

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**«РОЗРОБКА СТРУКТУРИ БЕЗПРОВІДНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
СИСТЕМИ SMART-КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ БУДИНКУ»**

Виконав: здобувач групи ІТ-61
спеціальності 126 «Інформаційні
системи та технології»

Сітніков М. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Пташник В. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Сиротюк С. В.
(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2024

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

Другий (магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор, Тригуба А. М.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ” _____ 2024 року

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

Сітніков Максим Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка структури безпроводної сенсорної мережі системи smart-керування освітленням будинку»

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

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

затверджені наказом Львівського НУП від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк подання студентом роботи 06 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: характеристика сучасних інформаційних систем розумного будинку; технічна документація до інженерного обладнання інтелектуальних освітлювальних систем; специфікація систем та пристроїв на основі технології інтернету речей; науково-технічна і довідкова література.

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

Вступ

1. Постановка задачі дослідження

2. Вибір елементної бази системи smart-керування освітленням

3. Розробка smart-системи керування освітленням

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Економічна ефективність

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Пташник В. В., к.т.н., доцент</i>			
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>			

7. Дата видачі завдання 13 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Постановка задачі дослідження та складання інженерної характеристики об'єкту проектування</i>	<i>13.09.2024 – 30.09.2024</i>	
2	<i>Вибір елементної бази системи smart-керування освітленням</i>	<i>01.10.2024 – 15.10.2024</i>	
3	<i>Розробка smart-системи керування освітленням</i>	<i>16.10.2024 – 31.10.2024</i>	
4	<i>Розгляд питань з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>01.11.2024 – 10.11.2024</i>	
5	<i>Оцінка економічної ефективності прийнятих рішень</i>	<i>11.11.2024 – 17.11.2024</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентаційного матеріалу</i>	<i>18.11.2024 – 30.11.2024</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому. Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи</i>	<i>01.01.2024 – 06.12.2024</i>	

Здобувач

_____ *Сітніков М. В.*
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ *Пташник В. В.*
 (підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 681.521 / 681.518

Розробка структури безпроводної сенсорної мережі системи smart-керування освітленням будинку. Сітніков М. В. Кафедра інформаційних технологій – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

Кваліфікаційна робота: 69 сторінок текстової частини, 15 рисунків, 11 таблиць, 23 джерела літератури, 5 додатків

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження структури безпроводної сенсорної мережі для системи smart-керування освітленням будинку, яка забезпечить енергоефективність, автоматизацію процесів управління та підвищення комфорту для користувачів.

Об'єктом дослідження є інформаційна система інтелектуального керування освітленням на базі безпроводних сенсорних мереж.

Предмет дослідження вивчає методи проектування та функціонування безпроводної сенсорної мережі, що використовується для побудови smart-керування освітленням будинку.

Предметом дослідження є безпроводна сенсорна мережа, яка забезпечує інтелектуальне керування освітленням у розумному будинку. Вона включає набір технологій, методів і алгоритмів, спрямованих на збір даних з датчиків, їх аналіз і передачу команд до виконавчих пристроїв. Особливу увагу приділено вибору протоколів передачі даних, таких як ZigBee, Wi-Fi або LoRa, які впливають на швидкість, стабільність і енергоефективність роботи системи. Кінцевою метою є створення структури мережі, яка забезпечить оптимальне функціонування smart-керування освітленням з урахуванням потреб користувачів та економічних аспектів.

Ключові слова: безпроводна сенсорна мережа, smart-керування освітленням, інтернет речей (IoT), енергоефективність, розумний будинок, автоматизація освітлення, Zigbee, LORA, Wi-Fi.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Концепція «розумного будинку»	8
1.2. Класифікація систем адаптивного освітлення.....	12
1.2.1 Контроль присутності у приміщенні	13
1.2.2 Адаптивне освітлення.....	15
1.3. Огляд апаратних платформ для керування освітленням.....	15
1.3.1 Мікропроцесорна платформа Arduino	16
1.3.2 Мікрокомп'ютер Raspberry Pi	17
1.3.3 Радіосистема віддаленого керування NooLite.....	18
1.4 Постановка задачі кваліфікаційної роботи	19
РОЗДІЛ 2 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СИСТЕМИ SMART-КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ.....	20
2.1 Класифікація та принцип дії датчиків освітленості та присутності.....	20
2.1.1 Будова та особливості датчика освітленості LM393	22
2.1.2. Будова та особливості датчика освітленості BH1750.....	24
2.1.3. Будова та особливості датчик присутності HC SR501	25
2.2 Класифікація систем контролю освітлення	27
2.2.1. Система контролю місцевого освітлення.....	27
2.2.2. Система контролю загального освітлення	28
2.3. Огляд базових типів бездротового зв'язку	29
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА SMART-СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ	31
3.1 Вибір структури системи smart-керування освітленням.....	31
3.2 Вибір середовища розгортання системи smart-керування освітленням.	34
3.2.1 Платформа OpenHAB	34
3.2.2 Платформа Home Assistant.....	36

3.3. Алгоритм роботи системи smart-керування освітленням	37
3.4 Програмування взаємодії зі структурними елементами системи.....	39
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
4.1 Можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею	43
4.2 Заходи з техніки безпеки при виготовленні печатних плат, при паянні та склеюванні деталей	45
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	50
5.1 Опис ідей проекту smart-керування освітленням.....	50
5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	51
5.3 Визначення ринкової стратегії просування проекту	55
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
Додаток А Код взаємодії з датчиком світла LM393.....	61
Додаток Б Код взаємодії з датчиком руху HC-SR501	62
Додаток В Код управління виконавчим реле	63
Додаток Г Код передачі даних між двома модулями NRF24L01 (код передавача)	66
Додаток Г Код передачі даних між двома модулями NRF24L01 (код приймача).....	68

ВСТУП

У сучасному світі швидкий розвиток інформаційних технологій та зростаючий інтерес до концепції "розумного будинку" стимулюють впровадження інноваційних рішень у сфері автоматизації. Однією з ключових складових таких систем є ефективне керування освітленням, яке не лише забезпечує комфорт і зручність, але й сприяє енергозбереженню та зниженню експлуатаційних витрат. Застосування безпроводних сенсорних мереж у цій галузі відкриває нові можливості для створення адаптивних та інтелектуальних систем освітлення.

Проблематика полягає у необхідності розробки структур, які забезпечують надійність, масштабованість та енергоефективність таких мереж. В умовах зростаючої кількості підключених пристроїв та потреби в інтеграції різних технологій виникає потреба у створенні оптимальних рішень, що враховують специфіку експлуатації у житлових приміщеннях.

Дослідження у даній роботі спрямоване на створення структури безпроводної сенсорної мережі для системи smart-керування освітленням будинку. Основна увага приділяється вибору оптимальних технологій зв'язку, розробці алгоритмів взаємодії між сенсорами та виконавчими пристроями, а також забезпеченню надійності та стійкості системи до зовнішніх впливів. Використання сучасних протоколів зв'язку та підходів до організації мереж дозволяє досягти високого рівня інтеграції та адаптивності системи до змінних умов експлуатації.

Актуальність теми зумовлена зростаючим попитом на енергоефективні та інтелектуальні рішення у сфері житлової автоматизації. Розробка таких систем сприяє не лише підвищенню рівня комфорту мешканців, але й робить вагомий внесок у зменшення впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 1

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Концепція «розумного будинку»

Сучасна електрична система типу «Розумний дім» складається з апаратних і програмних компонентів, які автоматизують і управляють електроприладами за певним алгоритмом.

Ці високотехнологічні системи мають безліч функцій, включаючи освітлення, опалення, сигналізацію, відеоспостереження. Інформаційний обмін структуровано між усіма пристроями та підсистемами, що дозволяє створювати заздалегідь запрограмовані сценарії, яким можна слідувати.

Якщо мова йде про інтелектуальну систему освітлення, то її реалізація дозволить створювати сценарії освітлення в будинку в залежності від бажань і потреб користувача. «Розумне» освітлення – це система освітлення, яка автоматично вмикається та вимикається, коли люди входять або виходять з кімнат. Метою системи опалення є підтримання певної температури в кожній кімнаті чи окремій кімнаті, а також динамічна зміна з часом.

Технологія розумного дому також відома як домашня автоматизація, але вже давно вийшла за межі цього поняття і перейшла у розряд систем Інтернету речей. Ця технологія забезпечує власникам будинків безпеку, комфорт, зручність та енергоефективність. Сьогодні смартфони або інші пристрої, підключені до єдиної інформаційної мережі використовуються для керування цими пристроями; технологія зазвичай реалізується через програму розумного дому на комп'ютерах чи інших пристроях. Об'єднання пристроїв в єдину систему та їх «інтелектуалізація», яка передбачає додавання до них датчиків і комунікаційних пристроїв, дає змогу повною мірою реалізувати концепцію Інтернету речей (IoT). Це полегшує координацію роботи розумних будинків,

обмін даними щодо споживання та поточного режиму роботи, а також керування автоматикою на основі вподобань домовласників.

У наш час розумний будинок використовує чимало сучасних технологій. Смарт-телевізори, які підключені до Інтернету та можуть отримувати доступ до вмісту через програми, включаючи потокове відео та музику. Також вони мають можливості розпізнавати голосові команди та жести. Інтелектуальні системи освітлення, такі як система Hue від Philips Lighting, можуть розпізнавати присутність мешканців у кімнатах і змінювати освітлення залежно від ситуації. Розумні лампочки також можуть змінювати параметри освітлення в залежності від освітленості навколо. Розумні термостати, такі як Nest від Nest Labs Inc., використовують вбудований Wi-Fi і можуть здійснювати планування, контроль та дистанційний моніторинг температури вдома. Ці пристрої також здатні навчатися самостійно та адаптуватися до поведінки, уподобань і можливостей домовласника. Розумні термостати також можуть повідомляти користувачу кількість спожитої енергії як попереджувальне повідомлення.

Однією з найбільш відомих переваг розумного будинку є надання власнику інформації про будинок, а також можливість дистанційного спостереження та контролю за підсистемами будинку. Потенціал дистанційного керування дозволяє користувачеві, наприклад, запрограмувати відкриття дверей гаража, освітлення, опалення, прилади для кухні або відтворення музики в певний час. Розумний будинок також надає незаперечні переваги для людей похилого віку, адже вона підвищує рівень безпеки та комфорту для літніх людей.

Впровадження таких систем також відіграє певну роль у досягненні енергоефективності. Наприклад, замість того, щоб цілий день контролювати роботу кондиціонера, очищувача чи зволожувача повітря, інтелектуальна система розумного дому відстежує температуру повітря та іншу актуальну інформацію щодо мікроклімату та в певний час вмикає пристрої, пов'язані з кліматом. Завдяки «розумній» системі поливу газон буде зрошуватися лише за

потреби, буде забезпечено точну кількість води та мінеральних речовин. Тож система розумного будинку сприяє ефективному використанню електроенергії, води та інших ресурсів, що призводить до економії як природних ресурсів, так і грошей для споживача.

Недоліком розумних будівель є складність конструкції, високотехнологічна складова, інформаційно-комунікаційна насиченість, висока вартість. Деяким людям важко вивчати сучасні технології або вони відмовляються ними користуватися через певний дискомфорт. Виробники розумних будинків намагаються зменшити складність використання і покращити взаємодію з користувачем, щоб зробити свою продукцію зручною та корисною для різних типів користувачів.

Технічне впровадження, розробка та широке впровадження систем домашньої автоматизації залежить від вимог щодо забезпечення технічної уніфікованості, стандартів і протоколів. Пристрої повинні бути сумісними, незалежно від виробника, використовувати однакові протоколи зв'язку або мати сумісний інтерфейс. Оскільки це відносно молодий ринок, наразі не існує єдиного універсального стандарту для домашньої автоматизації. Проте провідні сучасні корпорації співпрацюють одна з одною та намагаються забезпечити сумісність протоколів і технічних рішень.

Іншою важливою складовою впровадження систем домашньої автоматизації є захист даних. Соціологічні дослідження 2021 року показали, що 80% американських споживачів стурбовані безпекою даних свого розумного будинку. У разі фальсифікованої спроби злому та несанкціонованого доступу до системи розумного дому зловмисники теоретично можуть вимкнути світло та сповіщення, відкрити двері та залишити будинок без нагляду. Крім того, хакер може отримати доступ до особистої інформації власника будинку.

Незважаючи на те, що виробники пристроїв і платформ розумного дому можуть використовувати дані споживачів, щоб покращити дизайн своїх

продуктів або надати нові послуги, довіра та прозорість життєво важливі для виробників, щоб залучити нових клієнтів.

Сьогодні значної популярності набувають протоколи для домашньої автоматизації Zigbee і Z-Wave. Обидва ці протоколи використовують мережеві принципи та малопотужні радіосигнали для підключення розумних будинків. Незважаючи на те, що обидва протоколи націлені на одні й ті самі програми для розумного дому, Z-Wave має максимальний радіус дії 30 метрів, а Zigbee — 10 метрів, причому багато спеціалістів вважають протокол Zigbee більш складним. Тим не менше мікросхеми Zigbee поширені в багатьох компаніях, а мікросхеми Z-Wave виробляє лише Sigma Designs.

Усі компоненти системи розумного будинку знаходяться під керуванням головного контролера, який часто називають концентратором розумного будинку або хабом. Хаб — це пристрій, який функціонує як центральний компонент системи розумного будинку та здатний приймати, обробляти інформацію та забезпечувати бездротовий зв'язок між пристроями. Він об'єднує всі підпрограми в єдину програму, призначену для домовласників, якою можна керувати з віддаленого місця. Приклади розумних домашніх центрів включають Amazon'sEcho, Google Home, Insteon Hub Pro, Samsung SmartThings і Wink's Hub.

У базових сценаріях розумного будинку події можна планувати або ініціювати. Заплановані події залежать від часу (наприклад, штора опуститься о 18:00), а події, що запускаються, залежать від дій в автоматизованій системі (наприклад, коли мобільний телефон власника наближається до під'їзду, смарт-замок відключається та вмикається розумне освітлення).

