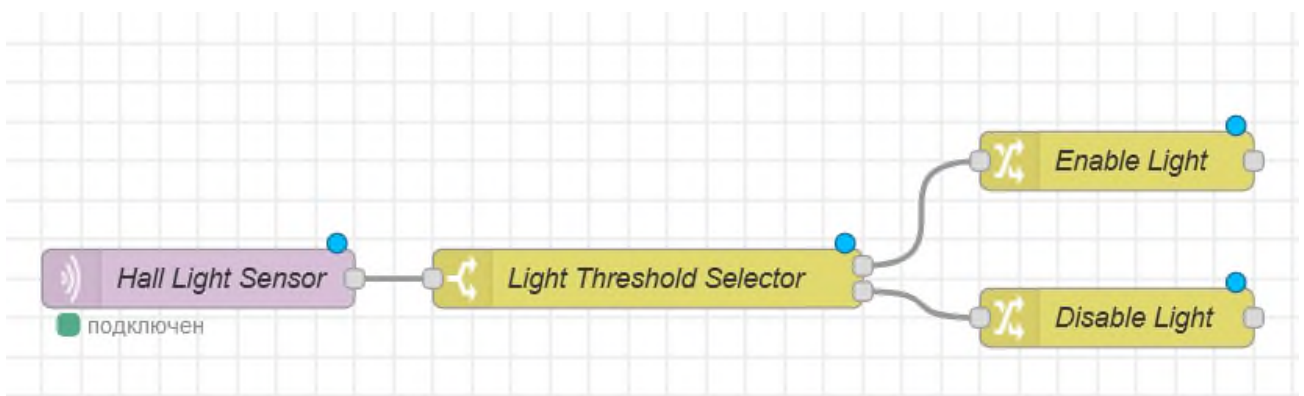


Рисунок 3.19 – Додавання двох нодів switch – Enable Light та Disable Light

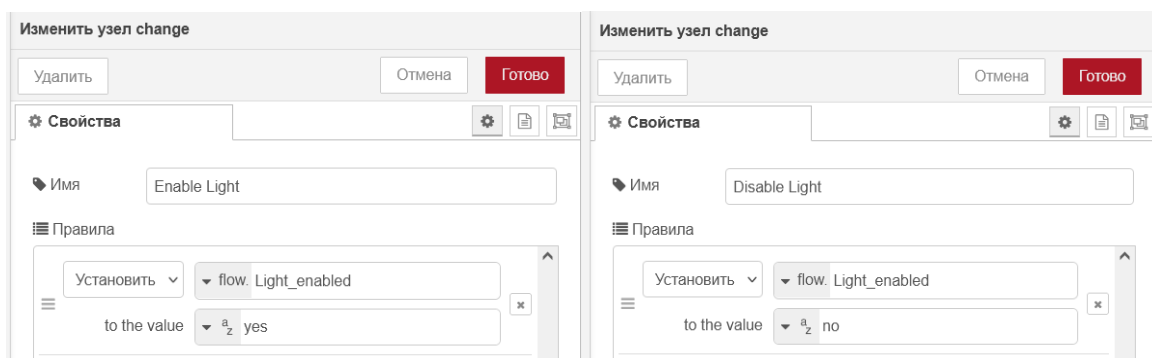


Рисунок 3.20 – Налаштування двох нодів switch (Enable Light та Disable Light)

Якщо розглянути ноду Enable Light, то входом для неї є вихід попередньої ноди, який містить повідомлення про те, що освітлення на вулиці менше 10 Люкс.

В даному випадку використаємо правило Set, щоб присвоїти змінній flow.Light_enabled значення Yes. Таким чином ми надали значення глобальній змінній, яке ми можемо використовувати в інших блоках. Схожим чином реалізована нода Disable Light.

Для перевірки роботи потоку додамо додаткові ноди та виведемо значення змінної flow.Light_enabled (рис 3.21).

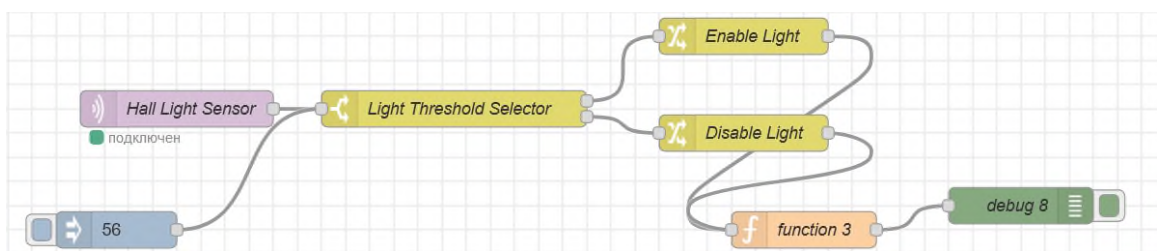


Рисунок 3.21 – Ланцюг увімкнення/відключення світла в залежності від яскравості вуличного освітлення із додавання ноди function

Для ноди function задамо наступний вміст:

```
var gl = flow.get("Light_enabled");  
msg.payload = gl;  
return msg;
```

Після того, як створено потік ланцюг увімкнення/відключення світла в залежності від яскравості вуличного освітлення, врахуємо його в основному потоці, і налаштувати його так, щоб він пропускав повідомлення від датчика руху тільки якщо глобальна змінна flow.Light_enabled має значення Yes – тобто на вулиці темно. Для цього в основний потік додамо ноду switch із назвою Light Enable?