Зростаюча популярність машинного навчання та штучного інтелекту в розумних будинках спричиняє зростання популярності програмного забезпечення для домашньої автоматизації. Наприклад, Amazon Echo або Google Home мають системи голосової підтримки та активації, які містять віртуальних помічників, які навчаються та персоналізують розумний дім на основі вподобань, поведінки та спілкування мешканців.

1.2. Класифікація систем адаптивного освітлення

Управління освітленням великих споруд є складним завданням, що передбачає досить складний алгоритм роботи, особливо щодо наявності жалюзі, різних типів ламп, архітектурних особливостей будівель, географічного положення, погодних умов, сезонності тощо. Адаптивні системи освітлення можуть зменшити витрати на електроенергію шляхом зменшення кількості штучного освітлення, що використовується в денний час і в приміщеннях, де немає користувачів. Окремим кроком є інтеграція природного та штучного освітлення в автоматизовану систему. Природне освітлення постійно змінюється, навіть у фіксованому місці, інтенсивність сонячного світла змінюється протягом дня, погодні умови, пори року тощо. Щоб забезпечити необхідний рівень інтелектуалізації системи потрібно контролювати наявний рівень освітлення, а потім визначити відповідне штучне освітлення на основі рівномірності освітлення і уникнення надмірно яскравого світла (або відблисків). В результаті система освітлення складається з двох взаємодіючих частин: контролера природного світла та контролера штучного освітлення. Цілі цих двох модулів відрізняються, а їх комбінація забезпечує комфортні умови проживання та зменшує споживання електроенергії. Автоматизація та балансування керування системою освітлення є ефективними заходами, що гарантують стабільне, потужне освітлення в офісах при мінімальній споживанні енергії.

Для забезпечення економії електричної енергії використовується автоматизація системи керування. Добре налагоджена система інтелектуального освітлення може бути ефективнішою, ніж та, яка заснована виключно на ручному управлінні. Однак для того, щоб система освітлення могла самостійно приймати рішення щодо режимів роботи, вона повинна мати для цього необхідні дані. Первинні дані для системи прийняття рішень отримують із датчиків. Мережа інтелектуальних лампочок, якими керують

датчики, може відслідковувати зміни навколишнього середовища та інтерпретувати ці зміни, щоб змінити свій режим роботи для підтримання необхідного рівня енергоефективності та комфорту.

1.2.1 Контроль присутності у приміщенні

Контроль присутності є одним із найпопулярніших методів керування освітленням, що використовується в сучасних будівлях. По суті, це дозволяє автоматично зменшувати або вимикати світло, коли в певному просторі немає руху або людської діяльності протягом встановленого періоду часу. Як тільки рух розпізнається, освітлення автоматично вмикається або вимикається на основі попередньо запрограмованих сценаріїв. Присутність людини у приміщенні відстежується за допомогою датчиків руху, які використовують інфрачервоне, ультразвукове або мікрохвильове випромінювання. Кількість датчиків, які слід розмістити в певному приміщенні, щоб забезпечити систему освітлення правильною інформацією, залежить від розміру та типу приміщення, а також від необхідної точності регулювання освітлення. Менш складний сценарій передбачає, що всі лампи працюють узгоджено та забезпечують однаковий рівень інтенсивності світла в усьому просторі, доки людина перебуває в полі зору одного з встановлених датчиків. Деякі складніший сценарій передбачає поділ простору на кілька окремих зон освітлення, кожна з яких пов'язана з одним або кількома датчиками. Кожного разу, коли в одній із зон розпізнається рух, активується підсвічування цієї конкретної області. Така розподіл території на окремі зони особливо корисна для великих площ із відкритим простором, сходами або довгими доріжками.

Якщо спостерігати за кімнатою праворуч (рис. 1.1), то можна помітити, що освітлена лише її частина. Це пов'язано з тим, що хтось, хто входить у кімнату, проходить її лише для того, щоб дістатися до іншої кімнати, тому немає необхідності активувати все освітлення в цій кімнаті. У цьому випадку активна лише частина світла, і шойно особа залишає кімнату, освітлення

автоматично вимикається. Без поділу простору на зони та зв'язування освітлення з датчиками руху весь простір залишався б постійно освітленим, що призвело б до більшого споживання електроенергії.



Рисунок 1.1 – Поділ приміщення на зони освітлення

Найвигідніший сценарій для енергоефективності – це коли компоненти, що сприймають рух, вбудовані в компоненти освітлення. Це полегшує реагування кожного пристрою незалежно від сигналу датчика. Цей метод є успішним для офісів або інших виробничих підприємств, які мають особливі вимоги до освітлення, кожна робоча станція вважається окремою зоною, яка освітлюється лише тоді, коли хтось присутній на робочому місці.

Відстеження присутності є успішною стратегією для зменшення витрат на енергію та освітлення. Як наслідок, датчики часто є обов'язковими у комерційному будівництві. Потенційна економія, пов'язана з цією системою, в основному залежить від типу приміщень. Співробітники отримують найбільшу вигоду в місцях, де вони працюють епізодично, наприклад, у класах або офісах. Однак у більшості комерційних установок таким чином можна досягти зменшення витрат на освітлення приблизно на 20-30%.

Принцип визначення присутності однаковий як для дротових, так і для бездротових систем регулювання освітлення. Використання бездротових технологій дозволяє суттєво скоротити час, необхідний для встановлення

мережі датчиків, а також зменшити відповідні трудозатрати. Крім того, перевагою є відсутність необхідності фізичного розміщення кабелів. Щодо питання живлення бездротових датчиків слід згадати можливість бездротового з'єднання Bluetooth LE, яке підтримує принцип «сонних вузлів», які проводять більшу частину свого часу в режимі очікування та пробуджуються лише за запитами про ідентифікацію. Такий тип інтелектуального освітлення може працювати роками, не вимагаючи нових батарей.

1.2.2 Адаптивне освітлення

Бездротова технологія забезпечує велику гнучкість у підтримці системи адаптивного освітлення. Щоб підвищити ефективність своєї роботи, система освітлення повинна пристосовуватися до вимог своїх користувачів, умов використання, змін у структурі та нормативних актах, ручних налаштувань тощо. У ручному режимі користувач може змінювати ступінь освітленості, режими перемикання або відключення світла. У розумній системі освітлення їх можна змінити всього за кілька секунд за допомогою програми на смартфоні.

1.3. Огляд апаратних платформ для керування освітленням

У відкритому доступі існує кілька досить популярних проектів з відкритим кодом для реалізації системи адаптивного освітлення. У якості основи таких систем зазвичай використовують найпопулярніші мікропроцесорні платформи: Arduino, Raspberry Pi, NooLite та інші. Ці плати забезпечують легку взаємодію з додатковими апаратними модулями, які і реалізують основні функціональні можливості.

1.3.1 Мікропроцесорна платформа Arduino

Arduino — це недорога електронна система з відкритою архітектурою, вона проста у використанні та має зручний інтерфейс. Плати Arduino (рис. 1.2) здатні обробляти сигнали датчиків, команди з клавіатури та навіть опрацьовувати повідомлення через веб-сайт. Реакцією системи може бути запуск двигуна, активація світлодіодів та інших механічних компонентів. Щоб досягти цього, операційна логіка повинна складатися з невеликих комп'ютерних інструкцій, які призначені для послідовного виконання. Команди та інструкції реалізуються за допомогою C-подібної мови програмування і програмного забезпечення Arduino IDE.

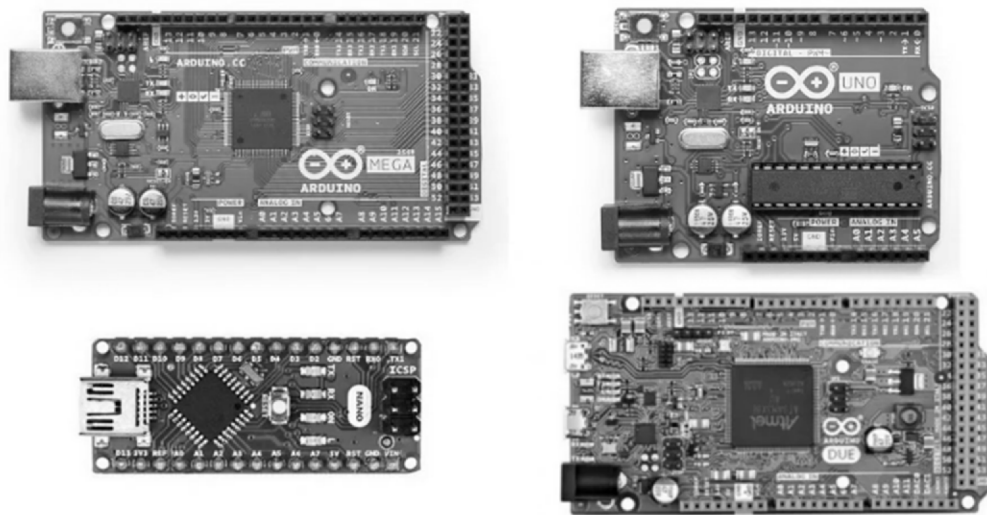


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд різноманітних плати Arduino

Завдяки своєму простому та зручному інтерфейсу Arduino стає все більш популярним не лише серед любителів, але й для професіоналів. Програмне забезпечення Arduino є простим для початку роботи та легким для розуміння, але воно також є гнучким та достатньо потужним для більш досвідчених користувачів. Програма адаптована до різних операційних систем – Mac, Windows і Linux. Стенди на основі Arduino стали популярними в освітній сфері навчальних закладів – студенти та викладачі використовують їх для створення простих наукових приладів, проектів і досліджень. Дизайнери та архітектори

створюють прототипи дизайну, які є інтерактивними, музиканти та художники використовують його для здійснення експериментів з новими музичними інструментами.

1.3.2 Мікрокомп'ютер Raspberry Pi

Raspberry Pi — це недорогий мініатюрний комп'ютер, який має невеликі розміри (майже такого ж розміру, як кредитна картка) і має інтерфейси для під'єднання до дисплея (комп'ютерного монітора або телевізора), стандартної клавіатури або миші (рис. 1.3). Це універсальний і потужний пристрій, який полегшує різноманітні обчислення. Програмування на Raspberry Pi реалізується такими мовами, як Scratch і Python. Функціональність цього пристрою подібна до функції звичайного персонального комп'ютера, включаючи можливість перегляду, редагування та відображення документів за допомогою електронних засобів, Інтернету, відеоігор та інших ресурсів.

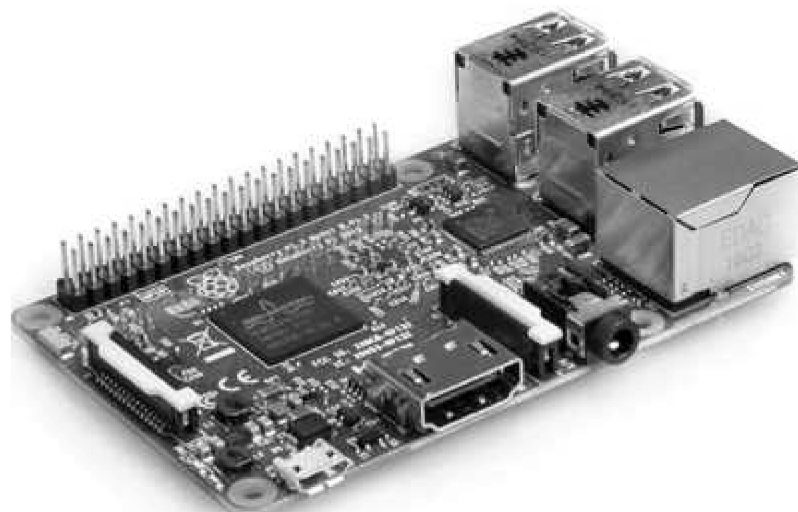


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Raspberry Pi зазвичай використовується в проектах автоматизації, які мають дещо складніші алгоритми і опрацьовують не лише сигнали, але і дані [13].

1.3.3 Радіосистема віддаленого керування NooLite

Радіосистема керування NooLite (рис. 1.4) – бюджетна технологія розумного дому, популярна завдяки своїй доступності. Система радіоуправління NooLite складається з одного чи декількох радіопередавачів і радіоприймачів. Використання цієї системи не обмежується необхідністю прокладання електричних кабелів: контролер NooLite можна розташувати на будь-якій поверхні, яка не впливає негативно на сигнал. Основною перевагою системи радіоуправління NooLite є можливість керування усіма функціональними системами з будь-якого місця.

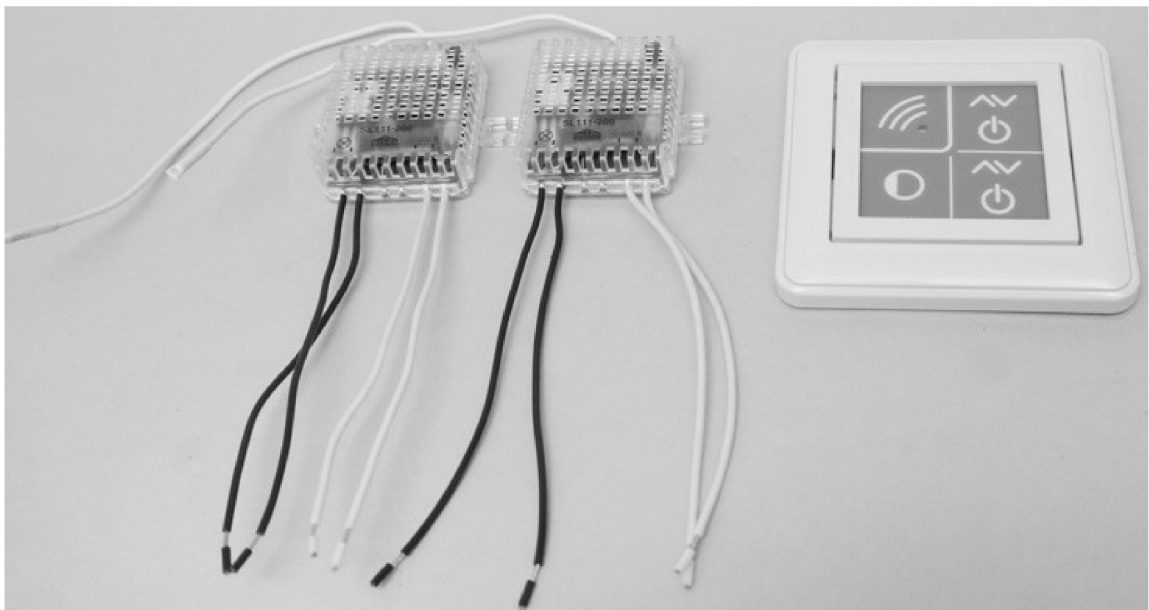


Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд радіосистеми віддаленого керування NooLite

Система радіоуправління NooLite є чудовою альтернативою традиційним перемикачам, адже усі елементи системи також працюють без проводів. Таким чином можна підсумувати, що NooLite надає користувачам ряд суттєвих переваг та може динамічно адаптуватись під потреби користувача, водночас вартість такого обладнання суттєво більша ніж у інших розглянутих мікропроцесорних систем.

1.4 Постановка задачі кваліфікаційної роботи

За 2021 рік, в Україні на потреби населення було спрямовано 29,5% електроенергії, на комунально-побутові потреби – 12,7%, що становить 35,4 млн. грн. кВт-год та 15,24 млн кВт-год відповідно. Зі збільшенням кількості та потужності електронного обладнання питання зменшення витрат енергії стає всебільш актуальним. У невеликих компаніях, школах і житлових районах більша частина електроенергії використовується для освітлення.

Найефективнішим рішенням такого роду проблем є автоматизація освітлення. Залежно від типу території можна розглянути кілька варіантів автоматизації освітлення. Так встановлення автоматичних світлових датчиків, які можуть передавати сигнал для ввімкнення або вимкнення ламп, ліхтарів та інших освітлювальних приладів залежно від ступеня освітлення навколо них. Ефективне обладнання після встановлення працює без допомоги людини.

Використання датчиків, які можуть контролювати присутність людини в кімнаті і таким чином активувати або деактивувати освітлення у визначених зонах забезпечить автоматичне вимикання світла в місцях, які не зайняті або неактивні. Ці системи є повністю автоматичними, оскільки вони складаються з датчиків, контролерів і процесорів, які приймають встановлені індикатори та вирішують, як активувати чи деактивувати освітлення у відповідних зонах.

Використання такого типу системи дозволяє значно економити електроенергію. Використання датчиків освітлення знижує кількість збереженої електроенергії на 10-20%, застосування датчиків присутності зменшує кількість збереженої енергії на 15-25%, а система адаптивного освітлення зменшує споживання енергії на освітлення на 35-45%.

Таким чином, метою кваліфікаційної роботи є створення розумної інформаційної системи адаптивного освітлення, яка враховує рівень природного освітлення та присутність людей, а також підтримує візуальний контроль та надає можливість переходу до ручного керування освітленням.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СИСТЕМИ SMART-КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

2.1 Класифікація та принцип дії датчиків освітленості та присутності

Датчик рівня освітленості – це пасивний компонент, який перетворює світлову енергію з видимого або інфрачервоного спектру в електричний сигнал. Датчики світла більш відомі як фотоелектричні елементи або фотосенсори, оскільки вони перетворюють світлову енергію (фотони) в електрони.

Датчик світла виробляє електричний сигнал, який вказує на інтенсивність світла, фіксуючи енергію випромінювання у вузькому діапазоні частот, який лежить в межах від інфрачервоного до ультрафіолетового спектру. За принципом дії їх також можна розділити на декілька груп.

Фотоемісійні пристрої (фотоди) вивільняють електрони зі світлочутливого матеріалу, такого як цезій, коли на них падають фотони світла з певною енергією. Кількість енергії, яку передають фотони, залежить від їх частоти. Чим вища частота, тим більша кількість енергії перетворюється зі світла в електрику.

Фотопровідні пристрої змінюють свої електричні властивості під час освітлення. Фотопровідність виникає внаслідок попадання світла на напівпровідниковий матеріал, який потім контролює потік електрики через себе. У результаті більша інтенсивність світла збільшує силу струму через дану прикладену напругу. Найпоширенішим матеріалом, який використовують у фотопровідних сенсорах є сульфід кадмію, саме він найчастіше використовується в комірках LDR.

Фотоелектричні пристрої виробляють ЕРС, пропорційну загальній енергії отриманого світла (подібний ефект до фотопровідності). Світлова енергія поглинається двома різними напівпровідниковими сполуками, що призводить до напруги близько 0,5 В. Найпоширенішим матеріалом, який використовується у фотоелектричній техніці, є селен, який міститься в сонячних елементах.

Датчик присутності – це пристрій виявлення руху, який використовується для визначення присутності людини. Такі датчики використовують інфрачервоні, ультразвукові, мікрохвильові та інші методи. Цей термін охоплює такі пристрої, як PIR-камери, електронні клавіатури та розумні лічильники. Датчики присутності часто використовуються для економії енергії, забезпечення автоматизованого контролю та дотримання будівельних норм.

До різних типів датчиків, які безпосередньо або ж опосередковано визначають присутність людини входять багато різноманітних груп.

PIR-датчики (пасивні інфрачервоні датчики) вимірюють різницю температур шляхом спостереження інфрачервоного випромінювання. Всередині пристрою міститься піроелектричний датчик, який здатний розпізнавати наявність об'єктів, температура яких відрізняється від фонові температури, наприклад людей.

Датчики навколишнього середовища, такі як датчики температури, вологості та CO₂, які розпізнають зміни в навколишньому середовищі, спричинені життєдіяльністю людини.

Ультразвукові датчики подібні до класичних радарів. Вони використовують частоту порядку 2 ГГц та працюють за принципом доплерівського зсуву. Ультразвуковий датчик генерує високочастотні звукові хвилі, які відбиватимуться від певної просторової області, а потім аналізує відгук. Якщо відображений шаблон постійно змінюватиметься то датчик фіксуватиме рух у приміщенні. А якщо зафіксований відбитий сигнал

залишатиметься певний час без змін, то датчик вважатиме, що рух у приміщенні відсутній.

Подібно до ультразвукового датчика, мікрохвильовий датчик також використовує принцип зсуву частоти Доплера. Мікрохвильовий датчик буде створювати високочастотні мікрохвилі поблизу та спостерігати за їх відображенням. Якщо відбитий сигнал постійно змінюватиметься то датчик сигналізуватиме про наявність руху у приміщенні. Якщо зміна відбитого сигналу не спостерігатиметься то і рух у приміщенні відсутній. Мікрохвильовий датчик надзвичайно чутливий і має більший діапазон виявлення, ніж інші датчики.

Картки-ключі часто використовують у системі енергоменеджменту для формального визначення присутності людини у приміщенні. Їх часто використовують у готелях, мішканець повинен вставити свою картку-ключ у слот, щоб увімкнути освітлення та електропостачання.

Сучасні моделі розумних лічильників дозволяють розпізнавати зміни у структурі споживання електроенергії та розпізнавати місце перебування мешканців, тому також можуть бути віднесені у групу датчиків присутності.

2.1.1 Будова та особливості датчика освітленості LM393

Модуль освітленості LM393 (рис. 2.1) призначений для вимірювання інтенсивності світла в різних системах. Вимірювання проводяться за допомогою світлочутливого компонента (фоторезистора), який змінює свою провідність залежно від освітлення.

Доступні два варіанти модулів, різниця лише в кількості виходів (3-контактний і 4-контактний), в останньому наявний додатковий вихід для прямого зчитування фоторезистора (аналоговий вихід), з якого можна отримати напруги в діапазоні від 0...3,3 або 5 В, залежно від напруги джерела живлення датчика.

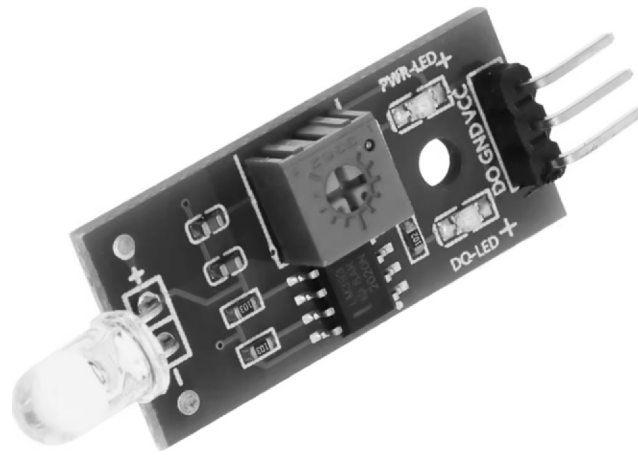


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд датчика освітленості LM393

А сигнал цифрового виходу (логічний нуль або логічна одиниця) можна регулювати за допомогою підстроювального резистора відповідно до задач конкретного проекту. На цифровий вихід датчика може подаватись струм понад 15 мА, це значно спрощує схемотехніку використання модуля та дозволяє працювати з ним без мікроконтролера та підключаючи його безпосередньо до входу твердотільного реле. Принципова схема датчика освітленості на LM393 з 3-ма та 4-ма контактами наведена на рис. нижче (рис. 2.2 та рис. 2.3).

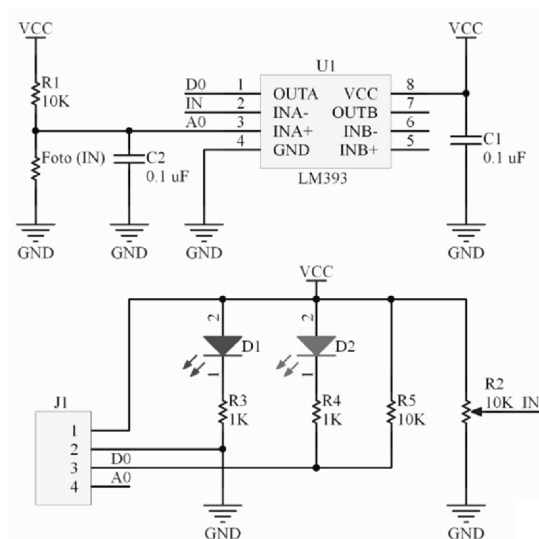


Рисунок 2.2 – Принципова схема модуля освітленості LM393 з 4-ма виводами

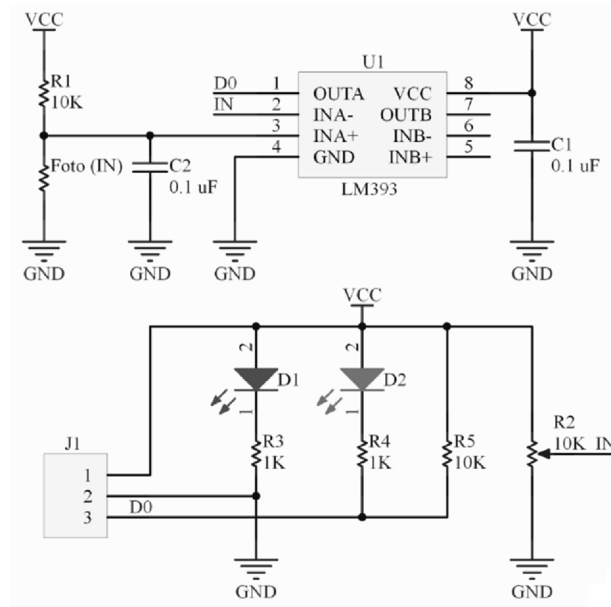


Рисунок 2.3 – Принципова схема модуля освітленості LM393 з 3-ма виводами

2.1.2. Будова та особливості датчика освітленості BH1750

BH1750 — це цифровий датчик освітленості, який зазвичай використовується в мобільних телефонах для зміни яскравості екрана залежно від кількості присутнього світла (рис. 2.4). Цей датчик здатний точно вимірювати яскравість та виразити її значення у системних фізичних одиницях — люксах.

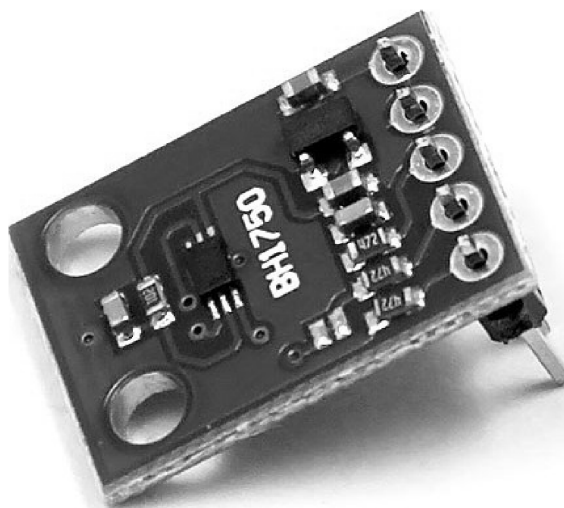


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд датчика освітленості BH1750

Також цей датчик можна використовувати для ввімкнення або вимкнення автомобільних фар залежно від навколишнього середовища. Датчик використовує для зв'язку протокол I²C, який можна зручно використовувати з багатьма мікроконтролерами. Контакти SCL і SDA призначені для підключення датчика до шини I²C. Датчик розроблений для роботи в діапазоні напруги 2,4-3,6 В, а струм споживання не перевищує 0,12 мА. Покази датчика не залежать від виду джерела світла, а вплив ІЧ-спектру випромінювання практично відсутній.

Технічні характеристики ВН1750:

- низьке споживання струму: 0,12 мА;
- похибка вимірювання: $\pm 2\%$;
- діапазон вимірювання: 1-65535 люкс;
- напруга живлення: 2,4-3,6 В (зазвичай 3,0 В);
- протокол зв'язку: шина I²C;
- вбудований цифровий перетворювач для конвертації аналогового сигналу в цифрові дані;
- дуже малий вплив ІЧ-випромінювання.