Рисунок 3.22 – Врахування ланцюг увімкнення/відключення світла в залежності від яскравості вуличного освітлення в основному потоці

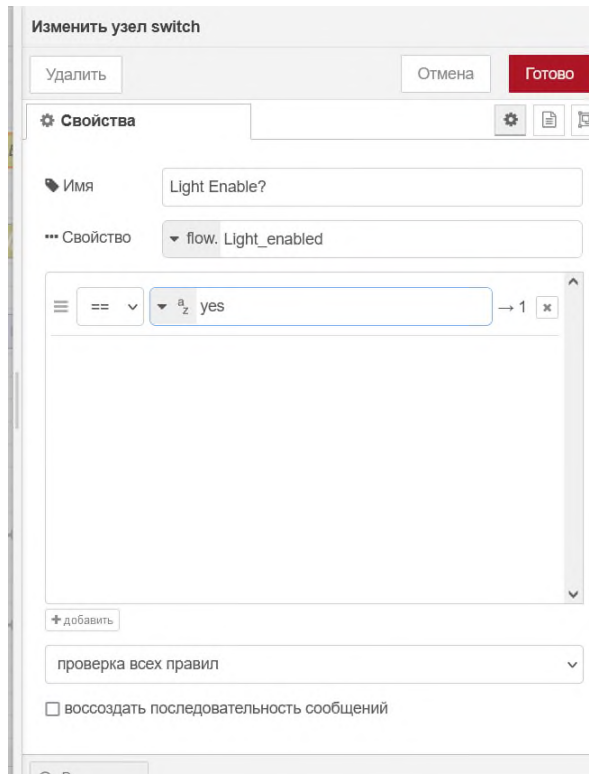


Рисунок 3.23 – Налаштування ноди Light Enable?

3.4.3 Створення сценарію зміни яскравості світильника в залежності від часу доби

Відповідно до поставлених вимог, слід змінювати інтенсивність освітлення у тому випадку якщо темно, але у випадку якщо час до 9 години вечора, світло повинно включатися на повну потужність. Але після дев'яти – тільки на малу потужність, як нічне підсвічування.

Для реалізації цього сценарію створимо блок Inject:



Рисунок 3.24 – Нода Inject (Reduce Brightness at 21 00)

Його можна налаштувати таким чином, щоб він видавав повідомлення у певний час. Налаштуємо його на 21:00 кожного дня.

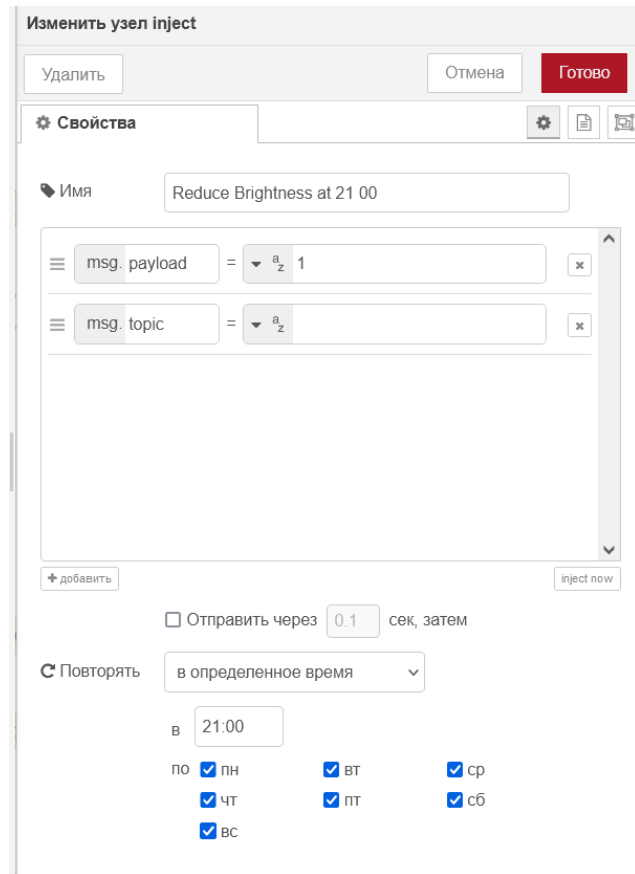


Рисунок 3.25 – Налаштування ноди Inject (Reduce Brightness at 21 00)

При цьому слід зауважити, що даний блок видаватиме повідомлення зі значенням 1. Це буде потрібною інтенсивністю підсвічування в нічному режимі. Щоб використовувати це значення в ланцюзі управління світлом, використовуємо той самий прийом із глобальними змінними. Для цього створимо блок change (рис. 3.26).

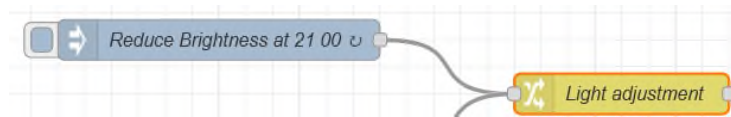


Рисунок 3.26 – Налаштування ноди Change (Light adjustment)

Виконаємо його налаштуємо таким чином, щоб змінній `flow.Light_Brightness` присвоювалося значення повідомлення (рис. 3.27).