2.1.3. Будова та особливості датчик присутності HC SR501

Модуль датчика руху PIR складається з серії інфрачервоних датчиків, які змінюють своє положення, щоб сприймати рух через теплове випромінювання людини чи тварини. Коли піроелектричний датчик розпізнає зміну теплового випромінювання він видає сигнал, який потім надсилається на чіп BISS0001. BISS001 — це високоякісна та надійна мікросхема обробки PIR-сигналу з низьким енергоспоживанням, розроблена за технологією CMOS. Після того, як сигнал буде опрацьовано чіпом то вихідний сигнал датчика перейде на високий рівень на встановлений період часу, цей період можна змінити за допомогою змінного опору в цьому модулі.

Всього до датчика підключено два змінних резистори, які використовуються для регулювання чутливості модуля або, загалом, діапазону виявлення модуля, другий використовується для контролю тривалості високого стану PIR модуля після виявив активність.

Модуль має два різних режими роботи, вони позначені «L» і «Н». Режим «L» відомий як режим одноразового запуску. Коли спрацює режим "L", вихідний сигнал збільшиться лише один раз протягом періоду затримки, після чого він залишиться постійним. Незалежно від того, скільки разів об'єкт рухається в межах зони виявлення датчика.

Режим «Н» відомий як режим запуску. Вибравши режим «Н» за допомогою тригера, вихідний сигнал буде зростати стільки разів, скільки об'єкт переміщуватиметься за межі діапазону виявлення датчика, таким чином, відлік затримки часу оновлюватиметься щоразу, коли фіксуватиметься рух.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд датчика руху HC SR501

Характеристики датчика HC SR501:

- широкий діапазон робочої напруги від 4,8 В до 20 В;
- висока надійність;
- регульована затримка вихідного часу;

- низьке споживання енергії в режимі очікування лише 50 мкА та 65 мА у активному режимі;
- регульована чутливість або відстань виявлення;
- можливість безпосереднього керування периферійним обладнанням;
- діапазон виявлення до 7 метрів або більше;
- кут огляду 120 градусів;
- простий зв'язок із більшістю мікропроцесорів та мікроконтролерів;
- низька вартість.

2.2 Класифікація систем контролю освітлення

2.2.1. Система контролю місцевого освітлення

Системи адаптивного освітлення можна класифікувати на два різновиди: системи місцевого та загального освітлення. Місцеве освітлення використовується для зон, призначених для роботи, і приміщень, призначених для неї, наприклад місця, які потребують більшого освітлення. Ці типи систем зазвичай прості, оскільки для них потрібне лише одне або декілька джерел світла. Створення та встановлення системи локального адаптивного освітлення є важливою задачею в разі частого використання робочого місця. Цей тип системи може бути побудований з датчиком світла (або присутності) і компонентом обробки даних (рис 2.6).

Зв'язок між компонентами системи можна забезпечити за допомогою дротового з'єднання, наприклад за допомогою протоколу RS-485 та кабелю UTP5. Оскільки компоненти цієї системи розташовані поруч один з одним, це з'єднання матиме вищу швидкість і менше помилок при надсиланні сигналів.

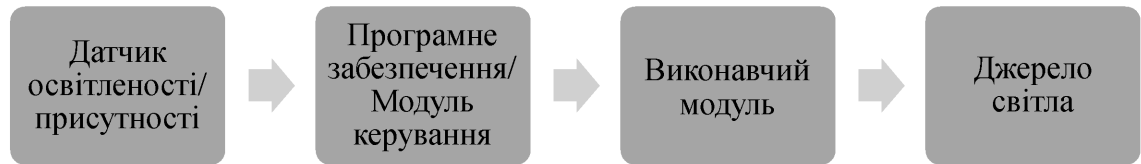


Рисунок 2.6 – Структурна схема найпростішої інтелектуальної системи регулювання місцевого освітлення

2.2.2. Система контролю загального освітлення

Можлива сфера використання систем адаптивного управління освітленням значно ширша за систему локального освітлення, вона охоплює більшу площу, ніж саме приміщення. Загальне освітлення використовується в житлових, навчальних, робочих та офісних приміщеннях тощо. Інтелектуальне керування таким освітленням є обов'язковим для економії електроенергії. Цей тип системи включатиме датчики освітлення та датчики присутності, мережевий компонент, контролер, який обробляє інформацію від датчиків і визначає, активувати чи ні освітлення, а також виконавчий компонент (рис. 2.7).

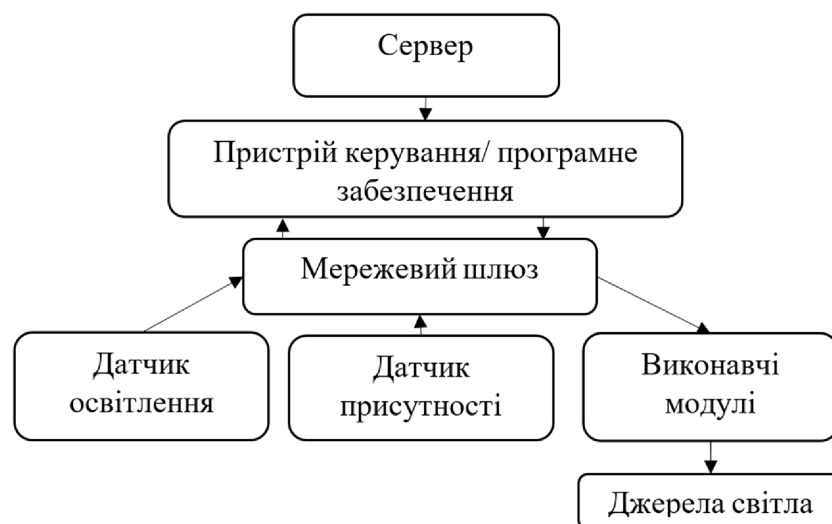


Рисунок 2.7 – Структурна схема інтелектуальної системи регулювання загального освітлення

Кількість компонентів системи залежить від кількості джерел світла. Крім того, ця система може бути побудована з іншою топологією; наприклад, зірка. Однак централізація системи може призвести до збільшення кількості помилок під час передачі сигналів по бездротовій технології.

2.3. Огляд базових типів бездротового зв'язку

Існує декілька підходів до організації зв'язку між компонентами системи адаптивного освітлення, ці підходи можна класифікувати на дві категорії: дротові та бездротові. Кожен тип підключення має переваги і недоліки, тому підключення краще вибирати виходячи з призначення і типу системи.

Протокол RS-485 стосується дротового з'єднання, це протокол для передачі даних через двопровідний, напівдуплексний, послідовний канал зв'язку за допомогою витой пари проводів. Різні властивості сигналу, які є диференціальними, збільшують завадостійкість і відстань, яку можна охопити. Мережа 485 може бути реалізована двома різними способами: «двопровідна» або «чотирипровідна». У «двопровідній» мережі передавач і приймач кожного пристрою з'єднані в перевернуту пару скруток. «Чотиридротові» мережі мають один первинний порт, який зв'язується з передавачем по одній парі проводів. Всі «підпорядковані» передавачі пов'язані з «головним» приймачем на другій додатковій парі скруток. Тільки один пристрій може бути використаний для керування лінією одночасно, тому драйвери повинні бути переведені в режим високого опору, коли вони не використовуються. Бездротове з'єднання також можна створити за допомогою кабелю UTP 5.

Бездротові з'єднання в адаптивних системах управління можуть здійснюватися як за допомогою радіозв'язку, так і за допомогою Wi-Fi. Як правило, один тип зв'язку не може зв'язатися з усіма компонентами системи, тому найефективнішим рішенням буде поєднання радіо та Wi-Fi.

Радіомодуль nRF24L01 або аналогічний йому модуль найбільш ефективний у встановленні радіозв'язку з іншими модулями. nRF24L01 — це однокристальний радіоприймач, який спеціально розроблений для роботи в міжнародному діапазоні ISM 2,4–2,5 ГГц. Компоненти трансивера включають повномасштабний генератор частоти, підсилювач потужності, кристалічний генератор, демодулятор, модулятор і розширений механізм протоколу для Shock Burst. Вихідна потужність, параметри частоти та параметри протоколу легко регулюються за допомогою протоколу SPI. Споживання модуля дуже низьке, лише 9,0 мА при вихідній потужності -6 дБм і 12,3 мА в режимі RX. Вбудовані режими вимкнення та очікування сприяють економії енергії. За допомогою цього радіоприймача можна створити радіомережу будь-якої конструкції (зірка, шина, сітка).

Крім того для зв'язку між датчиками та іншими виконавчими компонентами та контролером (наприклад, Raspberry Pi) можна використовувати Wi-Fi. Він матиме «зіркову» архітектуру з центральним диспетчером посередині, датчиками та виконавчими компонентами — зіркоподібними променями. Wi-Fi також можна використовувати для доступу до Інтернету. Якщо в системі відсутній модуль керування, датчики та виконавчі модулі безпосередньо підключаються до сервера через Інтернет (через Wi-Fi роутер). Це також вважається зіркою, але в центрі вже буде веб-сервер. Інший варіант доступний, коли модуль управління має можливість підключення до Інтернету через Wi-Fi. Для цього потрібен сервер.

Основною перевагою бездротового з'єднання є легкість встановлення та зв'язку між компонентами системи, оскільки компоненти можна встановити на відстані один від одного та все ще обмінюватися даними без втрати сигналу через опір дроту.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА SMART-СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

3.1 Вибір структури системи smart-керування освітленням

Систему розумного освітлення можна розділити на три рівні: високий, середній і низький (рис. 3.1).

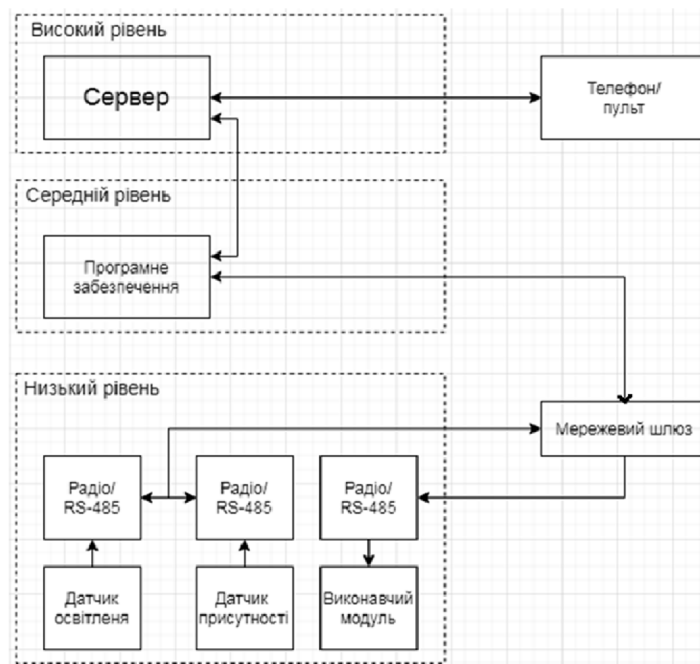


Рисунок 3.1 – Структура системи керування адаптивним освітленням

На нижньому рівні системи функціонують задіяні у проекті датчики і виконавчий модуль. Для передачі у шлюз мережі зібраної інформації про стан освітлення кімнати або присутність людей вони можуть використовувати радіопередавач або ж стандарт RS-485 (стандарт передачі даних по двопровідних, напівдуплексних, послідовних каналах зв'язку). Додатково на виконавчий модуль надходить сигнал зі входу в мережу. Мережевий шлюз

використовується для обслуговування систем низької та середньої дальності. А сам мережевий шлюз функціонує як маршрутизатор.

Середній рівень — це програмне забезпечення на базі мікроконтролера, ПК або Raspberry Pi, яке здатне обробляти сигнали датчиків освітленості та присутності та приймати рішення про вмикання чи вимикання світла. У ролі цього програмного забезпечення можуть використовуватися такі середовища, як OpenHAB, Home Assistant, Majordomo та інші. Програмне середовище середнього рівня отримує сигнал від датчиків освітлення та руху низького рівня через мережевий шлюз, обробляє сигнал відповідно до заданих параметрів і передає команду на реле, яке вмикає або вимикає світло.

Високий рівень системи структурований таким чином: сервер створює програмне середовище, яким можна керувати на відстані, використовуючи мобільний телефон або інший пристрій, який має підключення до Інтернету.

Схема структурних елементів системи інтелектуального освітлення (рис. 3.2) розрахована на одне джерело освітлення, при збільшенні кількості джерел освітлення збільшується також кількість виконавчих елементів і датчиків (в залежності від завдання). Ця структурна схема відповідає трирівневій ієрархії, згаданій вище.

На нижньому рівні системи розташовані датчики присутності, датчик освітленості та реле. Датчик освітленості LM393 обладнано аналоговими та цифровими виходами. Цифровий вихід має потенціометр, яким можна змінювати поріг спрацювання датчика. Паралельно спрацьовує датчик присутності, якщо хтось присутній в контрольованій зоні, дані з датчиків передаються через мережевий порт на середній рівень системи. На середньому рівні системи використовується ПК із встановленим середовищем OpenHUB, програма приймає рішення про рівень освітлення, який доцільно підтримувати на об'єкті. Найбільш ефективним рішенням буде розташувати систему так, щоб для ручного включення освітлення була необхідна присутність людини в контрольованій зоні.