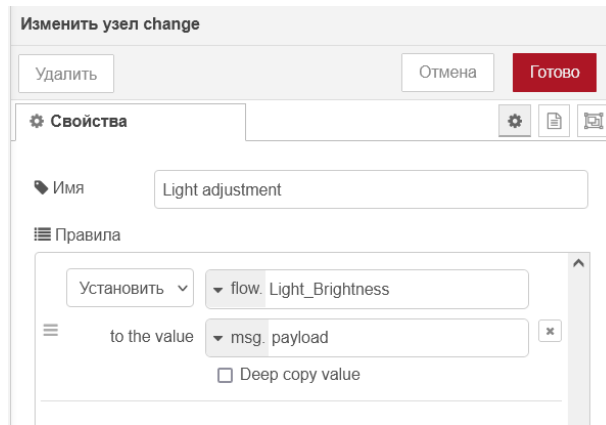


Рисунок 3.27 – Налаштування ноди Change (Light adjustment)

Щоб повертати початкову яскравість вранці, створимо другий блок inject, який буде виконуватися о 6 годині ранку і видавати значення яскравості на рівні 100. Підключимо його так само до тієї ж ноди (рис. 3.28).

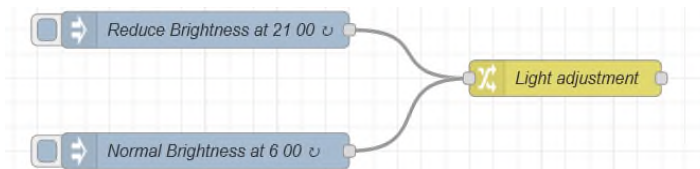


Рисунок 3.28 – Налаштування ноди Change (Light adjustment)

Таким чином змінній `flow.Light_brightness` буде присвоюватися значення 1 щовечора о 9 годині, і значення 100 щоранку в 6 годин. Внесемо зміни у основний ланцюг. Для цього у ноді Light Adjustment, змінимо налаштування таким чином, щоб він присвоював не константу, а значення змінної `flow.Light_brightness` (рис. 3.29).

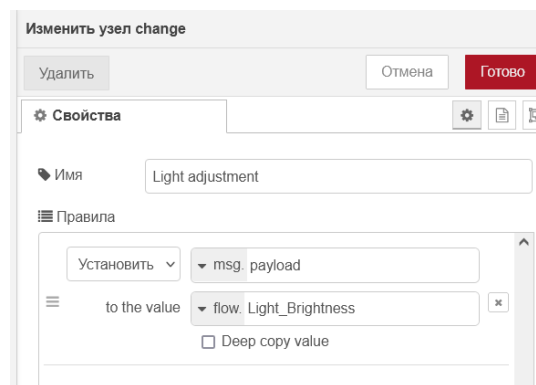


Рисунок 3.29 – Налаштування ноди Change (Light adjustment)

Таким чином в результаті отримаємо наступний сценарій, що зображений на рис. 3.30 та 3.31.

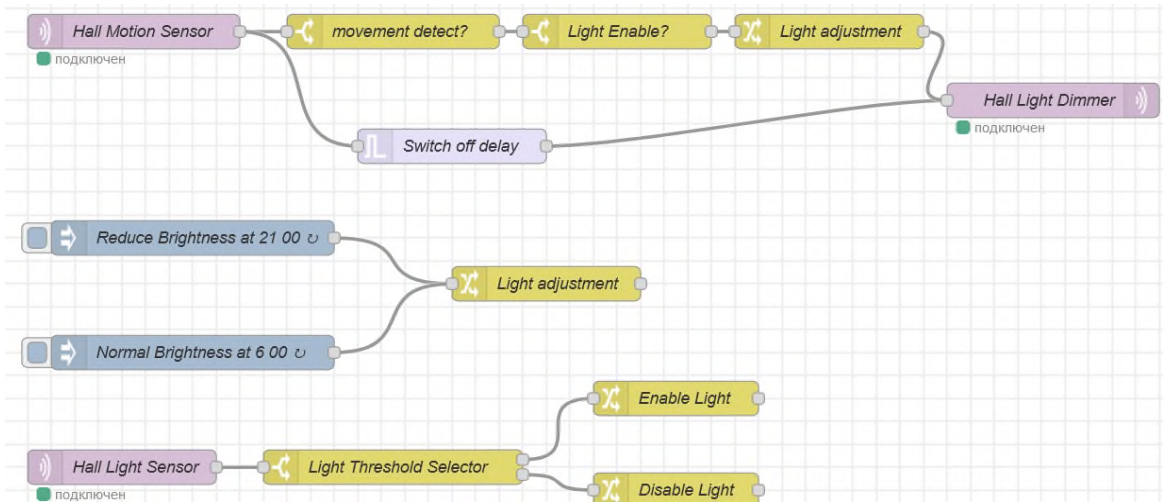


Рисунок 3.30 – Остаточний вигляд всіх трьох сценаріїв автоматизованого управління освітлення

Для перевірки роботи потрібно публікувати повідомлення у топіки `home/state/motion` та `home/state/light`, а також підписатись на топик `home/command/dimmer`. Або для відлагодження можна додати 4 ноди `Inject`