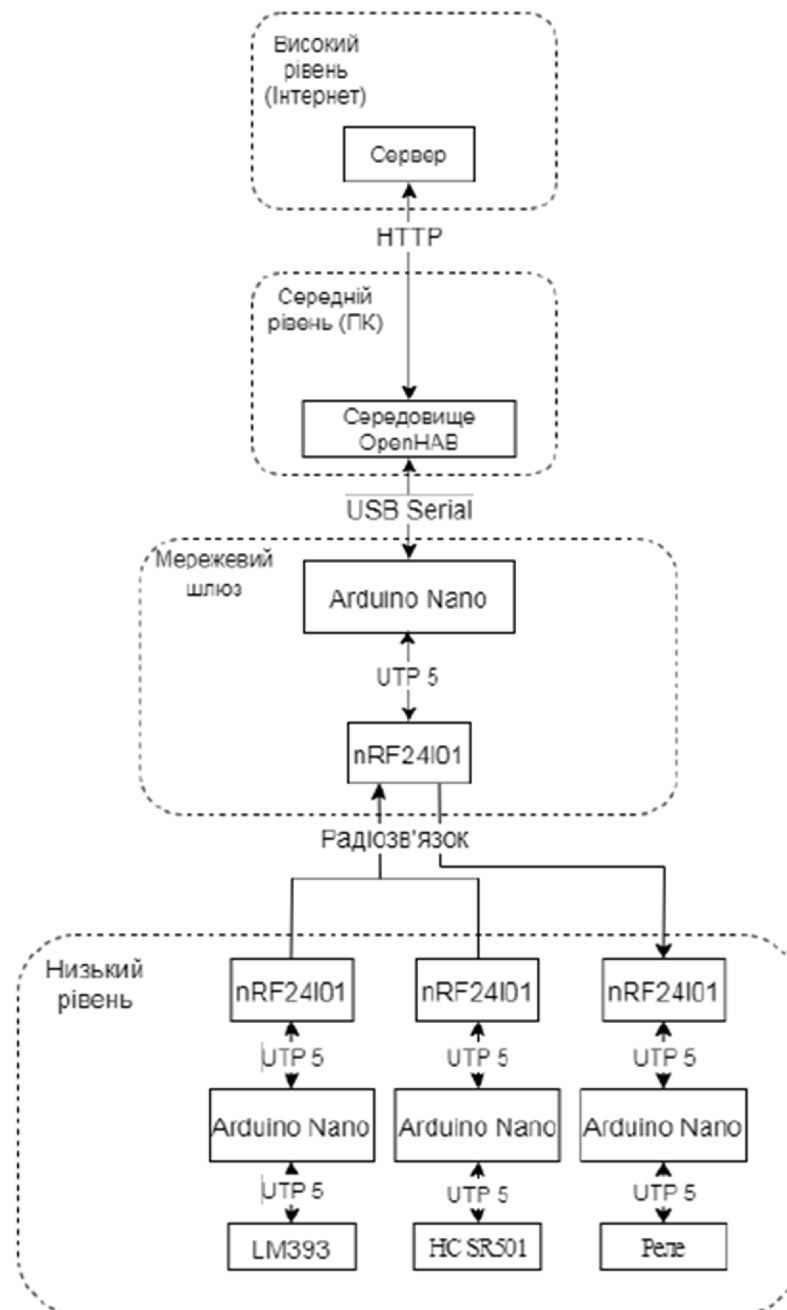


Рисунок 3.2 – Базова структурна схема системи smart-керування освітленням

Функцію бездротової передачі даних між рівнями виконує радіомодуль nRF24101 – це найпростіший і економічний модуль-приймач, який суміщений з декількома процесорами. Він використовує діапазон частот 2,4 ГГц і може працювати на швидкості передачі від 250 Кбіт/с до 2 Мбіт/с. Якщо використовувати його на відкритому просторі та з мінімальною швидкістю передачі, його відстань може досягати 100 метрів. Модуль може працювати на 125 різних каналах зв'язку, що дозволяє створити мережу з 125 окремих

робочих модемів в одному місці. Кожен канал може мати до 6 адрес, або кожен пристрій може спілкуватися з 6 іншими пристроями одночасно. Середнє споживання електроенергії цим модулем становить приблизно 12 мА під час передачі. Цей показник навіть менший, ніж споживання електроенергії одним світлодіодом. Необхідна для роботи модуля напруга живлення становить від 1,9 до 3,6 В, але позитивним аспектом є те, що логічний рівень цього модуля становить 5 В, тому ми можемо легко підключити модуль до Arduino без використання перетворювача логічного рівня.

Система адаптивного керування освітленням розумного будинку розроблена для використання комбінованого стилю зв'язку та комбінованого методу зв'язку між структурними елементами. На нижчому рівні використовується зіркоподібний дизайн мережі, який походить від стандарту RS-485, цей дизайн складається з провідника, який забезпечує надійність, високу швидкість передачі даних і стійкість до перешкод.

3.2 Вибір середовища розгортання системи smart-керування освітленням

3.2.1 Платформа OpenHAB

Сьогодні на ринку доступно чимало пристроїв домашньої автоматизації та пристроїв Інтернету речей (IoT), кожен із цих пристроїв може функціонувати самостійно, або ж інтегруватись у єдину структуру. Кожен пристрій має власний спосіб встановлення та налаштування і ідеально підходять для своїх задач.

Проблема з різноманіттям усіх цих пристроїв та систем полягає в тому, що виробник визначає варіанти їх використання, але у користувача часто виникають якісь унікальні потреби або побажання, які вимагають додаткового налаштування пристрою. Програмна платформа openHAB усуває цей недолік.

Програма функціонує як центр управління усіх елементів розумного будинку та дозволяє системам спілкуватися одна з одною через різноманітні канали зв'язку.

За допомогою openHAB користувач може налаштувати рівні конфіденційності або ж обмежити доступ якогось сервісу до тої чи іншої інформації. Крім того користувач може повністю блокувати віддалений доступ. Тоді усі дії відбуватимуться у інтрамережі й навіть не потребуватимуть підключення до Інтернету. Ось чому дану платформу можна віднести до елементів Інтернету речей.

OpenHAB не намагається замінити існуючі рішення, натомість він прагне вдосконалити їх. Програму можна розглядати як комбінацію кількох систем. У результаті очікується, що підсистеми будуть налаштовані та заповнені незалежно від OpenHAB, часто це дуже специфічний і складний процес (включно з процесом «з'єднання», прямих підключень пристроїв тощо). Натомість OpenHAB зосереджується на аспектах «загального використання» пристроїв і використовує переваги самих пристроїв.

Основною сутністю платформи openHAB є «суб'єкт» — це функціональний компонент найнижчого рівня, який орієнтований на дані, або «здатність». Платформа openHAB не цікавиться ступенем зв'язку елемента з фізичним пристроєм чи «віртуальним» джерелом, таким як веб-служба чи результат обчислення. Усі функції платформи openHAB використовують концепцію «item», яка означає, що ви не знайдете жодних посилань на конкретні пристрої (наприклад, IP-адреси, ідентифікатори тощо). Це полегшує заміну однієї техніки іншою без зміни правил чи інтерфейсу користувача.

Одним із найважливіших компонентів архітектури openHAB є її модульний дизайн (рис. 3.3). Додавати нові функції можна просто комбінуючі відповідні віджети. Саме такий модульний підхід і призвів до значного збільшення активної спільноти openHAB. Багато учасників зробили свій внесок у загальний розвиток продукту.

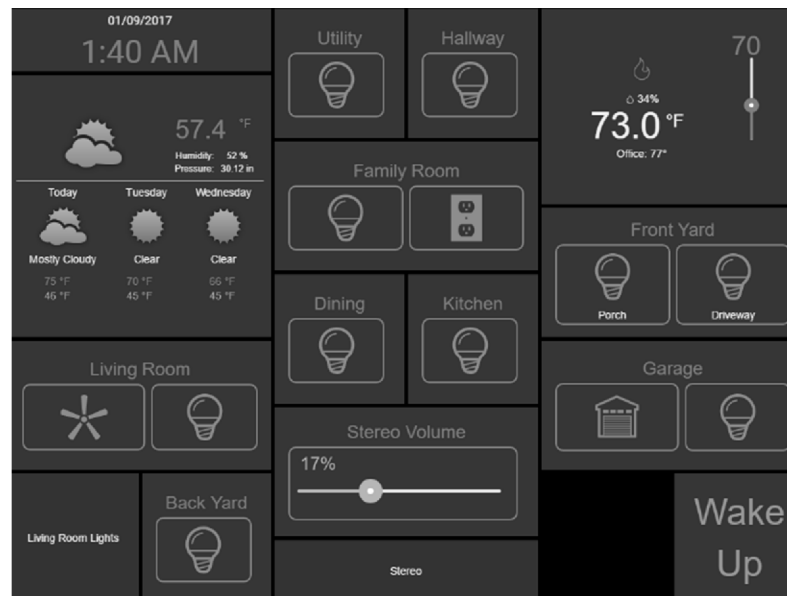


Рисунок 3.2 – Приклад інтерфейсу системи інтелектуального управління освітленням

3.2.2 Платформа Home Assistant

Home Assistant — це безкоштовне програмне забезпечення для домашньої автоматизації з відкритим вихідним кодом, яке може стати центром розумного дому. Програмний продукт написано на Python, акцент робиться на локальному нагляді та особистій конфіденційності.

Він вирізняється широким діапазоном підтримуваних пристроїв. Станом на травень 2022 року він підтримує понад 1600 різних плагінів або доповнень, які є модульними та мають системну інтеграцію як частину свого дизайну. Ці компоненти можна комбінувати з іншими технологіями, системами та послугами для створення нових комбінацій. Такі дії, як дистанційне або локальне керування освітленням, кліматом, розважальними системами та приладами, можна виконувати за допомогою автоматизації та сценаріїв, голосових команд, мобільних додатків або безпосередньо через веб-інтерфейс Home Assistant (інтерфейс).

Home Assistant — це розумний домашній контролер, який володіє всіма загальними функціями, які ви очікуєте від платформи домашньої

автоматизації, щодо керування базовими розумними технологіями, вдосконаленою автоматизацією будівель, керуванням системою безпеки та охорони, а також обліком ресурсів (централізовані енергомонітори, а також індивідуальні розумні лічильники) та інші прилади.

Home Assistant реалізований локально як програмне забезпечення та може прямо чи опосередковано підключатися до локальних пристроїв IoT, локальних концентраторів, шлюзів або хмар від багатьох різних постачальників, включаючи інші відкриті чи закриті екосистеми розумного будинку. Він має модульну систему, яка побудована навколо «компонентів інтеграції» (додатків або плагінів), які використовуються для більшості популярних пристроїв Інтернету речей, служб і екосистем, таких як; Amazon Alexa, Apple HomeKit, Bluetooth, ecobee, Google Assistant, Google Cast (Google Chromecast), Google Home та інші.

3.3. Алгоритм роботи системи smart-керування освітленням

Інтелектуальна система освітлення використовує заздалегідь розроблений алгоритм, який відповідає за більшість функціональних можливостей системи (рис. 3.4), який реалізується програмним забезпеченням після встановлення системи.

За допомогою проміжної ланки системи адаптивного освітлення, якою є ПК із встановленим середовищем OpenHUB, можна оцінити стан освітлення та підключення датчиків. Щоб налаштувати та адаптувати систему, першим кроком необхідно встановити максимальний рівень освітлення робочої зони. Ступінь штучного освітлення навчальних приміщень має становити відповідно 150 лк і 300 лк при використанні ламп розжарювання і люмінесцентних ламп. У кабінетах і майстернях, які мають штучне освітлення, рівень освітленості повинен бути відповідно 200-400 лк, 300-500 лк.

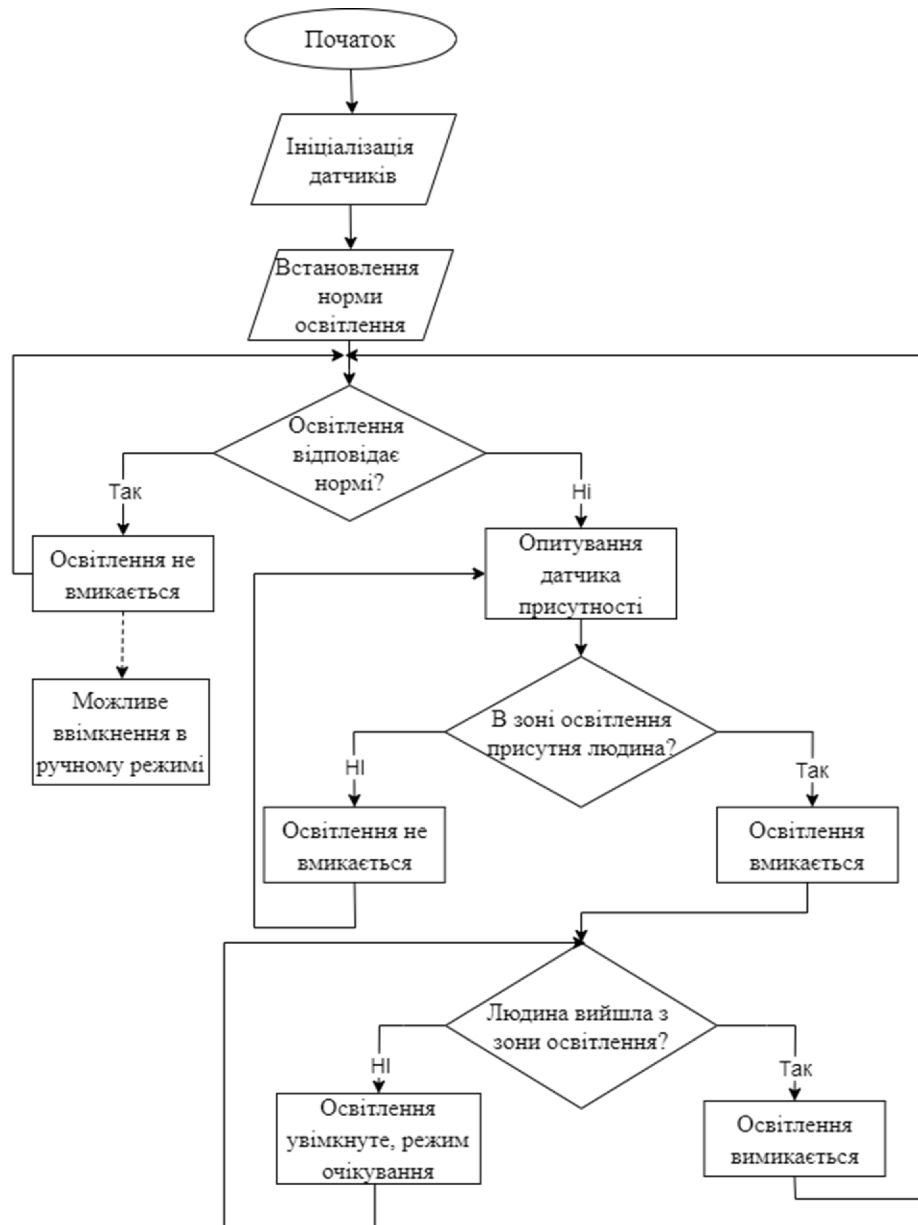


Рисунок 3.4 – Базовий алгоритм роботи програми

Залежно від заданого користувачем рівня освітлення, коли система перевіряє, чи активний датчик освітленості, вона приймає рішення про активацію або деактивацію додаткового штучного освітлення. Якщо робоча зона достатньо освітлена, система не активує або деактивує додаткове освітлення, але запит користувача на його активацію вручну також може бути задоволений. Це передбачено і на середньому рівні системи. Якщо рівень освітлення недостатній, система запитує датчик присутності, якщо хтось знаходиться в зоні дії датчика, спрацює автоматичне освітлення. Після

цього датчик присутності автоматично переходитиме в режим очікування, поки особа не покине освітлювану зону, що, у свою чергу, призведе до вимкнення освітлення. Після цього система перезапускається шляхом повторного опитування датчика освітленості. Для правильної роботи системи всі модулі (показані на структурній схемі) повинні бути реалізовані як блоки для виконання конкретних завдань.

3.4 Програмування взаємодії зі структурними елементами системи

Перед початком процесу програмування системи всі компоненти мають бути налаштовані для зв'язку один з одним. Конфігурація компонентів базується на розглянутих рівнях системи. Усі програмні коди присвячені контролеру, який написаний у спеціальному програмному забезпеченні, яке використовується для управління платформою Arduino. Саме Arduino збиратиме дані з датчиків і передаватиме їх на шлюз мережі, де вони будуть опрацьовуватись. По-перше, необхідно спланувати роботу нижнього рівня системи, для цього необхідно запрограмувати такі компоненти: Arduino і LM393; Arduino і HC-SR501; Arduino та інші компоненти. Після створення коду для керування роботою цих модулів необхідно запрограмувати Arduino та радіомодуль nRF24101 на передачу (найнижчий рівень) і прийом (шлюз для мережі) сигналів.

Розглянемо фрагмент коду, який забезпечує зв'язок між мікроконтролером Arduino та датчиком світла LM393 за допомогою бібліотеки MySensors (Додаток А). Він зчитує рівень освітленості, передає отримані дані на шлюз і забезпечує енергозбереження шляхом переведення пристрою в режим сну. Код починається з підключення бібліотеки MySensors і визначення основних параметрів, таких як ідентифікатор датчика, номер піну для підключення та інтервал сну між зчитуваннями.

У функції `presentation` відбувається реєстрація датчика в мережі та надсилання інформації про ескіз контролеру. Основна логіка міститься у функції `loop`, де зчитується значення рівня освітленості з аналогового піну, перетворюється в цифровий показник і відправляється на шлюз лише за умови, що це значення змінилося. Після кожного циклу виконання функції `loop` Arduino переходить у режим сну на встановлений час для збереження енергії. Цей підхід дозволяє ефективно відстежувати зміни освітленості та економити ресурси.

Розглянемо фрагмент коду, що забезпечує взаємодію Arduino з датчиком руху HC-SR501, використовуючи бібліотеку `MySensors` (Додаток Б). Його основна функція – зчитувати стан датчика руху, передавати дані на шлюз і забезпечувати енергозбереження через режим сну. У коді визначено основні параметри: цифровий вхід, до якого підключено датчик, інтервал сну між перевітками, а також ідентифікатор датчика для передачі даних. У функції `setup` цифровий вхід налаштовується як вхідний сигнал, що дозволяє зчитувати стан датчика руху. У функції `presentation` відбувається реєстрація датчика у системі та передача інформації про ескіз контролеру. У функції `loop` зчитується стан датчика руху (активний чи неактивний) і це значення відправляється на шлюз у вигляді повідомлення. Пристрій переводиться у режим сну до наступного переривання або на встановлений час, що дозволяє зменшити споживання енергії. Завдяки такій структурі код ефективно обробляє сигнали від датчика руху, оновлюючи дані лише за потреби.

Далі розглянемо код, що реалізує управління реле та кнопкою за допомогою Arduino, використовуючи бібліотеку `MySensors` (Додаток В). Він дозволяє управляти станом реле через шлюз або фізичну кнопку, а також зберігати останній стан реле в пам'яті EEPROM для відновлення після перезапуску.

Код починається з визначення пінів для реле та кнопки, а також основних констант (`RELAY_ON`, `RELAY_OFF`) і ідентифікатора датчика. Для обробки натискань кнопки використовується бібліотека `Bounce2`, яка

забезпечує усунення механічного "дзенькоту". У функції setup налаштовується кнопка (вхідний сигнал із внутрішнім підтягувальним резистором), активується обробник "дзенькоту" для кнопки, і перевіряється, щоб реле було вимкнене на початку. Після цього реле переводиться у стан, який було збережено раніше в EEPROM, що дозволяє уникнути небажаних змін після перезавантаження пристрою.

У функції presentation здійснюється реєстрація датчика у мережі та передача інформації про ескіз контролеру. Основна логіка розташована у функції loop, де перевіряється стан кнопки через обробник "дзенькоту". Якщо кнопка натиснута (і її стан змінився), відправляється нове повідомлення зі зміною стану реле.

Функція receive обробляє повідомлення, які надходять від шлюзу. Якщо повідомлення стосується стану реле (V_LIGHT), то його стан змінюється відповідно до отриманого значення, реле перемикається, а новий стан зберігається в EEPROM. Також записується інформація для налагодження, включаючи сенсор і новий статус.

Цей код забезпечує гнучке управління реле через фізичну кнопку або мережу, зберігаючи при цьому енергозбереження та стабільність роботи системи.

У системі адаптивного управління освітленням зв'язок між нижнім рівнем і мережевим шлюзом повинен бути взаємними, оскільки дані від датчиків, розташованих в будинку, і мережі повинні передаватися через мережу на середній рівень, а звідти на нижній рівень (до реле). Щоб формалізувати зв'язок між бездротовими пристроями через радіомодулі NRF24L01, ми можемо спочатку розглядати їх як приймач і передавач. Для реалізації бездротової двосторонньоюнапрявленої передачі даних між модулями Arduino та NRF24L01 слід розробити код для модуля передавача та приймача. Один пристрій відправляє значення кута, зчитане з потенціометра, а інший приймає ці дані й реагує на сигнали, змінюючи стан світлодіода (Додаток Г).

У початковій частині коду підключаються бібліотеки для роботи з модулем nRF24L01 (SPI.h, nRF24L01.h, RF24.h), визначається пін для керування світлодіодом (пін 12) і створюється об'єкт radio для управління модулем nRF24L01. Конфігуруються адреси для передачі та прийому даних у вигляді масиву байтів.

У функції setup налаштовується пін світлодіода як вихідний. Далі ініціалізується модуль nRF24L01: відкриваються труби для передачі та прийому даних, встановлюється рівень потужності сигналу (RF24_PA_MIN) для зменшення енергоспоживання.

У функції loop реалізований цикл передачі й прийому даних. Спочатку модуль переводиться в режим передачі (stopListening), і зчитується аналогове значення з потенціометра через пін A0. Це значення масштабується в діапазон від 0 до 180 (градусів) за допомогою функції map і передається через модуль nRF24L01 за допомогою функції radio.write. Після короткої затримки пристрій переводиться в режим прийому (startListening). Цикл while чекає, поки на приймач не надійдуть дані. Як тільки зчитується значення buttonState, воно перевіряється: якщо значення дорівнює HIGH, світлодіод вмикається; якщо LOW — вимикається.

Цей код демонструє просту організацію передачі та прийому даних між двома пристроями з використанням nRF24L01, забезпечуючи інтерактивну взаємодію через потенціометр і світлодіод.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею

Статична електрика – це сукупність явищ, що пов'язані з виникненням та накопиченням вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектриків або на ізольованих провідниках. Підвищений рівень статичної електрики відноситься до групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Суть електризації полягає в тому, що діелектрики за певних умов стають електрично зарядженими. При цьому заряди не виникають і не зникають, а переходять з одного електризованого тіла на інше, накопичуються на поверхнях їх стикання чи переміщуються в межах одного й того ж тіла. Статична електрика може з'являтися на тілах і через індукцію, тобто через взаємодію на відстані.

Наслідки спричинені електризацією, свідчать про необхідність здійснення заходів щодо попередження небезпечної і шкідливої дії статичної електрики на організм людини.

Якщо напруженість електричного поля перевищує електричну міцність середовища (повітря), то відбувається розряд статичної електрики. Основною причиною, що характеризує здатність різних матеріалів проводити струм, а також визначає їх здатність до електризації, є питомий електричний опір (Ом·м).

Умовно прийнято, що при питомому електричному опорі речовин і матеріалів порядку менше 10 Ом·м заряди не накопичують і безпеки не являють. Якщо ж опір високий і велика швидкість відриву поверхні, то заряди

зберігаються. Величина зарядів визначається природою матеріалу і швидкістю розділення поверхонь, тобто інтенсивністю технологічного процесу.

Розряди статичної електрики являються одними з можливих імпульсів спалахування і вибухів, що зв'язано, у першу чергу, із застосуванням сильно електризуючих речовин і матеріалів (горючі рідини, пил органічного походження). Електризація рідин приводить до спалахування і вибухів втрое частіше, ніж електризація дрібнодисперсних матеріалів, оскільки мінімальна енергія запалювання пилово-вітряних сумішей з 10...100 раз менше. При протіканні рідин величина заряду залежить від діелектричної сталої, її забрудненості, шорсткості стінок, швидкості протікання і діаметра труб.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів повинен здійснюватись в двох напрямках: усунення електричних зарядів або зменшення їх до безпечних величин.

Статична електрика усувається: заміною горючих середовищ негорючими (для промивання ємкостей, трубопроводів, наприклад замість бензину, гасу слід використовувати пожежебезпечні розчинники з підтриманням концентрації горючих речовин за межами вибуховості); нанесенням на діелектричне устаткування електропровідних покриттів; відведенням зарядів від людей у виробництвах, де існує небезпека спалаху горючих сумішей розрядом з людини; зволоженням навколишнього середовища, якщо це допускається за умовами технологічного процесу. Якщо це неможливо, то може застосовуватись місцеве зволоження, шляхом направлення розпилюючого струменя на поверхні, з яких необхідно відвести статичні заряди; забезпеченням проявів заряду в тих місцях, де немає горючого і вибухонебезпечного середовища; збільшенням, об'ємної і поверхневої провідності діелектриків, які використовують для транспортування і зберігання рідин; іонізацією повітря індукційними, високовольтними, радіоактивними і комбінованими нейтралізаторами. Вибір кожного типу нейтралізатора проводиться з урахуванням середовища і характеристик іонізаторів; зміненням технологічного процесу з метою

усунення причин, що сприяють появі електризації; заземлення обладнання. Заземлення обладнання – один з важливих і обов'язкових заходів до захисту від статичної електрики.

Звичайні заземлюючі пристрої для захисту від розрядів статичної електрики об'єднують із заземлюючими пристроями для електрообладнання. Заземлення повинно бути здійснене тільки паралельним приєднанням захисного обладнання. Допустимий опір заземленого пристрою для захисту від статичної електроенергії у вигляді малих струмів витрат допускається не більше 100 Ом.

Гнучкі трубопроводи для перекачування рідин, які здатні генерувати заряди (спирт, бензин, гас тощо), повинні мати металеве заземлене оплетення, а вихідні штуцери мають бути виконані із кольорових металів і з'єднані із заземленим металевим оплетенням.

Серед інших заходів, направлених на заземлення небезпечних проявів розрядів статичної електрики, слід відмітити такі, як заміна плоских пасів текстурними (клиновими); недопущення розприскування рідин при їх розливанні в ємності шляхом опущення завантажувальних труб на відстань не більше 0,2 м від днища приймальної посудини; зміна швидкості переміщення твердих і рідких матеріалів.

4.2 Заходи з техніки безпеки при виготовленні печатних плат, при паянні та склеюванні деталей

Друкована (печатна) плата – це пластина, виконана з діелектрика (текстоліт, гетинакс тощо), на якій сформований хоча б один провідний малюнок. На друковану плату монтуються електронні компоненти, і з'єднуються своїми виводами з елементами провідного малюнка паянням, або,

значно рідше, зварюванням, у результаті чого збирається електронний модуль (або змонтована друкована плата).

Звичайно друкована плата проектується індивідуально залежно від електронної схеми і типів корпусів деталей. Для їх розробки існує спеціальне програмне забезпечення.

Одним з етапів розробки системи контролю мікроклімату в офісному приміщенні є виготовлення друкованої плати та монтаж електронних компонентів на її поверхню відповідно до спроектованої електричної принципової схеми.

Сучасна технологія виготовлення печатних плат складається з великої кількості різних механічних, фотохімічних і хімічних операцій. Більшість матеріалів і речовин, що застосовуються при виготовленні печатних плат, є небезпечними для здоров'я і життя людини. Шкідливі речовини і їх пари можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкіру і кишково-шлунковий тракт.

Вдихання хімічних речовин в будь-якому стані (газ, пари чи пил) приводить до ураження верхніх дихальних шляхів і до загальнотоксичного ефекту при всмоктуванні речовин в кров. В кишково-шлунковий тракт шкідливі речовини попадають при вживанні їжі, води і курінні на ділянках виготовлення печатних плат.

Нагрівання розчинів веде до інтенсивного пароутворення і виділення краплин рідини, які тягнуть за собою частинки розчину, а це приводить до забруднення атмосфери виробничих приміщень. Крім того, при різних операціях утворюються і поступають в атмосферу проміжні речовини, які можуть відноситися до 1-го класу небезпеки. Так, хлоровані вуглеводні (трихлоретилен, тетрахлоретилен) при дії на них сонячного світла чи відкритих джерел полум'я утворюють нову речовину – газ фосген (надзвичайно небезпечний), а при реагентному методі очистки відпрацьованих вод від сполук ціану може утворюватися хлорціан.