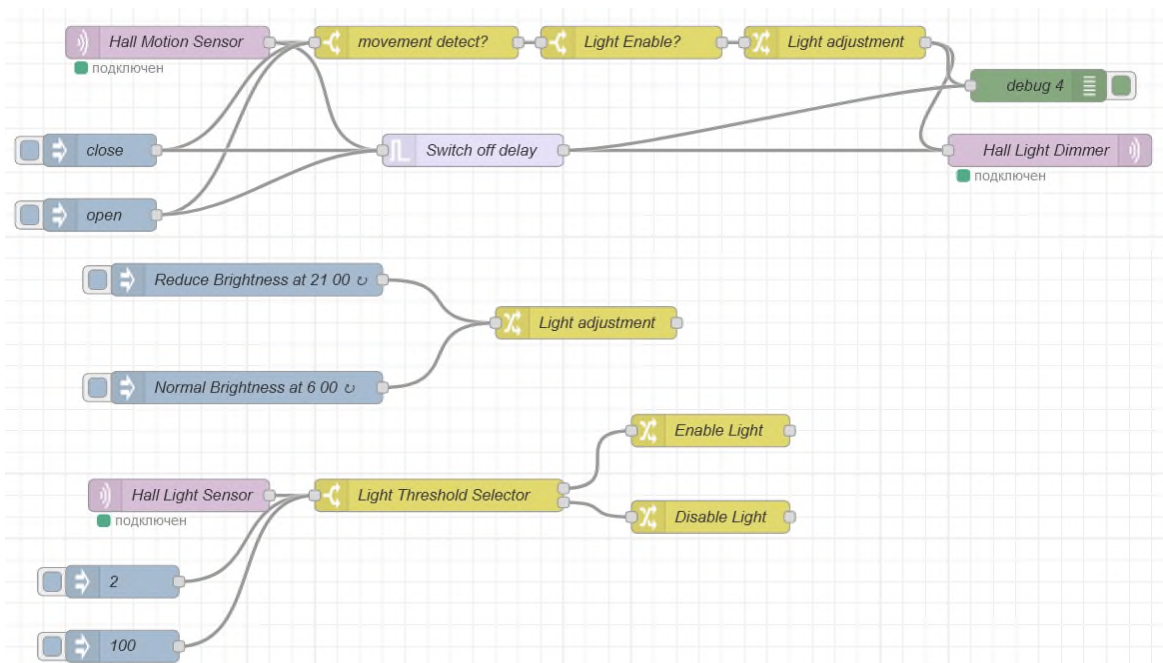


Рисунок 3.31 – Остаточний вигляд всіх трьох сценаріїв автоматизованого управління освітлення (із додатковими нодами для тестування системи)

Висновки за розділом 3

Наведено схеми принципову, розведення провідників на друкованій платі для проєктованого програмно-технічного засобу та монтажну схему програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

Проведено налаштування середовища Node-red та брокера mosquitto. На основі запропонованої структури програмно-технічного пристрою реалізовано сценарії автоматизованого управління освітлення, зокрема, увімкнення/відключення світла в залежності від яскравості вуличного освітлення, зміни яскравості світильника в залежності від часу доби та освітленням на основі даних від датчика руху.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Система «Розумний будинок» надає безліч можливостей для оптимізації життя в будинку, і серед них варто виділити автоматизацію керування освітленням. Це дозволяє не тільки знизити витрати на електроенергію, але й налаштувати режим освітлення в залежності від потреб та умов, що забезпечує комфортне проживання в будинку. Крім того, автоматизація керування освітленням може бути корисною для забезпечення безпеки, як у випадку пожежі, так і в інших надзвичайних ситуаціях. Використання одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi для створення програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» може бути доступною та вигідною альтернативою існуючим засобам автоматизації керування освітленням.

В результаті виконання даної кваліфікаційної роботи бакалавра було запропоновано програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

У першому розділі розглянуто концепцію та принципи функціонування системи «Розумний будинок». Досліджено функціонування підсистеми керування освітленням у системі «Розумний будинок». Проведено аналіз відомих засобів та рішень для автоматизації керування освітленням у системі «Розумний будинок». Сформульовано постановку завдання.

У другому розділі сформульовано набір функціональних вимог, яким повинен задовольняти проєктований програмно-технічний засіб. Для реалізації поставлених вимог запропоновано структуру програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi. Окрім одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi запропонований програмно-технічний пристрій складається із датчиків вимірювання рівня освітленості TLS2561, руху HC-SR501 та димера регулювання освітленістю AC Light Dimmer, а також

системи на кристалі ESP32. Для комунікації між ESP32 та Raspberry Pi задіяно протокол обміну даними MQTT.

У третьому розділі представлено принципову схему, схему розведення провідників на друкованій платі та монтажну схему програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi. Проведено налаштування середовища Node-red та брокера mosquitto. На основі запропонованої структури програмно-технічного пристрою реалізовано сценарії автоматизованого управління освітлення, зокрема, увімкнення/відключення світла в залежності від яскравості вуличного освітлення, зміни яскравості світильника в залежності від часу доби та освітленням на основі даних від датчика руху.

					КВРКІ. 2001140.20.18.01 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Karpagam G.R., Kumar V.V., Maheswari J.U., Gao X.-Z. Smart Cyber Physical Systems Chapman and Hall. CRC, 2020. 294 p.
2. Глибовець А.М., Моголівський В.О. Аналіз систем підтримки розумного будинку. *Control systems and computers*. 2019. No 5(283). С. 30–37.
3. Проектування комп'ютеризованих систем управління: Опорний конспект лекцій. – Тернопіль, THEU. URL: http://dspace.tneu.edu.ua/retrieve/52377/Лекції_ПКСУ.pdf.
4. Дужак І.О. Розумний будинок. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. 2013. No 13(13–14). С. 31-33.
5. Тарарака В.Д. Архітектура комп'ютерних систем: навч. посіб., Житомир: ЖДТУ, 2018. – 383 с.
6. Фурман І.О. Староверов Р.М., Мельський Д.О. Огляд можливостей «розумного будинку» для покращання побутових умов та зменшення витрат на утримання домогосподарств. *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. 2014. No 2. С. 79–80.
7. Конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютерні системи» для студентів напряму підготовки «Комп'ютерна інженерія», Івано-Франківськ: Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2014, 190 с.
8. Момот Т.В., Мураєв Є.В. Компаративний аналіз зарубіжних практик розвитку розумних міст та можливості їх імплементації в Україні. *Електронний науково-практичний журнал «Інфраструктура ринку»*. 2020. Вип. 42. С. 232–237.
9. Nisan N., Schocken S. The Elements of Computing Systems, second edition: *Building a Modern Computer from First Principles*, The MIT Press, 2021. 344 p.
10. Верусь В.С., Кондратюк О.І., Ляшко С.С. Розумний будинок або автоматизована система керування житлом. *Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2019. Вип. 1(11). С. 119–122.

11. Yadin A. Computer Systems Architecture, Chapman and Hall, *CRC*, 2016. 467 p.
12. Null L., Lobur Y. Essentials of Computer Organization and Architecture, *Jones & Bartlett Learning*; 5th edition, 2018. – 744 p.
13. Kravets A.G., Bolshakov A.A., M.V. Shcherbakov Cyber-Physical Systems: Industry 4.0 Challenges (Studies in Systems, Decision and Control, 260). *Springer*; 1st ed., 2020. 349 p.
14. Rea P., Ottaviano E., Machado J. and Antosz K. Design, Applications, and Maintenance of Cyber-Physical Systems, *Engineering Science Reference*, 2021. 314 p.
15. Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А. Особливості SMART-технологій на прикладі автоматизації житлового будинку, *Таврійський науковий вісник*. №1. 2022. С. 12-21.
16. Li B. S. X., Wan B., Wang C., Zhou X., Chen X. Definitions of predictability for cyber physical systems, *Journal of Systems Architecture*. 2016.
17. Raspberry Pi, URL: <https://www.raspberrypi.org/>
18. Poliakov, M., Larionova, T. Control Systems with programmable logic controllers, Remote and virtual tools in engineering: *textbook, general editorship* Dr.Ing.Karsten Henke. Zaporizhzhya: Dike Pole, 2016. 250 p.
19. Wi-Fi модуль ESP32-S, Mini-tech, URL: <https://www.mini-tech.com.ua/esp32-s-modul>
20. Monk S. Programming Arduino Next Steps: Going Further with Sketches, McGraw-Hill Education TAB, 2018. 320 p.
21. Barrett S.F. Microchip AVR® Microcontroller Primer: Programming and Interfacing. *Morgan & Claypool Publishers*, 2019. 374 p.
22. Papazoglou P. M. An Educational Guide to the AVR Microcontroller Programming: AVR Programming::Demystified (Assembly Language). *CreateSpace Independent Publishing Platform*, 2018. 274 p.
23. Нічепорук А.О., Нічепорук А.А., Савенко О.С., Казанцев А.Д. Інтелектуальна система виявлення аномалій та ідентифікації пристроїв розумних

45. Teslyuk, V., Kazarian, A., Kryvinska, N., Tsmots, I., Teslyuk, T. Automated synthesis method of smart home systems based on the architectural pattern redux. *CEUR Workshop Proceedings*, 2019. 2533. pp. 58-69

46. S. S. Hosseini, Kodjo Agbossou, Souso Kelouwani, Alben Cardenas, Non-intrusive load monitoring through home energy management systems: A comprehensive review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 79, 2017, pp. 1266-1274

47. Бабенко О. В. Актуальність технологій розумних будинків для підвищення енергоефективності економіки держави, *Матеріали XLVIII наук.-техн. конф. підрозділів Вінниц. нац. техн. ун-ту (НТКП ВНТУ-2019)* : зб. доп. – Вінниця, 2019. С. 2920-2921

48. Ключко Ю. І. Розробка інтелектуальної системи керування освітленням «розумного будинку», *Технології та дизайн*. 2015. No 2.

49. Yang H., Lee H. Zo H. User acceptance of smart home services: An extension of the theory of planned behavior. *Industrial Management & Data Systems*. 2017. Vol. 117. pp. 68-89

50. Hu Y., Tilke D., Adams T. et al. Smart home in a box: usability study for a large scale self-installation of smart home technologies. *J Reliable Intell Environ*. 2016, pp. 93-106

51. Balta-Ozkan N., Davidson R., Bicket M., Whitmarsh L., Social barriers to the adoption of smart homes, *Energy Policy*, Vol. 63. 2013, pp. 363-374

52. Sebastiaan T.M. Peek, Eveline J.M. Wouters, Joost van Hoof, Katrien G. Luijkx, Hennie R. Boeije, Hubertus J.M. Vrijhoef, Factors influencing acceptance of technology for aging in place: A systematic review, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 83. Issue 4. 2014. pp. 235-248

53. Peine A. Understanding the dynamics of technological configurations: A conceptual framework and the case of Smart Homes, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76. Issue 3. 2009, pp. 396-409

54. Han J., Choi C., Park W., Lee I. and Kim S., Smart home energy management system including renewable energy based on ZigBee and PLC, in *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 60. no. 2. 2014, pp. 198-202.