Попадання кислоти в лужний ціанистий електроліт, змішування кислих і ціанистих стоків вентиляційних вихлопів може привести до утворення ціаністого водню. Процеси знежирення, травлення, електрохімічної обробки і хімічного фрезерування супроводжуються виділенням парів кислот, лугів і поступанням їх в повітря зони дихання. Багато шкідливих речовин потрапляють в організм через шкіру, особливо небезпечні хромові композиції, концентровані кислоти, луги і розчинники.

У відділах приготування електролітів завжди має місце висока концентрація пилу і парів токсичних речовин, особливо під час: обробки матеріалів, дозуванні при приготуванні розчинів, змішування сипучих компонентів і під час транспортних операцій.

При ціаністому мідненні і срібленні утворюється ціанистий водень, який надходить у атмосферу, в цих випадках відчувається запах мигдалю. Поява шкідливих речовин у повітрі над ваннами - результат виносу дрібних краплинок електроліту бульбашками газів (водню і кисню), які виділяються на електродах при електролітичному процесі, а також випаровування розчинів. Ціанистий водень утворюється в результаті контакту ціаністого розчину з вуглекислою. Біля ванн окисдування утворюються пари лугів, біля ванн декапірування – пари соляної кислоти, біля ванн кадміювання - оксиди кадмію; при нікелюванні – пари сполучення нікелю, при хромуванні - хромовий ангідрид, при очистці свинцевих анодів – пил свинцю.

Однією з умов забезпечення безпеки праці є забезпечення здійснення етапів виробництва у відповідності з технологічною послідовністю окремих операцій, передбачаючи автоматизацію і механізацію процесів, а також централізацію приготування електролітів. Пульти операторів автоматичних ліній з програмним управлінням повинні бути віддалені від ванн на визначену відстань, що виключає дію на працюючих небезпечних виробничих факторів.

При неможливості автоматизації процесів повинна бути забезпечена комплексна механізація окремих операцій – підготовчих, транспортних, фінішних, зокрема завантаження печатних плат у ванни і їх вивантаження.

Застосування ручних робіт допустимо при відсутності в технологічному процесі речовин 1-го і 2-го класів небезпеки і з використанням колективного і індивідуального захисту робітників.

Особливу увагу слід звернути на заміну токсичних речовин менш токсичними чи нетоксичними, заміну шкідливих операцій менш шкідливими. Так, використання присадок і інгібіторів дозволяє знизити витрати на вентиляцію, а також значно зменшити виділення парів кислоти з поверхні гальванічних і травильних ванн (дзеркало ванни покривається шаром піни).

При, паянні та склеюванні деталей, проведенні монтажних робіт системи контролю мікроклімату в офісному приміщенні, присутні певні шкідливі фактори. Тому всі робочі місця повинні бути обладнані витяжною вентиляцією, а робітники застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, очей і шкіри. Повітря повинно бути чистим, потрібної температури і вологості. Отже, обладнання вентиляції має на меті:

- зменшити або ліквідувати задимленість повітря;
- поліпшити виробничий процес і добитися вищої якості продукції.

Усе це робить вентиляцію одним з найпотужніших засобів оздоровлення, підвищення безпеки і продуктивності праці та поліпшення якості продукції при монтажних роботах.

За способом переміщення повітря вентиляція буває природня і механічна. Можлива також змішана вентиляція. Природній обмін повітря у робочому приміщенні відбувається крізь вікна, кватирки, двері, ґратки у стінах та на підлозі. При механічній вентиляції повітря подається або видаляється системою вентиляції каналів за допомогою вентиляторів [18].

У приміщеннях де проводяться монтажні роботи, використовують природню і механічну вентиляцію. За місцем дії вентиляція є загальнообмінною і місцевою. Дія загальнообмінної вентиляції базується на розрідженні речовин, що виділяються, свіжим повітрям до певної концентрації

і температури. У приміщеннях, в яких можливе раптове надходження у повітря великої кількості шкідливих речовин передбачається аварійна вентиляція.

Система вентиляції не викликає ні переохолодження ні перегріву працівників і не створює шуму на робочих місцях, який би перевищував допустимі норми. Система вентиляції також має бути пожежо- і вибухонебезпечною, проста, надійна в експлуатації і економічна.

Вентиляція забезпечує необхідний обмін повітря завдяки різниці густини теплого повітря, що знаходиться всередині приміщення і холоднішого повітря зовні, а також в результаті вітрових потоків. Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. У першому випадку повітря надходить і видаляється через щілини зовнішніх огорож, вікон, кватирок.

Організована вентиляція здійснюється аерацією і дефлекторами. Аерація - організований і регулюючий природній обмін повітря. Дефлектори являють собою спеціальні пасажі, які встановлюються на витяжних повітровідводах і використовують енергію вітру.

Штучна вентиляція забезпечує підтримку постійного обміну повітря незалежно від зовнішніх метеорологічних умов, завдяки повітроводам і механічним вентиляторам. Повітря, що надходить до приміщення, у разі необхідності підігрівається або охолоджується, зволожується або осушується.

Місцева вентиляція забезпечує вентиляцію безпосередньо біля робочого місця, вловлює шкідливі речовини при їх виділенні і запобігає потраплянню шкідливих речовин у повітря приміщень. За способом обміну повітря місцева вентиляція також поділяється на припливну та витяжну.

Існує ще один метод очищення повітря – це кондиціонування. Це процес створення і автоматичного підтримання у приміщенні незалежно від зовнішніх умов найбільш сприятливої температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря.

Під час розробки системи керування освітленням «Розумного будинку» необхідно дотримуватись правил техніки безпеки при виготовленні печатних плат, при паянні електронних компонентів, які описані в розділі.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1 Опис ідей проекту smart-керування освітленням

Метою розділу є сприяння інноваційному та підприємницькому мисленню, а також здатність оцінювати потенціал і необхідність комерціалізації описаної розробки на попередніх сторінках магістерської роботи. У зв'язку з цим описується розробка стартап-проекту, який передбачає виробництво адаптивних систем управління освітленням. Визначення сильних, слабких і нейтральних властивостей проекту наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення сильних та слабких характеристик проекту

№ п/п	Технікоеконімічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1 KsimexSmart	Конкурент 2 DALI			
1.	Метод контролю освітлення	Датчик освітлення, датчик присутності	Датчик освітлення	-			+
2.	Можливість керування за допомогою пульта	Немає	Немає	Є		+	
3.	Підключення додаткових датчиків	Можливе	Неможливе	Неможливе			+
4.	Можливість віддаленого контролю	Є	Є	Немає		+	
5.	Захист від зовнішніх завад	Слабкий	Помірний	Захищена	+		

Аналіз сильних, слабких і нейтральних характеристик проекту дозволяє зробити висновок, що розроблена система управління освітленням є потужною і має переваги в порівнянні з іншими компаніями. Технічний потенціал концепції проекту наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Аналіз технологій здійснення ідей проекту

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Використання двох методів контролю освітлення	Дослідження, розробка, програмування;	Наявна	Доступна
2	Розбиття приміщення на зони освітлення	Дослідження, проектування;	Не наявна	Доступна
3	Автоматичне керування освітленням	Розробка, програмування	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: самостійна розробка та програмування на основі дослідження				

5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У таблиці 5.3 розглянуто попередні атрибути потенційного ринку для стартап-проекту. Зокрема проаналізовано динаміку та насиченість ринку, а також окреслено кількість основних гравців і середню рентабельність в галузі.

Таблиця 5.3 – Потенційний ринок впровадження стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	26
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	-
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Необхідність патентування
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку),	40

Цей продукт спеціально орієнтований на ринок і має численні конкуренти. З властивостей потенційного ринку, на якому стартап-проект може бути успішним, можна зробити висновок, що прибутковість галузі більша, ніж процентна ставка банківських інвестицій, після вивчення даних у таблиці можна сказати, що продукт, що розробляється, є конкурентоспроможним, тому ринок, ймовірно, буде привабливим для входу.

Елементами потенційних клієнтів стартап-проекту є: потреба, що формує ринок, цільова аудиторія (цільові сегменти ринку), відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів, вимоги споживачів до товару. Потреба, що формує ринок – характеризується автоматизацією процесу додаткового освітлення приміщень, економія електроенергії що споживається на освітлення. Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку) – це власники приватних будинків, підприємства, навчальні заклади. Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів – це орієнтація клієнтів на використання існуючих систем, завдяки отриманню вигідного. Вимоги споживачів до товару – це надійність системи, можливість зміни характеристик, енергетична ефективність, зручний інтерфейс керування.

Після визначення потенційних клієнтів було проведено аналіз ринку. Ці можливості були оцінені: фактори, що сприяють їх виходу на ринок в таблиці 5.4, а потенційні загрози – у таблиці 5.5. Компоненти таблиці організовані відповідно до їхнього зменшення значущості.

Таблиця 5.4 – Узагальнений аналіз факторів можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Маркетинг	Використання інструментів маркетингу, поширення реклами	Створення рекламної компанії, залучення спеціалістів з маркетингу
2	Якість продукції	Підвищення якості продукції	Використання надійних компонентів системи
3	Вихід на міжнародний ринок	Поширення ринку збуту на інші країни	Орієнтація системи також на іноземних користувачів

Таблиця 5.5 – Узагальнений аналіз факторів загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Поява нових конкурентів на ринку	Підвищення функціональності системи
2	Технічна складова	Складність установки та налаштування системи	Спрощення процесу установки та інтерфейсу
3	Економічна складова	Зниження вартості продукції конкурентів	Створення систем різного функціоналу та цінового сегменту

Після вивчення ринкового середовища було проведено загальний аналіз конкуренції на ринку, результати якого наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Загальний аналіз конкуренції ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції – монополістична конкуренція	Багато пропозицій подібних систем	Розширення функціоналу системи
2. За рівнем конкурентної боротьби – міжнародна конкуренція	Представники з інших країн	Вихід на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою – міжгалузєва конкуренція	Використання подібних систем для керування іншими сферами побуту	Вдосконалення системи, розширення функціоналу на керування побутовими приладами
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова конкуренція	Різний функціонал систем	Вдосконалення та оптимізація системи на виконання додаткових функцій
5. За характером конкурентних переваг – цінова конкуренція	Зменшення цін веде до збільшення рентабельності	Покращення співвідношення ціна/якість
6. За інтенсивністю – не марочна конкуренція	Жорстка конкуренція	Використання інструментів маркетингу

Можна зробити висновок, що цей продукт перевершує за якістю інші продукти, які є прямими конкурентами або потенційними партнерами. На підставі результатів аналізу визначається та підтверджується перелік факторів, які вважаються конкурентними.

Факторами конкурентноспроможності є наявність патенту, постійне вдосконалення системи, зручний та зрозумілий інтерфейс, можливість налаштування в залежності від потреб та можливість моніторингу роботи компонентів системи.

Обґрунтуємо фактори конкурентноспроможності. Наявність патенту – при наявності патенту на систему та на технологію виготовлення конкуренти не матимуть можливості використовувати технологію у власних цілях. Постійне вдосконалення системи – розширення функціоналу та покращення якості допоможе збільшити рентабельність. Зручний та зрозумілий інтерфейс, можливість налаштування в залежності від потреб та можливість моніторингу роботи компонентів системи – спростують роботу та налаштування системи, зручність використання системи значно збільшує зацікавленість клієнтів.

На основі виявлених загроз і можливостей на ринку, а також сильних і слабких сторін проекту було проведено SWOT-аналіз. Створено матрицю сильних і слабких сторін проекту, а також виявлених загроз і можливостей, результати наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Результати SWOT- аналізу стартап-проекту

<p>Сильні сторони: постійне вдосконалення системи, зручний та зрозумілий інтерфейс, можливість налаштування в залежності від потреб, можливість моніторингу роботи компонентів системи</p>	<p>Слабкі сторони: система вимагає наявності базових навичок у користувача, технологія розробки має бути запатентована</p>
<p>Можливості: вихід на міжнародний ринок за рахунок поширення реклами, збільшення якості та надійності системи</p>	<p>Загрози: поява на ринку нових конкурентів, що може призвести до зниження ціни на продукцію.</p>

На основі SWOT-аналізу було розроблено ринкову поведінку, яка є альтернативою ринковій поведінці стартап-проекту, і орієнтовний час, необхідний для їх реалізації. Визначені альтернативи, які є потенційними кандидатами на ресурси, перераховані в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Пошук інвестицій	Середня	4 місяці
2	Розширення ринку завдяки рекламі	Висока	2-3 місяці
3	Вихід на міжнародний ринок	Висока	3 місяці
4	Підвищення якості системи за рахунок якісніших компонентів	Середня	2 місяці

Дослідження альтернативних ринків для проекту стартапу показало, що найефективнішими альтернативами будуть розширення ринку збуту за рахунок реклами та вихід на міжнародний ринок збуту через високу ймовірність отримання ресурсів та короткий термін реалізації.

5.3 Визначення ринкової стратегії просування проекту

Першим кроком у розробці ринкової стратегії є створення стратегії охоплення ринку, ця стратегія описана в таблиці 5.9. За результатами аналізу потенційних груп споживачів було обрано цільові групи, які були представлені особами-власниками приватних будинків, власниками бізнесу та навчальних закладів. Аналіз привів до іншої маркетингової стратегії.

Для співпраці з окремими сегментами ринку була створена базова стратегія розробки продуктів, яка наведена у таблиці 5.10. А способи конкурентної поведінки наведено в таблиці 5.11.

Таблиця 5.9 – Вибір цільових груп потенційних споживачів проекту

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники приватних будинків	Середня зацікавленість	Високий попит	Помірна інтенсивність	Середня складність
2	Підприємства, навчальні заклади	Висока зацікавленість	Високий попит	Висока інтенсивність	Середня складність
3	Власники малого бізнесу	Низька зацікавленість	Низький попит	Низька інтенсивність	Висока складність

Які цільові групи обрано: зважаючи на зацікавленість та попит, цільовими споживачами обрано дві перші групи.