55. Kishita Y., Mizuno Y., Fukushige S., Umeda Y. Scenario structuring methodology for computer-aided scenario design: An application to envisioning sustainable futures, *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2020. 160. 120207

56. Rhee J.H., Ma J.H., Seo J., Cha S.H., Review of applications and user perceptions of smart home technology for health and environmental monitoring, *J. Comput. Des. Eng.* No 9. 2022, pp. 857–889

57. Plant Maid, Best indoor plant watering systems when going on holiday
URL: <https://www.plantmaid.com/best-indoor-plant-watering-systems-for-holidays/>

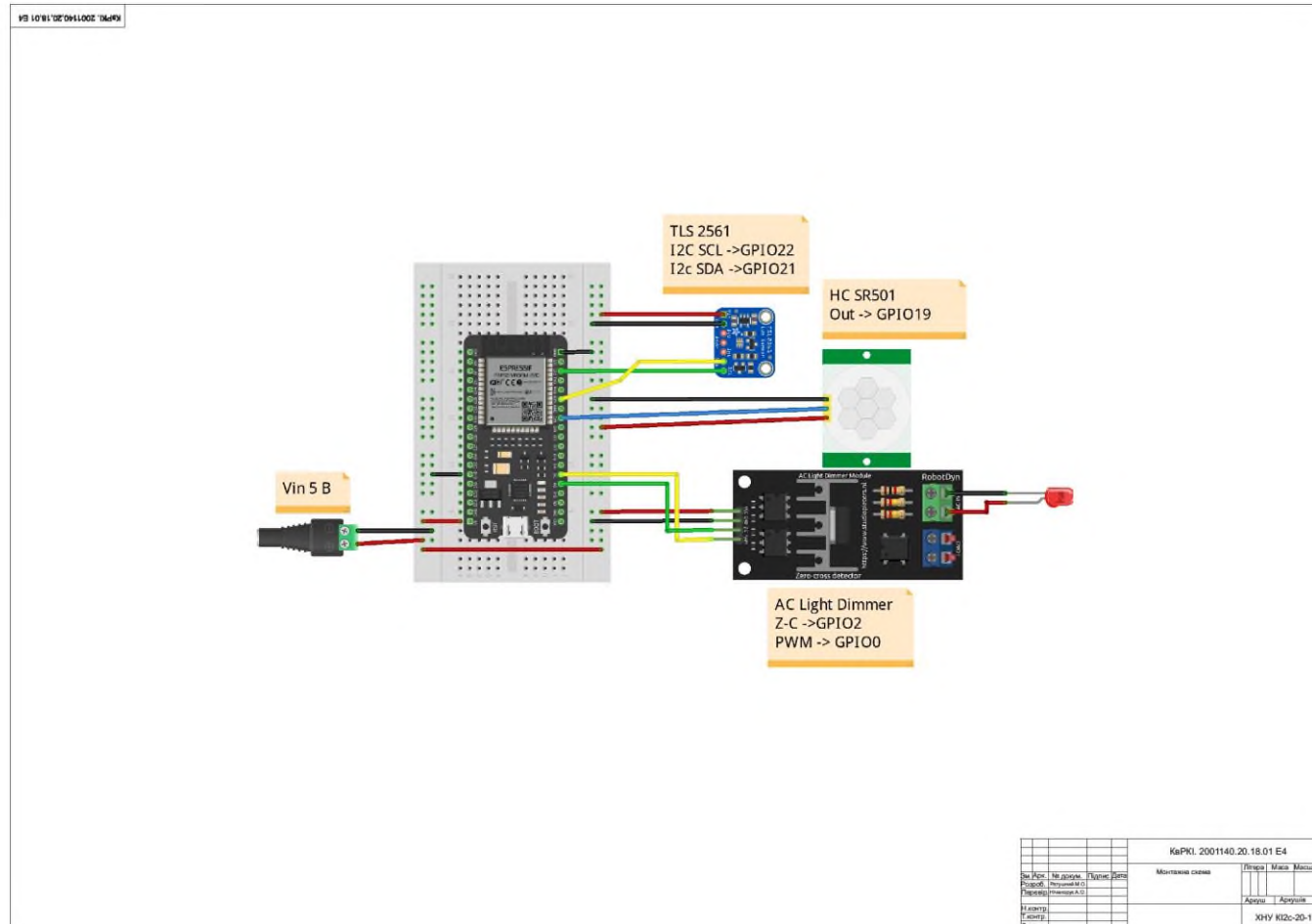
58. Electronics Hub 10 Best Automatic Watering System for Indoor Plants Reviews in 2023, URL: <https://www.electronicshub.org/best-automatic-watering-system-for-indoor-plants/>

59. Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А. Особливості SMART-технологій на прикладі автоматизації житлового будинку, *Таврійський науковий вісник.* №1. 2022. С. 12-21.

60. Li B. S. X., Wan B., Wang C., Zhou X., Chen X. Definitions of predictability for cyber physical systems, *Journal of Systems Architecture.* 2016.