Таблиця 5.10 – Вибір стратегії позиціонування проекту

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Спрощення інтерфейсу, розширення функціоналу	Стратегія диф. маркетингу	Якість, надійність, функціонал	Стратегія диференціації

Таблиця 5.11 – Вибір базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Проект не є «першопрохідцем» на ринку	Компанія буде шукати нових споживачів, та забирати споживачів у конкурентів	Компанія не буде копіювати характеристики товару конкурента	Стратегія лідера

Відповідно до визначення основної стратегії розвитку, конкурентної поведінки та стратегії позиціонування було визначено напрямок зусиль стартап-компанії на ринку, що характеризується постійним удосконаленням проекту та розширенням його функціональності.

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасних технологій безпроводного зв'язку в системах "розумного" дому підтвердив, що використання сенсорних мереж є одним із найефективніших підходів для управління освітленням. Такий підхід дає можливість не лише автоматизувати процеси вмикання та вимикання світла, але й забезпечує адаптацію освітлення відповідно до зовнішніх умов та потреб мешканців. Дослідження показало, що правильний вибір типу сенсорів і методів передачі даних відіграє важливу роль у забезпеченні надійності та енергоефективності мережі, що є критично важливим для досягнення загальної ефективності системи.

Розроблена структура безпроводної сенсорної мережі передбачає використання датчиків руху, освітленості та присутності, що дозволяє зменшити споживання електроенергії, автоматично регулюючи рівень освітлення відповідно до реальних умов і вимог. Також дослідження підтвердило важливість застосування енергоощадних протоколів бездротового зв'язку, таких як Zigbee або Z-Wave, які забезпечують стійку передачу даних між сенсорами і головним контролером системи. Це не лише підвищує надійність системи, а й значно зменшує її енергоспоживання, що робить систему більш екологічною і зручною для користувачів.

Крім того, результати дослідження підтверджують, що запропонована структура сенсорної мережі може бути інтегрована з іншими системами розумного дому, такими як клімат-контроль чи безпека, що створює додаткові можливості для підвищення рівня автоматизації в будинку. Розроблена система управління освітленням має потенціал для адаптації під різні типи житлових та комерційних приміщень, забезпечуючи індивідуальні налаштування освітлення для підвищення комфорту та ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mahmood Z., Ullah F. (2019). The Internet of Things in the Industrial Sector. Springer International Publishing.
2. Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. IEEE Communications Surveys Tutorials.
3. Da Xu L., He W., Li S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics.
4. Stankovic J. A. Research Directions for the Internet of Things. IEEE Internet of Things Journal, 1(1), 2014, pp. 3-9.
5. Razzaque M. A., Milojevic-Jevric M., Palade A., Clarke S. Middleware for Internet of Things: A Survey. IEEE Internet of Things Journal, 3(1), 2016, pp. 70-95.
6. Kim S., Helal S. (2016). Extended IoT: Applications and Techniques. Springer International Publishing.
7. Ray P. P. A Survey on Internet of Things Architectures. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 30(3), 2018, pp. 291-319.
8. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A Survey. Computer Networks, 54(15), 2019, pp. 201-205.
9. Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal, 1(1), 2014, pp. 22-32.
10. Khan M. A., Salah K. IoT Security: Review, Blockchain Solutions, and Open Challenges. Future Generation Computer Systems, 82, 2018, pp. 395-411.
11. IEEE Xplore Digital Library (2021). [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/> (дата звернення: 10.10.2024).
12. Springer Link. Онлайн: <https://link.springer.com> (дата звернення: 10.10.2024).

13. ScienceDirect. Онлайн: <https://www.sciencedirect>. (дата звернення: 10.10.2024).
14. Пьянзин Д. В. Локально-централизована система керування освітленням. – Ставрополь: СГТУ, 2009. 16 с.
15. Боулінг С. Мікроконтролери для «розумного» світла. Напівпровідникова світлотехніка. 2010. №4. URL: www.led-e.ru/articles/sys/2010_4_60.php (дата звернення: 10.10.2024).
16. Сташков М. Схема керування освітленням з двох та більше пунктів без використання прохідних вимикачів. Volt-info. 2014. URL: volt-inf.ru/shem-upravleniya-osveshcheniem-s-dvuh-i-bolee-punktov-bez-primeneniya-prohodnyh-vyklyuchateley (дата звернення: 10.10.2024).
17. Кіриленко В. Контролер для ЕПРА виробництва НВО «Інтеграл». *Інженерна мікроелектроніка*. 2003. №4. URL: www.chipnews.com.ua/ru/archive/num/?cat_id=21#pos212 (дата звернення: 10.10.2024).
18. Green P. Isolation method for 1-10V controlled ballast based on the IR2159. *International Rectifier*. 2002. #2434.
19. Contetti C, Ribarich T. Digitally Addressable DALI Dimming Ballast Reference Design IRLPLDIM2. *International Rectifier*. 2002. #3214.
20. Бенько В. Т., Путіш В. К. Цифрові системи регулювання освітлення. *Сучасна світлотехніка*. 2009. № 2, С. 38-43.
21. Ошурков І. Керування та ККМ напівмостом: новий комбінований контролер для світлодіодного освітлення. *Інженерна мікроелектроніка*. 2012. №5. URL: www.chipnews.com.ua/ru/archive/num/?cat_id=223#pos3047 (дата звернення: 10.10.2024).
22. СНіП РК 2.04.-05.2002. Природне та штучне освітлення. Київ, 2002. 21 с.
23. Апостолюк В. С., Джигирей А. В. та інші. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: навч. пос. – Київ: Знання, 2006. 215 с.

ДОДАТКИ

Код взаємодії з датчиком світла LM393

```
#include <MySensors.h>
#define CHILD_ID_LIGHT 0
#define LIGHT_SENSOR_ANALOG_PIN 0
uint32_t SLEEP_TIME = 30000; // Час очікування між зчитуваннями (у
мілісекундах)
MyMessage msg(CHILD_ID_LIGHT, V_LIGHT_LEVEL);
int lastLightLevel;
void presentation()
{
// Надсилання інформації про версію ескізу шлюзу та контролеру
sendSketchInfo("Light Sensor", "1.0");
// Реєстрація всіх датчиків на шлюзі (вони будуть створені як дочірні пристрої)
present(CHILD_ID_LIGHT, S_LIGHT_LEVEL);
}
void loop()
{
int16_t lightLevel = (1023-
analogRead(LIGHT_SENSOR_ANALOG_PIN))/10.23;
Serial.println(lightLevel);
if (lightLevel != lastLightLevel)
{
send(msg.set(lightLevel));
lastLightLevel = lightLevel;
}
sleep(SLEEP_TIME);
}
```

Код взаємодії з датчиком руху HC-SR501

```
#include <MySensors.h>
uint32_t SLEEP_TIME = 120000; // Час очікування між звітами (у мілісекундах)
#define DIGITAL_INPUT_SENSOR 3; // Цифровий вхід, що підключений до
датчика руху. (Тільки 2 і 3 генерують переривання!)
#define CHILD_ID 1 // Ідентифікатор дочірніх датчиків// Ініціалізація
повідомлення про рух
MyMessage msg(CHILD_ID, V_TRIPPED);
void setup()
{
  pinMode(DIGITAL_INPUT_SENSOR, INPUT); }
// Встановлення цифрового штифту датчика руху як вхідний сигнал
void presentation()
{
  // Надслання інформації про версію ескізу шлюзу та контролеру
  sendSketchInfo("Motion Sensor", "1.0");
  // Реєстрація всіх датчиків на шлюзі (вони будуть створені як дочірні пристрої)
  present(CHILD_ID, S_MOTION); }
void loop()
{
  // Зчитування цифрового значення руху
  bool tripped = digitalRead(DIGITAL_INPUT_SENSOR) == HIGH;
  Serial.println(tripped);
  send(msg.set(tripped?"1":"0")); // Надсилання сигналу спрацювання датчика
  // Режим очікування, поки на датчик руху не надходить переривання.
  sleep(digitalPinToInterrupt(DIGITAL_INPUT_SENSOR), CHANGE,
  SLEEP_TIME); }
```

Код управління виконавчим реле

```
#include <MySensors.h>
#include <Bounce2.h>
#define RELAY_PIN 4 // Цифровий номер вводу-виводу Arduino для реле
#define BUTTON_PIN 3 // Цифровий номер вводу-виводу Arduino для кнопки
#define CHILD_ID 1 // Ідентифікатор дочірніх датчиків
#define RELAY_ON 1
#define RELAY_OFF 0
Bounce debouncer = Bounce();
int oldValue=0;
bool state;
MyMessage msg(CHILD_ID,V_LIGHT);
void setup()
{
// Налаштування кнопки
pinMode(BUTTON_PIN,INPUT);
// Активація внутрішнього підтягування
digitalWrite(BUTTON_PIN,HIGH);
// Після налаштування кнопки, налаштовуємо переривання
debouncer.attach(BUTTON_PIN);
debouncer.interval(5);
// Перевірка що реле на початку вимкнене
digitalWrite(RELAY_PIN, RELAY_OFF);
// Встановлюємо когтанти реле в режим виводу
pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
// Встановлення реле в останній відомий стан (за допомогою пам'яті eeprom)
state = loadState(CHILD_ID);
```

```

digitalWrite(RELAY_PIN, state?RELAY_ON:RELAY_OFF);
}
void presentation()
{
// Надсилання інформації про версію ескізу шлюзу та контролеру
sendSketchInfo("Relay & Button", "1.0");
// Реєстрація всіх датчиків на шлюзі (вони будуть створені як дочірні пристрої)
present(CHILD_ID, S_LIGHT);
}
// приклад асинхронної перевірки наявності нових повідомлень від шлюзу
void loop()
{
debouncer.update();
// Отримання значення оновлення
int value = debouncer.read();
if (value != oldValue && value!=0)
{
send(msg.set(state?false:true), true);
// Надсилання нового статусу і вимога повернення назад
}
oldValue = value;
}
void receive(const MyMessage &message)
{
if (message.isAck()) {
Serial.println("This is an ack from gateway");
}
if (message.type == V_LIGHT)
{
// Зміна стану реле

```



```
state = message.getBool();  
digitalWrite(RELAY_PIN, state?RELAY_ON:RELAY_OFF);  
// Збереження стан в eeprom  
saveState(CHILD_ID, state);  
// Запис інформації про налагодження  
Serial.print("Incoming change for sensor:");  
Serial.print(message.sensor);  
Serial.print(", New status: ");  
Serial.println(message.getBool());  
}
```

ДОДАТОК Г

Код передачі даних між двома модулями NRF24L01 (код передавача)

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#define led 12 // Світлодіод підключений до піну 12
// Ініціалізація радіомодуля: CE - пін 7, CSN - пін 8
RF24 radio(7, 8);
const byte addresses[][6] = {"00001", "00002"};
// Адреси для передачі та прийому
boolean buttonState = 0; // Стан кнопки (отримується від приймача)
void setup()
{
  pinMode(12, OUTPUT); // Пін для світлодіода налаштовується як вихід
  radio.begin(); // Ініціалізація радіомодуля
  radio.openWritingPipe(addresses[1]); // Встановлення адреси для передачі даних
  radio.openReadingPipe(1, addresses[0]); // Встановлення адреси прийому даних
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN); // Встановлення мінімальної потужності сигналу
}
void loop()
{
  delay(5);
  // Передача даних (зупинка режиму прослуховування)
  radio.stopListening();
  // Зчитування даних з потенціометра
  int potValue = analogRead(A0); // Зчитуємо аналоговий сигнал з A0
  int angleValue = map(potValue, 0, 1023, 0, 180);
  // Масштабуємо значення до діапазону 0-180 (кут для сервоприводу)
```

```
// Надсилаємо значення кута до приймача
radio.write(&angleValue, sizeof(angleValue));
delay(5);
// Перехід у режим прийому для отримання даних від приймача
radio.startListening();
// Очікування отримання даних
while (!radio.available());
// Зчитування стану кнопки
radio.read(&buttonState, sizeof(buttonState));
// Увімкнення або вимкнення світлодіода залежно від стану кнопки
if (buttonState == HIGH)
{
digitalWrite(led, HIGH); // Увімкнути світлодіод
}
else
{
digitalWrite(led, LOW); // Вимкнути світлодіод
}
}
```

ДОДАТОК Г

Код передачі даних між двома модулями NRF24L01 (код приймача)

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <Servo.h>

#define button 4 // Кнопка підключена до піну 4
// Ініціалізація радіомодуля: CE - пін 7, CSN - пін 8
RF24 radio(7, 8);
const byte addresses[][6] = {"00001", "00002"};
// Адреси для передачі та прийому
Servo myServo; // Об'єкт для керування сервоприводом
boolean buttonState = 0; // Стан кнопки (надсилається до передавача)
void setup()
{
  pinMode(button, INPUT); // Пін для кнопки налаштовується як вхід
  myServo.attach(5); // Сервопривод підключається до піну 5
  radio.begin(); // Ініціалізація радіомодуля
  radio.openWritingPipe(addresses[0]); // Встановлення адреси для передачі даних
  radio.openReadingPipe(1, addresses[1]); // Встановлення адреси прийому даних
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN); // Встановлення мінімальної потужності сигналу
}
void loop()
{
  delay(5);
  // Перехід у режим прийому даних
  radio.startListening();
```

```
// Перевіряємо, чи є дані від передавача
if (radio.available())
{
while (radio.available())
{
int angleV = 0; // Змінна для зберігання отриманого кута
radio.read(&angleV, sizeof(angleV)); // Зчитуємо кут, отриманий від передавача
myServo.write(angleV);
// Встановлюємо положення сервоприводу відповідно до кута
}
delay(5);
// Перехід у режим передачі даних
radio.stopListening();
// Зчитуємо стан кнопки
buttonState = digitalRead(button);
// Надсилаємо стан кнопки до передавача
radio.write(&buttonState, sizeof(buttonState));
}
}
```