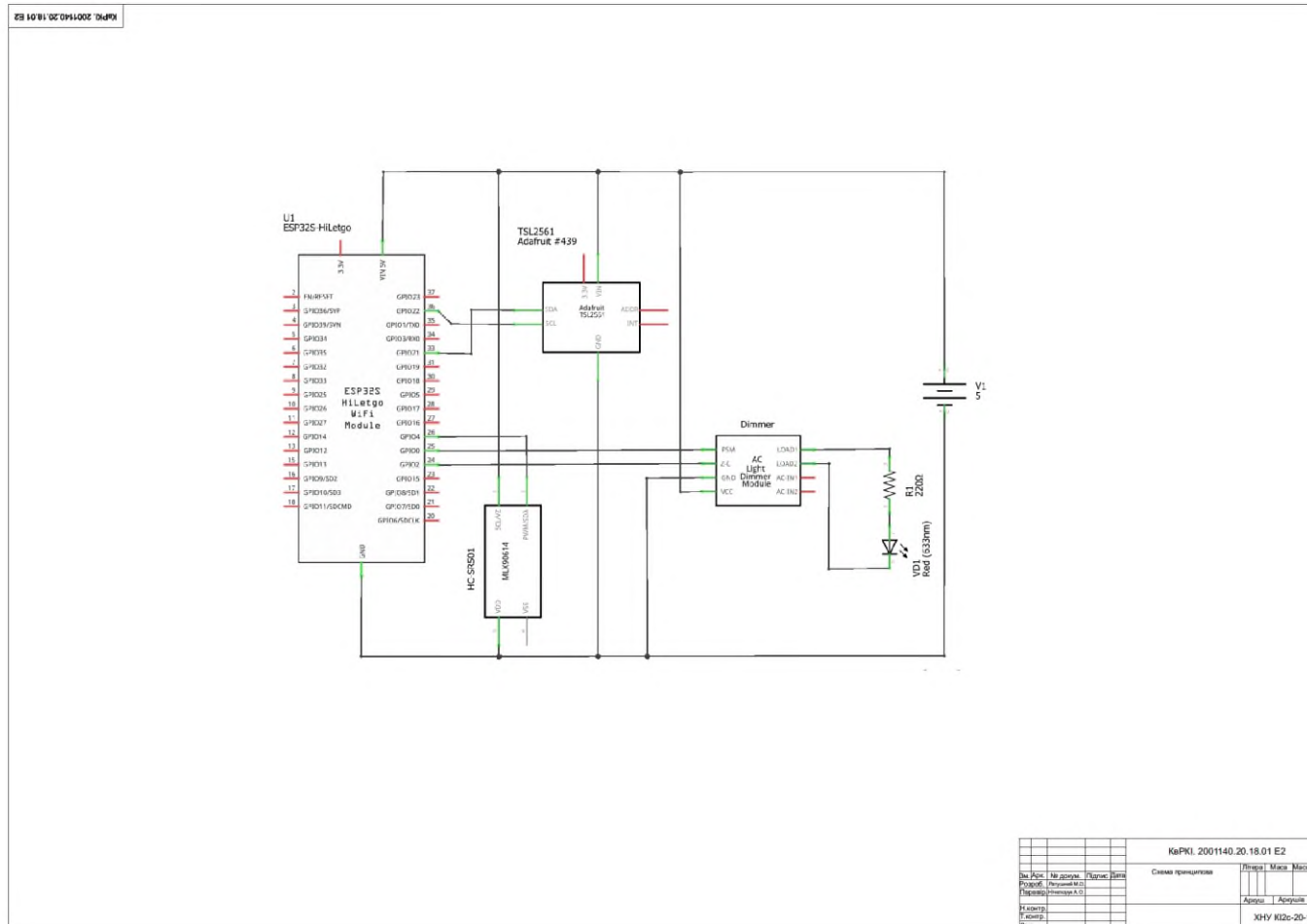
ДОДАТОК А (обов'язковий)

Копія креслення «Монтажна схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок»



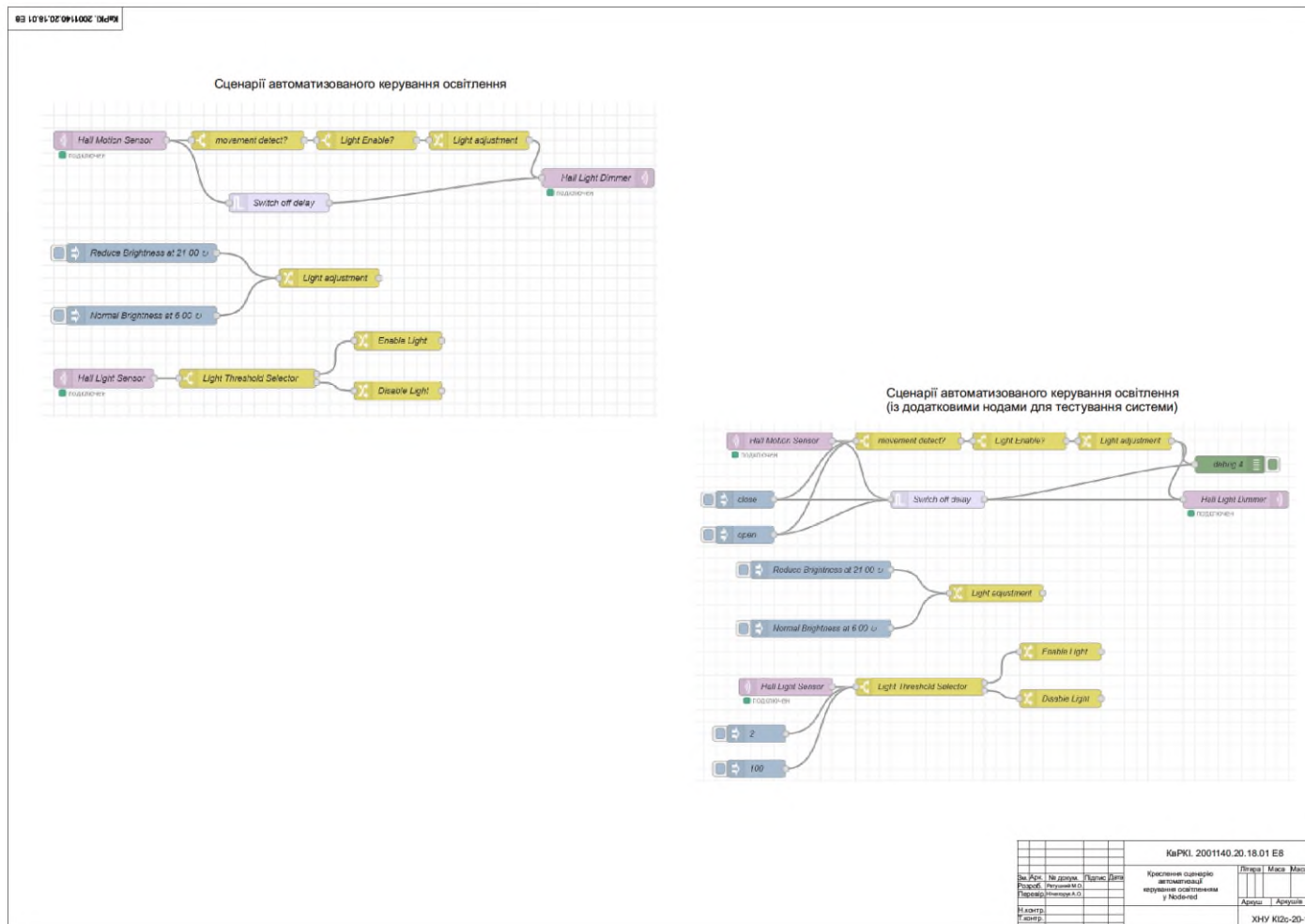
ДОДАТОК Б (обов'яз'язковий)

Копія креслення «Принципова схема програмно-технічного пристрою автоматизованого керування освітленням у системі
«Розумний будинок»



ДОДАТОК В (обов'яз'язковий)

Копія креслення «Креслення сценарію автоматизації керування освітленням у Node-red»



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1014788143

Дата перевірки:
25.04.2023 10:38:31 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
25.04.2023 10:41:51 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Ратушний_fin_антиплаг

Кількість сторінок: 65 Кількість слів: 11620 Кількість символів: 86918 Розмір файлу: 4.16 MB ID файлу: 1014493505

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

16.7% Схожість

Найбільша схожість: 8.75% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008221166)

14.8% Джерела з Інтернету

170

Сторінка 67

9.86% Джерела з Бібліотеки

75

Сторінка 68

0% Цитат

Цитати

1

Сторінка 69

Посилання

1

Сторінка 69

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

1

Підозріле форматування

11
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилко в документах: 15%**

ID: 112551 Назва: БКР Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi Додано в БД: 2023-04-25 Автора: М.О. Ратушний Керівники: А.О. Нічепорук Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	69215	597	1480 (2%)	25 (4%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ратушний Максим Олександрович

Тема: Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3 ; кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі запропоновано програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз предметної області. У другому розділі спроектовано структуру програмно-технічного засобу. У третьому розділі проведено реалізацію програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi.

4. Позитивні сторони роботи: _____ Запропоновано структуру програмно-технічного засобу автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi та проведено реалізацію сценаріїв у середовищі Node-red

5. Негативні сторони роботи: В роботі не наведено порівняння запропонованого рішення із відомими аналогами, відсутні оцінки кількісних та якісних характеристик розробленого пристрою.

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

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

8. Інші зауваження: —

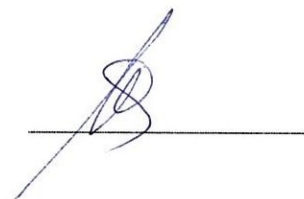
9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «добре» 3,75 (С)

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

Лисенко О. М., доцент кафедри ТНЗ
Хмельницького національного університету

“ 30 ” 05 2023р.



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

Втушко Максим Олександрович
ПБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи КІ2с-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), 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 плагіатоповіщений (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.

02.05.2023

дата



підпис

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

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

Назва: Програмно-технічний засіб автоматизованого керування освітленням у системі «Розумний будинок» на основі одноплатної комп'ютерної системи Raspberry Pi

Автор: Ратушний Максим Олександрович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Нічепорук Андрій Олександрович, к.т.н, доцент

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 розділі аналізу існуючих аналогів та відомих рішень, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 16.7% і адресується до 245 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



А.О. Нічепорук

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко