

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами
Назва теми

КвРКІ 210255.21.02.12 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

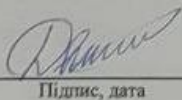
Назва

Виконав: студент IV курсу, група K12-22-1


Підпис

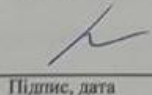
Андрій ШЕЛЕСТ
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

Дмитро МЕДЗАТИЙ
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище

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


Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

«18» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Андрію ШЕЛЕСТУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами

Керівник проекту (роботи) Дмитро МЕДЗАТИЙ, к.т.н., доцент.

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

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

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

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

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

Аналіз предметної області та постановка задачі щодо її удосконалення

Вибір компонентів для системи економного нічного освітлення

Реалізація системи економного нічного освітлення

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

Схема електрична принципова

Блок-схема алгоритму функціонування

Архітектура алгоритмічного забезпечення системи

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз предметної області та постановка задачі щодо її удосконалення	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для системи економного нічного освітлення	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – реалізація системи економного нічного освітлення	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Керівник роботи

Підпис

Андрій ШЕЛЕСТ
Ініціали, прізвище

Підпис

Дмитро МЕДЗАТИЙ
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами».

Автор роботи: Андрій ШЕЛЕСТ.

Керівник роботи: Медзатий Дмитро Миколайович.

Пояснювальна записка: 61 с., 30 рис., 3 дод., 58 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

СЕНСОРИ РУХУ, СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, МОНІТОРИНГ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА

Метою дипломної роботи є визначити умови та характеристики ефективної системи нічного освітлення, спричиненої руховими впливами, а також оцінити алгоритми управління в кіберфізичних рамках адаптивного освітлення, щоб мінімізувати споживання енергії.

Об'єктом дослідження є робота системи нічного освітлення з інтегрованими датчиками руху.

Предметом дослідження є методи керування та енергозбереження в системах нічного освітлення, що реагують на рухові активності.

У процесі дослідження була використана методологія систематичного огляду літератури для аналізу сучасних технологій в даній предметній області дослідження.


Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ	4
1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань	4
1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень	9
1.3 Підходи до вирішення задачі з теми дослідження	14
1.4 Висновок.....	16
2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ЕКОНОМНОГО НІЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	20
2.1 Середовище розробки та мова програмування.....	20
2.2 Вибір та аналіз компонентів для системи.	24
2.3 Принцип роботи та функціонування системи.	34
2.4 Висновки	39
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕКОНОМНОГО НІЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	42
3.1 Архітектура та електрична принципова схема системи	42
3.2 Розробка алгоритму функціонування системи	50
3.3 Висновок.....	58
ВИСНОВКИ	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТОК А	67
ДОДАТОК Б	68
ДОДАТОК В	69

КвРКІ 210255.21.02.12 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Виконав		Андрій ШЕЛЕСТ	<i>[Signature]</i>	06.06.15	
Перевір.		Дмитро МЕДЗАТ	<i>[Signature]</i>	06.06.15	
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ	<i>[Signature]</i>	06.06.15	
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА	<i>[Signature]</i>	06.06.15	
Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами			Літера	Аркуш	Аркушів
			у	2	61
ХНУ КІ2-21-2					

ВСТУП

Сучасний світ постає перед викликами, пов'язаними зі збільшенням споживання енергії, вичерпанням природних багатств та ростом екологічної свідомості населення. Ці обставини визначають нагальну потребу в розробці та впровадженні енергоощадних технологій в усіх сферах людської діяльності, особливо в системах освітлення. Традиційні методи освітлення, що передбачають безперервне функціонування освітлювальних приладів незалежно від присутності людей або рівня природного світла, призводять до значних перевитрат електроенергії, зайвих фінансових витрат та збільшення вуглецевого сліду. Таким чином, створення інтелектуальних систем освітлення, здатних адаптуватися до конкретних потреб та зовнішніх умов, є одним з ключових напрямків розвитку концепції "розумних" осель та міст, що відповідає світовим трендам в галузі енергозбереження та сталого розвитку.

Актуальність теми посилюється також стрімким прогресом мікроконтролерних технологій та доступністю сенсорів, що дозволяє створювати гнучкі, масштабовані та економічно вигідні рішення для автоматизації. Мікроконтролери, такі як Arduino, стали каталізатором для втілення різноманітних проектів в області IoT та домашньої автоматизації, надаючи розробникам потужні інструменти для контролю електронними пристроями. Ці системи здатні забезпечити освітлення лише тоді, коли воно дійсно необхідне, запобігаючи марному споживанню енергії у періоди відсутності руху або достатнього денного світла.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та реалізація апаратно-програмної системи економного нічного освітлення, що активується рухом, на базі мікроконтролера Arduino. Ця система має забезпечити автоматичне ввімкнення освітлення на конкретній ділянці (наприклад, доріжці) тільки в темну пору доби та за наявності руху, забезпечуючи при цьому максимальну енергоефективність та комфорт для користувача.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЩОДО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

1.1. Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань

Розвиток технологій призвів до поширення систем автоматизованого керування освітленням, через постійне зростання вартості енергоносіїв та потреби у енергоспоживанні. Одним із найперспективніших напрямків є створення систем нічного освітлення, яке активується руховими впливами. Системи освітлення часто працюють за фіксованими таймерами, вони здебільшого вмикаються в темну пору доби, що призводить до значних втрат електроенергії. Застосування сенсорів руху дозволить освітлювати простір тільки тоді, коли це необхідно. Ідея економного використання світла виникла вже давно ще з часів поширенням електричних ламп наприкінці XIX століття. Зі зростанням кількості електроприладів проблема витрат енергії ставала дедалі більшою[6].

Томас Едісон у 1879 році сконструював одну перших робочих моделей лампи розжарювання, це стало початком масового переходу на електричне освітлення в житлах та на міських вулицях. Але перші системи освітлення не мали жодної автоматизації, світло вмикали та вимикали ручним способом. На початку XX століття почали з'являтися перші механічні таймери, що дозволяли регулювати включення та виключення світла за заданим графіком. Це стало початком енергоощадження в освітленні, хоча й без врахування реальної присутності людей.

Завдяки розвитку електроніки в 1940-х роках, з'явилися перші автоматичні вимикачі освітлення для промислових підприємств, активувалися вони через світлові датчики, які реагували на настання темряви. Ці системи працювали на основі фотоелементів які вимірювали рівень освітлення. Ера «розумних вуличних ліхтарів» розпочалася у 1950-х роках вже з інтегрованими фотореле, вони самостійно включалися вночі та вимикалися вдень[24,25].

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

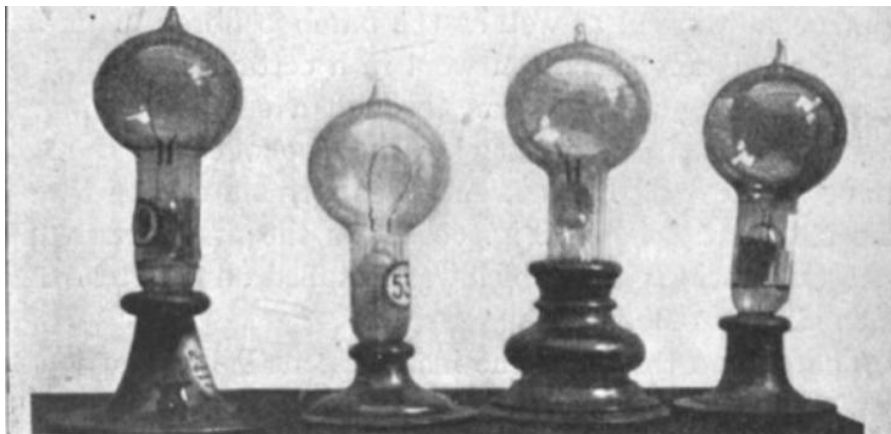


Рисунок 1.1 – Перша лампа розжарювання Едісона [52]

У 1970-х роках, було розроблено перші пасивні інфрачервоні (PIR) датчики з появою нових матеріалів. Вони могли фіксувати рух людини, реагуючи на зміни інфрачервоного випромінювання. Це стало справжнім проривом в автоматизації освітлення. Лампи почали вмикатися тільки тоді, коли людина перебувала в кімнаті[1,4].

Датчик реагує на зміни інфрачервоного випромінювання, що виникають під час руху об'єктів, температура яких відрізняється від навколишнього середовища. Лінза Френеля направляє це випромінювання до чутливого компонента, котрий перетворює його в електричний сигнал при виявленні руху. У 1980-х роках компанії, які спеціалізувалися на автоматизації будинків, почали впроваджувати комерційні системи освітлення, що функціонували на основі сенсорів руху, таймерів та фотореле. Основною метою таких рішень було підвищення енергоефективності офісних та складських приміщень, де освітлення часто залишалось увімкненим без потреби[2,9]. З появою мікроконтролерів і цифрової обробки сигналів у 1990-х роках системи керування освітленням стали більш адаптивними. Це включало можливість регулювати час вимкнення світла після припинення руху, змінювати чутливість датчиків до розміру та швидкості об'єктів тощо[26].

Структура складається з трьох компонентів: сенсора, які фіксують присутність людини, датчика руху, мікроконтролера, який обробляє сигнал

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сенсора, і освітлювального приладу, який вмикається, коли контролер отримує відповідний сигнал від сенсора.



Рисунок 1.2 – Датчик руху інфрачервоний [53]

Розвиток розумних будинків у 2000-х роках спонукав до широкого використання бездротових систем управління освітленням, таких як Wi-Fi, ZigBee та Z-Wave. Ці системи дозволяють інтегрувати освітлення в загальну систему автоматизації дому та надавати нагляд і керування в центрі. Розвиток технологій світлодіодного освітлення (LED) також призвів до значного зменшення споживання електроенергії. Крім того, порівняно з традиційними лампами розжарювання та люмінесцентними лампами, характеристики освітленості світлодіодів залишаються незмінними або навіть кращими. Світлодіоди також відзначаються кращою надійністю та тривалішим терміном експлуатації [30,31].

У 2010-х роках людство ознайомилося з розумними системами освітлення, що могли адаптуватися до навколишнього середовища. Вони враховували зміни руху, інтенсивності сонячного світла, пори доби та навіть стиль життя мешканців, використовуючи для цього штучний інтелект. Такі системи могли передбачати потреби в освітленні, забезпечуючи оптимальне використання енергії [8,29].

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

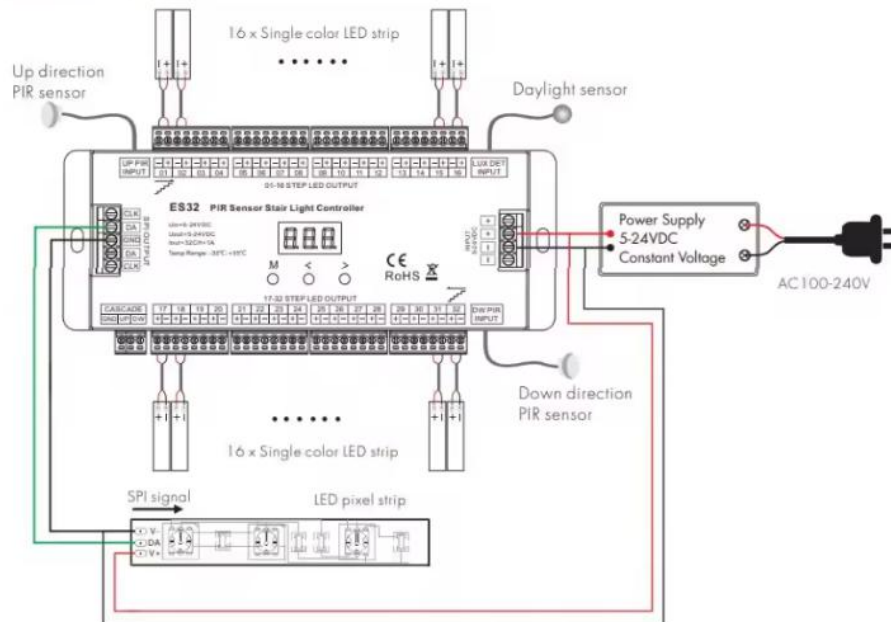


Рисунок 1.3 – Принцип роботи PIR-сенсора руху [1]

На сьогоднішній день, системи економного нічного освітлення, котрі інтегрують датчики руху, стають ключовим елементом сучасних житлових та громадських споруд. Вони забезпечують не тільки зручність автоматичного ввімкнення освітлення, а й значну економію електроенергії, запобігаючи непотрібному освітленню в порожніх приміщеннях чи зонах. Системи освітлення, що використовують сенсори для визначення переміщень та автоматичного керування освітлювальними приладами, є важливим кроком у розвитку технологій розумного дому. Основна мета цих систем оптимізація споживання електроенергії та підвищення комфорту користувачів шляхом автоматизації процесів ввімкнення та вимкнення світла[9,30,31].

Функціональність систем заощадливого нічного освітлення, активованих рухом, охоплює декілька ключових параметрів. Перш за все, це точне та швидке реагування на рух. Для цього застосовуються різні типи датчиків, з-поміж яких найбільш розповсюдженими є пасивні інфрачервоні (PIR) датчики, що реагують на зміни у тепловому випромінюванні, які викликані переміщенням об'єктів[2,30].

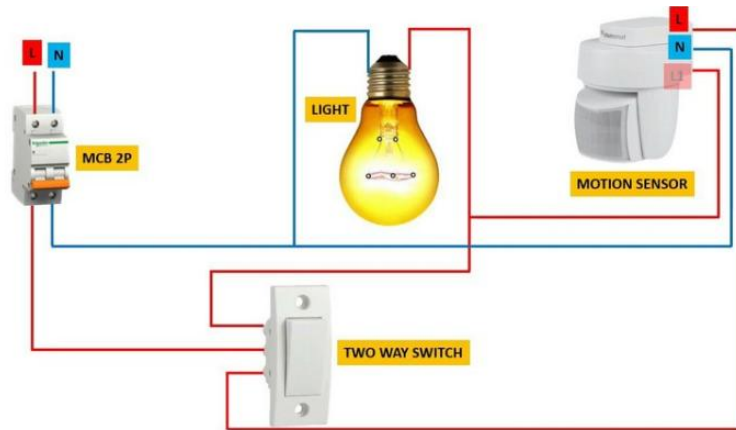


Рисунок 1.4 – Схематичне зображення системи нічного освітлення на основі сенсорів руху [54]

1.2. Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень

Економія електроенергії та економічність. Однією з головних переваг цих систем є їхня здатність значно зменшувати споживання електроенергії. Це досягається завдяки тому, що світло вмикається лише тоді, коли в зоні дії системи зафіксовано рух, і автоматично вимикається через деякий час після його завершення. Такий підхід допомагає уникнути зайвих витрат електроенергії на освітлення порожніх приміщень або зон, що особливо актуально в нічний час. [9]

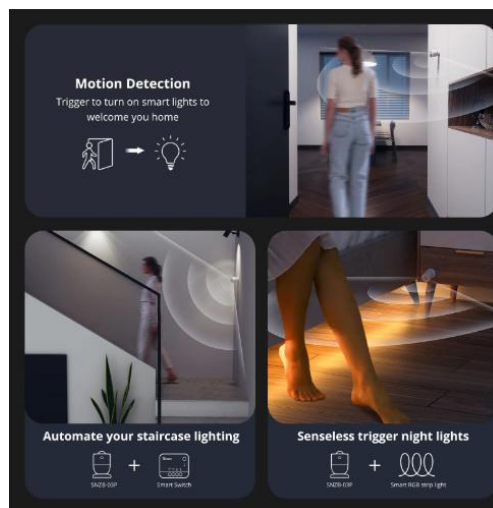


Рисунок 1.5 – Сучасна система нічного освітлення в розумному будинку [55]

						КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

управляють освітленням. Вони отримують команди від керуючого пристрою та вмикають або вимикають лампи, світильники чи інші джерела світла. До цієї категорії входять реле, вимикачі, димери та інші пристрої, здатні перемикаєти електричні кола[4,40].

Керуючий пристрій – мозок системи, він обробляє сигнали від датчиків руху і приймає рішення щодо управління виконавчими пристроями. Керуючий пристрій може бути реалізований на основі мікроконтролера, одноплатного комп'ютера наприклад, Raspberry Pi або Arduino або спеціалізованого контролера для систем автоматизації[15, 17].

Класифікацію систем енергоощадного нічного освітлення, активованих рухом, можливо здійснити за декількома ознаками. Автономні системи – системи де кожен датчик руху безпосередньо управляє одним або кількома освітлювальними приладами у своїй зоні дії. Автономні системи відзначаються простотою встановлення та налаштування, але їх функціональність, як правило, обмежена. У централізованих системах датчики руху надсилають сигнали на центральний контролер, який керує всіма освітлювальними приладами у будівлі чи на території. Централізовані системи надають більшу гнучкість у налаштуваннях, можливість впровадження складних алгоритмів управління та інтеграцію з іншими системами розумного дому[34].

За способом передавання даних для централізованих системи дротові системи передають дані між датчиками, контролером та виконавчими пристроями відбувається за допомогою проводів. Дротові системи забезпечують високу надійність і швидкість передачі даних, але їх монтаж може бути складним і дорогим, особливо в існуючих будівлях. [32]

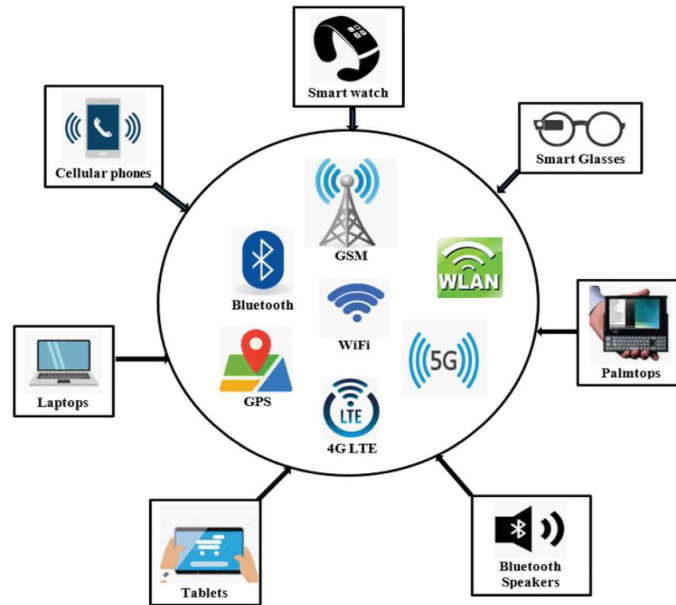


Рисунок 1.7 – Бездротові телекомунікаційні системи [57]

У згаданих системах для транспортування інформації застосовуються бездротові способи комунікації, як-от Wi-Fi, ZigBee чи Z-Wave. Бездротові системи приваблюють легкістю монтажу та змін, що пояснює їхню поширеність в побутових умовах. Порівняльний розгляд бездротових протоколів зв'язку, що використовуються в системах освітлення. Wi-Fi забезпечує високу швидкість обміну даних, що робить його відповідним для пересилання великих масивів інформації та об'єднання з іншими пристроями у "розумному будинку". Але, Wi-Fi відзначається досить великим енергоспоживанням, що може бути проблемним для обладнання, яке працює від акумуляторів[2,12].

ZigBee/Z-Wave. Ці протоколи спеціально спроектовані для використання в системах "розумного дому" та відрізняються низьким споживанням енергії, що робить їх ідеальним варіантом для пристроїв з автономним живленням. Однак, швидкість передачі даних ZigBee та Z-Wave менша, ніж у Wi-Fi[13].

Переваги систем нічного освітлення, що активуються рухом і заощаджують енергію, вони забезпечують суттєве зменшення рахунків за електроенергію, зростання комфорту та зручності у використанні світла, посилення безпеки всередині будівель та навколо них, автоматизація простих операцій, пов'язаних з управлінням освітленням.

Недоліки систем нічного освітлення, що активуються рухом і заощаджують енергію. Ймовірність хибних спрацьовувань датчиків наприклад через рух тварин чи коливання гілок. Обмежений радіус дії датчика, що може вимагати встановлення декількох для охоплення великих територій. Відносно висока ціна компонентів системи, особливо при використанні складних контролерів та бездротових технологій. Складність налаштування та конфігурації системи, особливо для централізованих систем з багатьма пристроями[9].

Сучасні досягнення у сфері систем нічного освітлення, котрі активуються при виявленні руху та сприяють енергозбереженню, спрямовані на пом'якшення недоліків і максимізацію переваг. Цього вдається досягти завдяки застосуванню інтелектуальних алгоритмів обробки даних, що дають змогу розрізняти рух людей від руху тварин або інших предметів, гнучкому налаштуванню параметрів системи, а також інтеграції з іншими системами "розумного дому" для створення комплексних рішень автоматизації[24].

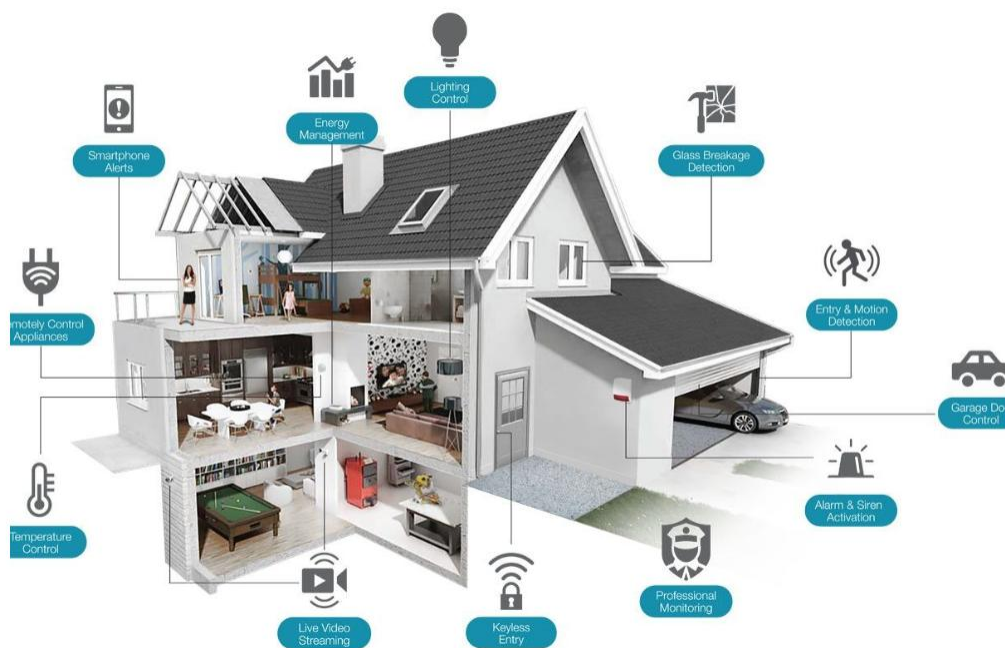


Рисунок 1.8 – Інтеграція нічного освітлення з іншими системами [58]

1.3 Підходи до вирішення задачі з теми дослідження

Створення високопродуктивної системи економічного нічного освітлення, здатної динамічно реагувати на рух у контрольованому просторі, представляє собою комплексну задачу, яка вимагає ретельного розгляду як вибору апаратної основи, так і розробки відповідного програмного забезпечення. Ключовим є забезпечення безпечної точності визначення об'єктів, що рухаються, миттєвої реакції системи на події, а також мінімізації енерговитрат у режимі очікування. Для вдалого втілення подібної системи надзвичайно рекомендується використовувати потенціал сучасних мікроконтролерів, як-от широко відомий Arduino Uno або ж потужніший ESP32, кожен з яких володіє власними неповторними перевагами та особливостями використання[23,41].

Arduino Uno позиціонує себе як наймовірніше популярний вибір серед програмістів-початківців та професіоналів завдяки своїй інтуїтивно зрозумілій архітектурі, наявності безлічі готових до використання бібліотек та активному, добре документованому співтовариству розробників по всьому світі. Даний мікроконтролер є оптимальним рішенням для порівняно простих освітлювальних систем з обмеженою кількістю підключених сенсорів руху та освітлювальних приладів. Його низька вартість та велика кількість освітніх матеріалів роблять його ідеальним для прототипування та незначних проектів. Втім, слід враховувати його обмежені обчислювальні ресурси та відсутність вбудованих бездротових інтерфейсів, що може стати серйозним обмеженням для складніших сценаріїв застосування[43].

З іншого боку, ESP32 являє собою набагато потужнішу обчислювальну платформу, оснащену двоядерним процесором, більшим обсягом пам'яті та, що особливо важливо, інтегрованими модулями Wi-Fi та Bluetooth. Ці характеристики роблять ESP32 вкрай привабливим для створення складних систем економічного освітлення з розширеними функціональними можливостями, як-от бездротове керування параметрами освітлення, дистанційний моніторинг стану системи, а

також інтеграція з іншими компонентами екосистеми "розумного будинку". Вища обчислювальна продуктивність ESP32 також дає змогу втілювати складніші алгоритми обробки даних з сенсорів руху, підвищуючи точність виявлення та знижуючи кількість помилкових спрацьовувань[17].

Остаточний вибір конкретної моделі мікроконтролера повинен ґрунтуватися на всебічному аналізі вимог до майбутньої освітлювальної системи. Головними факторами при цьому є: загальна кількість датчиків руху, які передбачається використовувати, типи та властивості освітлювальних приладів, світлодіодні стрічки, прожектори, наявність або відсутність потреби у бездротовому зв'язку для керування та моніторингу, а також фінансові обмеження, встановлені для всього проекту. Ретельний аналіз всіх цих аспектів дозволить вибрати мікроконтролер, який найкращим чином відповідатиме поставленим завданням[19].

У царині програмування мікроконтролерів незаперечним лідером залишається потужна та високопродуктивна мова C/C++. Її популярність обумовлена насамперед можливістю прямого доступу до апаратних ресурсів мікроконтролера, що критично важливо для створення систем реального часу, до яких, безумовно, відносяться й системи керування освітленням з реакцією на рух. Мова C, будучи процедурною, забезпечує розробнику надзвичайно високий рівень контролю над кожним аспектом функціонування обладнання, дозволяючи оптимізувати код для досягнення максимальної швидкодії та мінімального енергоспоживання[48].

Мова C++, будучи розширенням C з підтримкою об'єктно-орієнтованої парадигми програмування, значно спрощує створення складних та розгалужених систем. Використання класів та об'єктів дозволяє структурувати код більш логічно, збільшує його модульність та полегшує повторне використання раніше написаних компонентів. Для великих проектів зі складною логікою керування освітленням C++ може стати більш ефективним вибором, аніж чиста C[42].

Інтегроване середовище розробки Arduino IDE значно полегшило процес розробки та завантаження програмного коду на мікроконтролери сімейства

Arduino. Воно пропонує користувачеві зручний та інтуїтивно зрозумілий редактор коду з підсвічуванням синтаксису, потужний компілятор, а також вбудовані інструменти для налагодження програм. Важливо підкреслити, що для мікроконтролерів ESP32 також існують спеціальні доповнення для Arduino IDE, які дозволяють програмістам використовувати знайоме середовище для програмування й цих більш потужних пристроїв[15].

Проте, світ розробки вбудованих систем не обмежується лише C/C++ та Arduino. Існує безліч інших інструментів та мов програмування, які також можуть бути успішно використані для створення ефективних систем економного освітлення. Серед них варто виділити крос-платформне IDE PlatformIO, яке надає розширені можливості для управління проектами та підтримку великої кількості різних мікроконтролерних платформ. Також заслуговує на увагу MicroPython – спеціалізована реалізація мови Python, оптимізована для роботи на мікроконтролерах. MicroPython особливо добре підходить для ESP32 завдяки його більшим обчислювальним ресурсам та наявності Wi-Fi, що відкриває можливості для швидкої розробки прототипів та інтеграції з веб-сервісами[23,27].

Зрештою, вибір конкретних інструментів розробки багато в чому залежить від особистого досвіду розробника, специфічних потреб конкретного проекту системи освітлення, а також наявності необхідних ресурсів, зокрема часу та фінансування. Ретельний аналіз всіх доступних варіантів дасть змогу вибрати найбільш оптимальний набір інструментів, що забезпечить успішну та ефективну реалізацію системи економного нічного освітлення з інтелектуальною реакцією на рух[38].

1.4 Висновки до першого розділу

У першому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено глибоке дослідження предметної сфери, що стосується кіберфізичних систем заощадливого нічного освітлення, які активуються на основі руху. Актуальність теми було

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обґрунтовано, враховуючи дедалі більші вимоги до енергоощадження, екологічної свідомості та покращення комфорту й безпеки в сучасних реаліях.

Було проаналізовано історичний розвиток освітлювальних систем – від примітивних джерел світла до інтелектуальних кіберфізичних комплексів. Цей аналіз дав змогу відстежити ключові етапи технологічного прогресу: від появи електричних ламп та перших механічних таймерів до впровадження фотоелементів, а потім – пасивних інфрачервоних (PIR) датчиків руху. Особлива увага була приділена періоду з 2000-х років, коли відбулася конвергенція LED-технологій, бездротових комунікацій (Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave) та концепцій "розумного дому", що перетворило системи освітлення з простих інструментів на складні, адаптивні та інтегровані компоненти сучасної інфраструктури. Визначено, що саме інтеграція штучного інтелекту та можливостей прогнозування у 2010-х роках дозволила перейти до по-справжньому розумних систем, здатних адаптуватися до мінливих умов та потреб користувачів.

Визначено основні функції та структурні компоненти сучасних систем економного нічного освітлення. До основних функцій віднесено оптимізацію споживання електроенергії, підвищення комфорту та забезпечення безпеки, які досягаються шляхом автоматичного ввімкнення та вимкнення освітлення при виявленні руху. Розглянуто апаратну архітектуру таких систем, яка включає датчики руху (переважно PIR-сенсори), що виконують роль "очей" системи, керуючі пристрої (мікроконтролери) як "мозок", що обробляє інформацію та ухвалює рішення, а також виконавчі пристрої (реле, димери), які безпосередньо керують освітленням.

Проведено детальний порівняльний аналіз наявних рішень та їх класифікацію. Системи було розділено на автономні (локальні та прості у реалізації) та централізовані (що забезпечують більшу гнучкість, складніші алгоритми управління та легшу інтеграцію). У межах централізованих систем виконано порівняння дротових та бездротових рішень, з акцентом на переваги та недоліки поширених бездротових протоколів: Wi-Fi, ZigBee та Z-Wave.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наголошено, що, хоча Wi-Fi пропонує високу швидкість, ZigBee та Z-Wave є більш енергоефективними та придатними для розгортання мереж з великою кількістю автономних пристроїв. Це порівняння є критично важливим для обґрунтування вибору технологій для подальшої розробки.

Особливу увагу було приділено виявленню переваг та недоліків існуючих систем. До основних переваг віднесено значну економію електроенергії, підвищення комфорту користувачів та збільшення рівня безпеки об'єктів. Водночас, виявлено низку недоліків, що потребують подальшого удосконалення: проблема хибних спрацьовувань датчиків (наприклад, на рух тварин або вплив зовнішніх факторів), обмежений радіус дії окремих датчиків, потенційно висока вартість компонентів для складних рішень та складність їх налаштування. Ці виклики свідчать про необхідність розробки більш інтелектуальних алгоритмів та гнучких архітектур.

На основі отриманих даних було обґрунтовано підходи до вирішення поставленого завдання щодо вдосконалення кіберфізичної системи заощадливого нічного освітлення. Розглянуто вибір апаратної платформи, де порівняно можливості мікроконтролерів Arduino Uno та ESP32. Вказано, що Arduino Uno є прийнятним для простих рішень завдяки доступності та великій спільноті, тоді як ESP32, з його вищою обчислювальною потужністю та вбудованими бездротовими інтерфейсами (Wi-Fi та Bluetooth), є більш перспективним для створення складних, масштабованих та інтегрованих систем. Це дасть змогу реалізувати досконаліші алгоритми обробки даних, зменшити кількість хибних спрацьовувань та забезпечити дистанційне керування.

Запропоновано основні інструменти програмування, зокрема мову C/C++ як оптимальний вибір для розробки вбудованих систем, що забезпечує високу продуктивність та ефективне використання ресурсів мікроконтролерів. Також згадано про можливість використання MicroPython для ESP32, що може прискорити процес прототипування та спростити інтеграцію з веб-сервісами.

Підкреслено важливість середовища розробки Arduino IDE та PlatformIO для ефективного написання та налагодження коду.

Отже, у першому розділі було закладено теоретичний та аналітичний фундамент для подальшої роботи. Виконано огляд предметної області, визначено ключові виклики та обґрунтовано вибір технологій та підходів, які дозволять розробити вдосконалену кіберфізичну систему заощадливого нічного освітлення. Зібрана та проаналізована інформація є відправною точкою для детального проектування архітектури системи, розробки програмного забезпечення та подальшої апаратної реалізації, які будуть представлені у наступних розділах кваліфікаційної роботи. Цей комплексний підхід забезпечить створення ефективного, надійного та економічно вигідного рішення, що відповідатиме сучасним вимогам енергоефективності та комфорту.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕКОНОМНОГО НІЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Середовище розробки та мова програмування.

Для успішного створення програмного забезпечення для системи нічного освітлення з економічним споживанням енергії, заснованої на мікроконтролері, ключовим є правильний вибір інструментів розробки, як-от середовище розробки, мова програмування та апаратна платформа. Обрана плата Arduino Uno R3 є одним з найпопулярніших мікроконтролерних рішень завдяки доступності, простоті використання та великій підтримці спільноти. Вона використовує мікроконтролер ATmega328P і має достатні ресурси для вирішення задач зчитування даних з датчиків руху та освітленості, а також керування освітлювальними приладами, що робить її чудовим вибором як для початківців, так і для проєктів з обмеженими потребами у ресурсах [41]. Технічні характеристики мікроконтролера ATmega328P, що лежить в основі Arduino Uno R3, зокрема 32 КБ Flash-пам'яті, 2 КБ SRAM та тактова частота 16 МГц, дають змогу ефективно виконувати програмний код для керування периферійними пристроями [49].

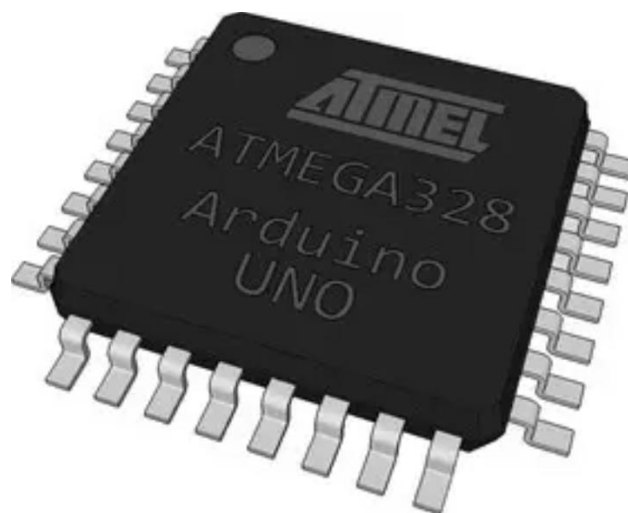


Рисунок 2.1 – Мікроконтролер ATmega328P [15]

платформ, таких як ESP32, воно також підтримує розробку проєктів для Arduino Uno R3, надаючи більшу гнучкість та контроль над процесом збирання та налагодження [26,44].

Вибір мови програмування для вбудованих систем, таких як система освітлення на Arduino Uno R3, є вкрай важливим фактором, який впливає на продуктивність, використання ресурсів та простоту розробки. Мова C/C++ є однією з найбільш поширених та ефективних мов для програмування мікроконтролерів завдяки її близькості до апаратного забезпечення, високій продуктивності та можливості прямого керування пам'яттю, що критично важливо для ресурсів обмежених пристроїв. Впровадження об'єктно-орієнтованих підходів за допомогою C++ дає змогу створювати модульний, зручний для підтримки та розширення код, що є перевагою при розробці складних алгоритмів для обробки сигналів датчиків та керування освітленням на цій платформі [45,48].

Практики у розробці вбудованого програмного забезпечення підкреслюють необхідність враховувати обмеження апаратного забезпечення, наприклад, обсяг пам'яті та тактова частота Arduino Uno R3. Це включає оптимізацію коду, вибір відповідних типів даних та мінімізацію динамічного виділення пам'яті для запобігання фрагментації. Важливість тестування та налагодження також підкреслюється для забезпечення надійності системи[38] .

Вплив вибору мови програмування на продуктивність вбудованих систем реального часу є значним, оскільки ефективність виконання коду безпосередньо впливає на час реакції системи на зовнішні події, що важливо для своєчасного ввімкнення освітлення на рух. C-програмування є основою для Arduino Uno R3, дозволяючи глибоко контролювати апаратні ресурси та забезпечувати швидку та точну реакцію системи на впливи, викликані рухом, завдяки низькорівневому доступу та оптимізації коду [48]. Глибоке розуміння програмування Arduino дозволяє максимально використовувати можливості платформи, застосовуючи розширені бібліотеки та оптимізуючи код для досягнення бажаної функціональності системи освітлення [47].

Окрім обраної плати Arduino Uno R3, котра відповідає основним потребам проекту, існує низка альтернативних рішень. Зокрема, значний інтерес викликають платформи ESP32 та Raspberry Pi Pico W, які мають розширеніші можливості, порівнюючи з Arduino Uno R3. Проведення порівняльного аналізу між цими платформами дозволяє краще обґрунтувати вибір основного контролера та продемонструвати розуміння компромісів між різними підходами до реалізації апаратної частини [35]. Кожна з цих платформ призначена для вирішення конкретного спектра задач, і їхні переваги та недоліки проявляються в залежності від конкретних потреб проекту.

Ключові відмінності між цими платформами полягають у їхній архітектурі, продуктивності та наявності інтегрованих модулів. Arduino Uno R3, що базується на ATmega328P, є простішим 8-бітним мікроконтролером, котрий створено для легкого прототипування та навчання. Його основні характеристики добре відомі, і він ефективно справляється з базовими завданнями керування входами/виходами [35]. Натомість, ESP32 ESP-WROOM-32 Development Board виділяється наявністю вбудованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє реалізовувати мережеві та IoT-проекти, інтегруючи систему в "розумний дім" або надаючи можливість віддаленого керування. ESP32 оснащено двоядерним 32-бітним процесором з тактовою частотою до 240 МГц, що забезпечує значно вищу обчислювальну потужність та більший обсяг пам'яті (4 МБ флеш-пам'яті) порівняно з Arduino Uno.

Це дає змогу виконувати складніші алгоритми, обробляти більші обсяги даних або підтримувати декілька паралельних задач одночасно [6]. Raspberry Pi Pico W є ще однією компактною та потужною альтернативою. Вона теж оснащена Wi-Fi модулем та має двоядерний процесор ARM Cortex-M0+ з частотою до 133 МГц і 2 МБ флеш-пам'яті, пропонуючи високу продуктивність за дуже доступною ціною. Pico W підтримує MicroPython та C/C++, надаючи гнучкість у виборі мови програмування [27].

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З точки зору використання в системі нічного освітлення, ці платформи пропонують різні можливості та компроміси. Arduino Uno R3 було обрано через його простоту, низьку вартість та відсутність надлишкових функцій для даного проєкту [15]. Для простої логіки, його можливостей більш ніж достатньо, і він мінімізує енергоспоживання, що є ключовим для економної системи [41]. ESP32, попри свої потужні можливості та інтеграцію бездротового зв'язку, є надлишковим для базової функціональності, якщо не передбачається майбутнє розширення до віддаленого керування або інтеграції в ширшу IoT-екосистему [17].

Використання ESP32 додасть невиправданої вартості та може ускладнити розробку та оптимізацію енергоспоживання, що потребуватиме детального налаштування режимів сну [23]. Raspberry Pi Pico W є більш потужним і також має бездротовий зв'язок, але, подібно до ESP32, його додаткові можливості не є критично необхідними для поточної задачі. Хоча його вартість порівнянна з Arduino Uno, екосистема для розробки та кількість готових рішень для простих сенсорних проєктів все ще більш розвинена та доступна для Arduino, що є перевагою на етапі прототипування та реалізації [23]. Таким чином, вибір Arduino Uno R3 для поточної системи економного нічного освітлення є оптимальним з погляду достатньої функціональності, простоти реалізації та мінімізації вартості, у той час як ESP32 та Raspberry Pi Pico W є більш доцільними для проєктів з більшими обчислювальними вимогами або необхідністю мережевої взаємодії [49].

2.2 Вибір та аналіз компонентів для системи.

Для економічної системи нічного освітлення, що активується рухом, ключовим є датчик руху. Враховуючи бюджетні обмеження, надійність та ефективність для зовнішнього застосування, було обрано пасивний інфрачервоний (PIR) датчик моделі HC-SR501 [1]. Цей датчик є одним з найпоширеніших та доступних рішень для проєктів на базі мікроконтролерів Arduino, завдяки простоті

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання, високій чутливості та здатності визначати рухомі об'єкти (людей, тварин) на відстані [50].



Рисунок 2.3 – Датчик руху HC-SR501 [1]

Принцип дії PIR-датчика HC-SR501 базується на вимірюванні змін інфрачервоного випромінювання, яке виділяють об'єкти, що мають температуру, у полі його зору. Коли теплий об'єкт, наприклад людина, перетинає сегменти датчика, це спричиняє зміни в інфрачервоному фоні, що фіксуються сенсором як рух. Модель HC-SR501 оснащена лінзою Френеля та двома піроелектричними елементами, які розпізнають такі зміни, гарантуючи надійне виявлення. Датчик має налаштовані параметри, зокрема потенціометри для регулювання чутливості та часу затримки спрацьовування, що дозволяє оптимізувати роботу системи освітлення та мінімізувати хибні спрацювання. Типова відстань виявлення становить від 3 до 7 метрів, а кут огляду приблизно 120 градусів, що може потребувати стратегічного розміщення датчика або використання декількох датчиків для повного покриття визначеної ділянки доріжки [1].

Живлення датчика HC-SR501 здійснюється напругою від 4.5 В до 20 В, що повністю сумісне з вихідною напругою 5 В мікроконтролера Arduino Uno R3. Вихідний сигнал датчика є цифровим: високий рівень HIGH при виявленні руху та низький рівень LOW за його відсутності, що значно полегшує його інтеграцію з

мікроконтролером [40]. Використання цього датчика дає змогу ефективно реалізувати функцію автоматичного вмикання світла при виявленні руху вночі, сприяючи значній економії енергії. Зважаючи на бюджетні обмеження та необхідну функціональність, PIR-датчик HC-SR501 є оптимальним вибором для цієї системи, забезпечуючи надійне та ефективне визначення рухомих впливів.

Для коректної роботи системи нічного освітлення виключно в темний час доби, необхідно інтегрувати сенсор освітленості. З-поміж різних світлочутливих елементів, таких як фотодіоди та фоторезистори, для цього проекту було обрано фоторезистор (Light Dependent Resistor, LDR) типу GL5528 або аналогічний. Вибір обґрунтований його доступною ціною, простотою з'єднання та достатньою чутливістю для розпізнавання денного та нічного освітлення, що відповідає вимогам бюджету проекту. На відміну від фотодіодів, які генерують струм при освітленні та мають швидкий час відгуку, фоторезистори є пасивними компонентами, що змінюють свій опір в залежності від інтенсивності світла, ідеально підходячи для систем, де не потрібна висока швидкість реакції, але важлива економія [5].

Принцип роботи фоторезистора GL5528 базується на фотопровідності напівпровідникового матеріалу зазвичай сульфід кадмію - CdS, з якого він виготовлений. У темряві опір фоторезистора дуже високий для GL5528 – не менше 1 МОм, а при освітленні він значно зменшується до 8-20 кОм при 10 люксах[5]. Ця властивість дозволяє використовувати його як простий датчик інтенсивності світла, оскільки провідність матеріалу збільшується зі зростанням інтенсивності світла, що на нього. Для підключення фоторезистора до Arduino Uno R3, зазвичай використовується дільник напруги (потенціометрична схема) з постійним резистором. Напруга на виході дільника, що подається на аналоговий вхід Arduino, буде змінюватися пропорційно освітленості, що дозволяє мікроконтролеру визначати рівень освітлення навколишнього середовища [37]. Інтеграція фоторезистора GL5528 дозволяє системі автоматично активуватися лише тоді, коли рівень зовнішнього освітлення падає нижче певного порогового значення, що

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

є ключовим для економного споживання електроенергії та уникнення зайвого ввімкнення світла вдень. Простота реалізації та відсутність потреби у складних бібліотеках або цифрових інтерфейсах роблять фоторезистор оптимальним вибором для цього бюджетного рішення, забезпечуючи надійну та достатню функціональність для поставленої задачі[37,50].

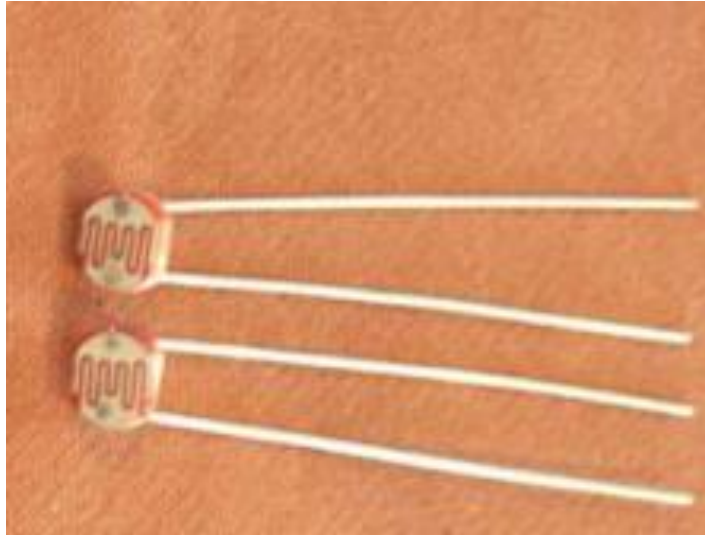


Рисунок 2.4 – Фоторезистор GL5528 [5]

Для забезпечення ефективного та економічного нічного освітлення в системі, яка реагує на рух, було обрано LED-прожектор моделі DC 12V 20W Slim LED Flood Light тип HL-FL-20W-12V. Це типовий варіант для низьковольтних зовнішніх систем освітлення. Вибір пояснюється оптимальним співвідношенням яскравості, енергоефективності, довговічності та сумісності з іншими компонентами системи, зокрема, мікроконтролером Arduino Uno R3 і 5В релейним модулем [5].

Обраний LED-прожектор споживає 20 Вт та працює від джерела постійного струму 12В (DC), що є ключовим для його інтеграції в дану систему. Така низьковольтна архітектура значно підвищує електробезпеку, особливо при використанні на вулиці, та дозволяє застосовувати стандартні та легкодоступні адаптери живлення. Це також спрощує комутацію живлення через релейний модуль, керований мікроконтролером Arduino, виключаючи необхідність безпосередньої роботи з високовольтною мережею 220В AC. Заявлений світловий

потік для 20-ватного прожектора знаходиться в межах 1800-2000 люменів, що забезпечує достатнє освітлення для 10-метрової ділянки доріжки, гарантуючи комфортну та безпечну видимість у темний час доби [2].



Рисунок 2.5 – Прожектор DC 12V 20W Slim LED Flood Light [58]

Конструкція прожектора включає високоефективні SMD світлодіоди, що забезпечують високу світловіддачу та рівномірний розподіл світла. Ці світлодіоди відомі своєю компактністю, що дозволяє створювати тонкі корпуси прожекторів, котрі легше монтувати і мають естетичний вигляд [4]. Звичайний кут розсіювання світла становить 120 градусів, що гарантує широке покриття освітлюваної площі та мінімізує утворення "сліпих" зон [14]. Корпус прожектора виготовляється з міцного литого під тиском алюмінію, який виконує подвійну функцію: забезпечує високу механічну міцність і слугує ефективним радіатором для відведення тепла від світлодіодного модуля. Ефективне тепловідведення є ключовим моментом для стабільної роботи світлодіодів і подовження їх терміну служби, адже перегрів – один з основних факторів, які призводять до зниження світлового потоку та скорочення терміну експлуатації [4]. Алюмінієвий корпус також забезпечує високу

корозійну стійкість, що критично важливо для тривалого використання в умовах зовнішнього середовища.

Клас захисту IP65 (Ingress Protection) є стандартним для зовнішнього освітлювального обладнання. Це означає, що прожектор повністю захищений від потрапляння пилу та від струменів води з будь-якого напрямку. Це забезпечує надійну роботу пристрою в умовах атмосферних опадів, як-от дощ і сніг, а також захищає від пилу та бруду, забезпечуючи безперебійне функціонування системи протягом всього року. Вибір LED-прожектора для цієї системи ґрунтувався на детальному порівняльному аналізі з іншими поширеними типами прожекторів, які можна було б розглядати як альтернативи.

Порівняємо з галогенним прожектором Philips Plusline ES 150W R7s потужністю 150 Вт може забезпечувати світловий потік близько 2200 люменів, що є порівнюваним з обраним LED-прожектором [8]. Проте його енергоспоживання в 7.5 разів вище 150 Вт проти 20 Вт у LED-аналога, що робить його надзвичайно неекономічним для постійного використання. Окрім того, середній термін служби галогенної лампи складає лише 1500-2000 годин, що вимагає значно частішої заміни лампи у порівнянні з терміном служби LED-прожектора у понад 50 000 годин [9]. Галогенні лампи також виділяють велику кількість тепла, створюючи ризики перегріву та підвищуючи пожежну небезпеку [8].

Також порівняємо з металогалогенним прожектором Osram HQI-T 70W потужністю 70 Вт може генерувати значно вищий світловий потік, до 5000 люменів, що перевищує потреби даної системи освітлення доріжки. Але суттєвим недоліком є тривалий час розігріву, котрий може тривати кілька хвилин, щоб досягнути повної яскравості [14]. Це робить їх повністю непридатними для систем, активованих рухом, де необхідне миттєве ввімкнення світла. Металогалогенні лампи також містять ртуть та інші небезпечні речовини, що ускладнює їх утилізацію та підвищує екологічні ризики [8]. Термін служби металогалогенних ламп, хоч і більший за галогенні, але все ж значно менший за LED близько 10 000 - 20 000 годин [11]. На противагу цим технологіям, обраний LED-прожектор

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує негайне ввімкнення на повну яскравість без будь-яких затримок, що критично важливо для системи, котра повинна швидко реагувати на виявлення руху PIR-датчиком. Окрім того, LED-технологія є більш екологічною, бо не містить шкідливих речовин, наприклад, ртуті, та стійка до вібрацій і ударів завдяки своїй твердотільній конструкції [14]. Таким чином, обраний LED-прожектор є оптимальним рішенням для даної системи, забезпечуючи високу ефективність, надійність, безпеку та тривалий термін експлуатації.

Для забезпечення стабільності й надійності функціонування LED-прожектора DC 12V 20W, що призначений для системи освітлення доріжки, необхідно правильно підібрати відповідний блок живлення, здатний гарантувати необхідну напругу та струм. З-поміж різних варіантів джерел живлення, для реалізації цього проекту було обрано імпульсний блок живлення Switching Power Supply моделі AC-DC 12V 2A Power Adapter тип UC-120200) або аналогічний, що є широко доступним та відповідає вимогам за потужністю та напругою. Вибір цього блоку аргументовано його високою ефективністю, компактними розмірами, відносно невисокою вартістю та здатністю забезпечувати стабільну вихідну напругу, що критично важливо для світлодіодного освітлення, гарантуючи його тривалу та безперебійну роботу.

Принцип функціонування імпульсного блока живлення типу UC-120200 полягає у перетворенні високої змінної напруги 220В AC на низьку постійну напругу 12В DC за допомогою високочастотного перетворення енергії. На відміну від традиційних лінійних блоків живлення, які використовують громіздкі трансформатори та функціонують на частоті мережі 50-60 Гц, імпульсні блоки живлення працюють на набагато вищих частотах, що дає змогу використовувати менші та легші компоненти, роблячи пристрій більш компактним та енергоефективним [8]. Даний адаптер характеризується широким діапазоном вхідної напруги 100-240В AC, 50-60 Гц, що робить його сумісним з більшістю електричних мереж, а вихідна напруга становить стабільні 12В DC з максимальним струмом 2 Ампера. Цього струму 2А достатньо для живлення 20-ватного LED-

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прожектора, який споживає близько 1.67 Ампера, лишаячи невеликий запас потужності для стабільної роботи та запобігання перевантаженню блока живлення. Інтеграція блока живлення UC-120200 гарантує надійне та стабільне джерело живлення для прожектора, а його компактні розміри та стандартний роз'єм DC 5.5x2.1 мм полегшують підключення до системи. Блок живлення також зазвичай має вбудовані захисти від короткого замикання, перевантаження по струму та перенапруги, що збільшує безпеку експлуатації всієї системи освітлення [4].



Рисунок 2.6 – Блок живлення AC-DC 12V [60]

Вибір такого типу імпульсного блока живлення також обґрунтовується його перевагами порівняно з іншими поширеними варіантами імпульсних джерел живлення для 12В DC пристроїв. При порівнянні з імпульсним блоком живлення AC-DC 12V 1A Power Adapter, який має максимальний вихідний струм лише 1 Ампер, стає очевидно, що його потужності буде замало для 20-ватного LED-прожектора [7]. Оскільки прожектор споживає 1.67А, використання 1А адаптера призведе до його перевантаження, значного нагрівання та, імовірно, передчасного виходу блока живлення з ладу [4]. З іншого боку, імпульсний блок живлення AC-DC 12V 5A Power Adapter тип UC-120500, з вихідним струмом 5 Ампер, забезпечить надлишкову потужність для 20-ватного прожектора [7]. Хоча такий адаптер буде працювати без проблем, він, як правило, значно дорожчий, має більші

габарити та вагу, а також може мати вищий власний струм споживання на холостому ході в порівнянні з 2А моделлю. Відтак, обраний блок живлення UC-120200 є оптимальним вибором, оскільки він забезпечує необхідну потужність з достатнім запасом, має прийнятні розміри та є економічно ефективним рішенням для даної системи освітлення[7, 4].

Для керування потужним світлодіодним прожектором (12В DC, 20Вт) за допомогою низьковольтного мікроконтролера Arduino Uno R3 (5В DC) необхідний посередник, здатний перемикає електричні кола з різною напругою та силою струму. Серед різних пристроїв комутації, таких як транзисторні ключі або твердотільні реле, для цього проекту було обрано 1-канальний релейний модуль на 5В SRD-05VDC-SL-C. Такий вибір зумовлений його надійністю, простотою підключення, гальванічною розв'язкою між керуючим та навантажувальним колом, а також прийнятною вартістю, яка відповідає бюджету проекту. На відміну від транзисторних ключів, релейний модуль дозволяє комутувати значно більші струми та напруги (як змінного, так і постійного струму) без втрат потужності на елементі та забезпечує повну ізоляцію від мікроконтролера, що підвищує безпеку системи [2].

Принцип роботи 1-канального релейного модуля типу SRD-05VDC-SL-C базується на електромагнітному реле, яке є електромеханічним комутатором. Модуль містить котушку індуктивності, яка при подачі напруги 5В DC від Arduino створює магнітне поле, що притягує рухомий контакт, замикаючи або розмикаючи силове електричне коло [51]. Реле SRD-05VDC-SL-C має три основні контакти: Common, Normally Open та Normally Closed . У даній системі LED-прожектор підключається між контактами COM та NO, що забезпечує його ввімкнення при активації реле. Максимальні параметри комутації для цього реле складають 10А при 250В AC або 10А при 30В DC, що з великим запасом перекриває потреби 20-ватного LED-прожектора який споживає приблизно 1.67А при 12В D. Модуль також оснащений світлодіодним індикатором стану реле, який дозволяє візуально

контролювати його роботу, та захисним діодом для уникнення пошкодження Arduino від зворотних ЕРС котушки реле [2].



Рисунок 2.7 – Реле 5V SRD-05VDC-SL-C 10A [51]

Інтеграція 1-канального релейного модуля є ключовою для безпечного та ефективного управління прожектором, оскільки Arduino Uno не може безпосередньо комутувати такий струм та напругу. Вибір цього типу релейного модуля також обумовлений його перевагами порівняно з іншими аналогічними компонентами. Порівняно з 2-канальним релейним модулем на 5В наприклад, моделі JZC-11F/005-1HS, який містить два окремих реле на одній платі, для даної системи, що використовує лише один LED-прожектор, 2-канальний модуль був би надлишковим і, ймовірно, дорожчим [51]. Хоча він і надає гнучкість для потенційних майбутніх розширень, для поточного проекту одноканального модуля цілком достатньо. З іншого боку, транзисторні модулі комутації, на базі MOSFET транзисторів, типу IRF520N MOSFET Driver Module, хоча й забезпечують швидше перемикання та відсутність механічних частин, вимагають більш ретельного підбору транзистора під навантаження та можуть мати певні втрати на тепловиділення, що потребує додаткових радіаторів при значних струмах [7]. Для простого завдання ввімкнення/вимкнення освітлення електромагнітне реле є більш

надійним та зрозумілим рішенням, яке не вимагає складних розрахунків або додаткового охолодження для даного навантаження [51]. Отже, 1-канальний релейний модуль SRD-05VDC-SL-C є оптимальним вибором, оскільки він надає необхідний функціонал, високу надійність та простоту інтеграції.

2.3. Принцип роботи та функціонування системи.

Система нічного освітлення, що спрацьовує на рух, є складною комбінацією апаратного та програмного забезпечення. Її задача ефективно використовувати електроенергію за рахунок автоматизації освітлення зовнішніх просторів, коли це дійсно необхідно в умовах недостатнього природного світла та за наявності рухомих об'єктів в зоні контролю. Такий підхід демонструє актуальність в контексті сучасних підходів до енергозбереження та підвищення комфорту та безпеки, пропонуючи значущі переваги над традиційними варіантами, такими як постійно включене освітлення або ручне керування [9]. Ефективність системи базується на взаємодії ключових компонентів апаратного забезпечення: мікроконтролера Arduino Uno R3, пасивного інфрачервоного (PIR) датчика руху HC-SR501, фоторезистора GL5528, релейного модуля на 5В та LED-прожектора DC 12В 20Вт. Їх діяльність контролюється спеціалізованим програмним забезпеченням [29].

Система розроблена як вбудована (embedded) система, де центральним елементом є мікроконтролер, який виконує попередньо запрограмовану логіку. Архітектура системи модульна, що дозволяє змінювати конфігурацію та потенційно розширювати функціональність. Всі компоненти з'єднані відповідно до електричної схеми, де Arduino Uno R3 виступає як "мозок", який збирає вхідні дані від сенсорів та формує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв. Робота системи ґрунтується на двох основних умовах активації освітлення[38]. У темний час доби, освітлення повинно включатися тільки тоді, коли природного світла недостатньо це унеможливорює марне споживання енергії вдень. Наявність руху, освітлення має

вимкати лише тоді, коли в зоні контролю зафіксовано рухомий об'єкт. Це запобігає постійному світінню світла вночі, якщо потреби немає[42].

Тільки одночасне виконання обох умов спричиняє включення освітлення. Якщо будь-яка з цих умов не виконується (наприклад, настання дня або відсутність руху протягом визначеного періоду часу), освітлення вимикається [50]. Для повного розуміння принципу роботи системи потрібно більш детально розглянути функцію кожного з її головних компонентів. Мікроконтролер Arduino Uno R3: Це головний процесорний компонент системи. Його 8-бітний мікроконтролер ATmega328P з тактовою частотою 16 МГц він відповідає за виконання основного програмного коду, який безперервно зчитує дані з аналогового входу, до якого підключений фоторезистор[41]. Відслідковує стан цифрового входу, до якого підключений PIR-датчик. Приймає рішення про активацію-деактивацію LED-прожектора, базуючись на отриманих даних та внутрішній логіці. Контролює стан цифрового виходу, підключеного до релейного модуля, для увімкнення/вимкнення прожектора. Реалізує функцію таймера затримки вимкнення освітлення. Має можливість взаємодії з послідовним портом для налагодження або виведення інформації [47].

Фоторезистор GL5528 цей пасивний оптичний датчик є ключовим для вимірювання рівня навколишнього освітлення. Його опір обернено пропорційний інтенсивності світла, що на нього потрапляє: чим світліше, тим менший опір, і навпаки [5]. У системі фоторезистор підключений до аналогового входу Arduino Uno R3 через дільник напруги. Це стандартна схема, де фоторезистор та постійний резистор з'єднані послідовно. Напруга, що знімається між ними, змінюється в залежності від опору фоторезистора, тобто від освітленості. Ця аналогова напруга перетворюється аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) Arduino у цифрове значення (від 0 до 1023 для 10-бітного АЦП), яке потім використовується програмно для визначення поточного рівня освітлення [37]. Налаштування порогового значення для цього параметра дозволяє точно розрізнити день і ніч.

Пасивний інфрачервоний (PIR) датчик HC-SR501: Цей датчик відповідає за виявлення руху. Його робота ґрунтується на виявленні змін інфрачервоного випромінювання. PIR-датчик містить піроелектричні елементи, що чутливі до інфрачервоного випромінювання, та лінзу Френеля, яка фокусує ІЧ-випромінювання на цих елементах і ділить зону детекції на чутливі сегменти [1]. Коли теплий об'єкт (людина, тварина) рухається через ці сегменти, він спричиняє послідовні зміни в інфрачервоному потоці, які сприймаються датчиком як рух. Датчик HC-SR501 видає цифровий вихідний сигнал: високий (HIGH) при виявленні руху та низький (LOW) при його відсутності. Датчик має два потенціометри для налаштування: один для регулювання чутливості (дистанції виявлення), інший – для регулювання часу затримки, протягом якого вихідний сигнал залишається HIGH після фіксації руху [50].

Релейний модуль виступає інтерфейсом між низьковольтним мікроконтролером Arduino (5В) та високовольтним або високострумовим навантаженням в цьому випадку, LED-прожектором (12В). Реле – це електромагнітний перемикач: при подачі низького керуючого сигналу від Arduino 5В котушка реле намагнічується, замикаючи або розмикаючи відповідні контакти. У цій системі використовується модуль з нормально розімкнутими (NO) контактами, які замикаються при активації реле, дозволяючи струму від блока живлення надходити до LED-прожектора. Це забезпечує гальванічну розв'язку між Arduino та ланцюгом прожектора, підвищуючи безпеку та захищаючи мікроконтролер від великих струмів [2].

LED-прожектор DC 12В 20Вт виконавчий пристрій системи, який виробляє світло. Обраний тип прожектора працює від постійного струму 12В, що полегшує інтеграцію з релейним модулем та блоком живлення, а також підвищує електробезпеку для зовнішнього застосування. Потужність 20 Вт гарантує достатній світловий потік (1800-2000 люменів) для освітлення стежки.

Блок живлення DC 12В 2А забезпечує стабільне електроживлення для всіх компонентів системи. Він перетворює змінну напругу мережі 220В AC на постійну

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напругу 12В DC, необхідну для LED-прожектора та релейного модуля. Arduino Uno R3 також може живитися від цього блоку через свій DC-роз'єм або VIN-пін (якщо напруга не перевищує 12В), або окремо від 5В адаптера чи USB [49].

Алгоритм роботи системи можна зобразити як скінченний автомат зі станами та переходами між ними, які визначаються вхідними даними від датчиків.

Початковий стан (ініціалізація) системи розпочинається з подачі живлення Arduino Uno R3 проходить етап ініціалізації. Налаштовуються цифрові піни як входи для PIR-датчика та виходи для релейного модуля. Налаштовуються аналогові піни для зчитування даних з фоторезистора. Ініціалізуються змінні, такі як порогове значення освітленості, час затримки для вимкнення світла. LED-прожектор знаходиться у вимкненому стані.

Основний цикл функціонування зчитує рівень освітленості у кожному циклі Arduino зчитує аналогове значення з фоторезистора. Умова "день", якщо зчитане значення вище встановленого порогового значення (наприклад, поріг для темного світла), система перебуває у стані "день". В цьому стані LED-прожектор залишається вимкненим, незалежно від сигналу PIR-датчика. Це важливий аспект енергозбереження, адже виключає роботу освітлення, коли воно не потрібне. Умова "ніч", якщо зчитане значення нижче порогового, система переходить у стан "ніч" в цьому стані активується моніторинг руху.

Моніторинг руху в стані "ніч", відсутність руху, якщо PIR-датчик не виявляє руху (його вихідний сигнал LOW), LED-прожектор залишається вимкненим. Якщо PIR-датчик виявляє рух (його вихідний сигнал стає HIGH) і Arduino подає сигнал на релейний модуль для замикання контактів, LED-прожектор вмикається.

Запускається або оновлюється внутрішній програмний таймер. Цей таймер фіксує час останнього виявлення руху. Навіть якщо PIR-датчик має вбудовану затримку, програмний таймер на Arduino забезпечує додаткову гнучкість та може "перезапуститися" при кожному новому виявленні руху, щоб світло не вимкнулося, поки людина перебуває в зоні детекції [50].

Визначення кінця руху та затримка вимкнення система продовжує моніторити сигнал від PIR-датчика. Якщо рух припиняється, вихідний сигнал PIR-датчика повертається в LOW. Програмний таймер починає відлік часу з моменту останнього виявлення руху. Умова вимкнення якщо протягом заданого часу (наприклад, 30-60 секунд, що є оптимальним для більшості сценаріїв використання) рух більше не реєструється, Arduino подає сигнал на релейний модуль для розмикання контактів LED-прожектор вимикається система повертається до стану очікування руху в нічному режимі.

Економічність ключовий фактор цієї системи. Вона досягає цього за рахунок деяких чинників. Активація лише тоді, коли освітлення працює виключно за потреби, значно зменшуючи загальний час функціонування прожектора, у порівнянні з його постійною роботою[9]. Це прямо призводить до економії електрики. Використання світлодіодної технології за рахунок LED-прожектора є високоефективним джерелом світла, споживаючи набагато менше енергії, ніж традиційні лампи розжарювання або галогенні лампи, зберігаючи при цьому високий світловий потік[14].

Дворівневий контроль (освітленість + рух): Подвійний критерій активації виключає невиправдану витрату енергії. Світло не вмикається вдень і не світить вночі, якщо відсутній рух. Налаштування затримки вимикання: Можливість регулювання часу, протягом якого світло залишається увімкненим після припинення руху, дозволяє знайти компроміс між комфортом (світло не вимикається занадто швидко) та економією (світло не горить надто довго без потреби). Низьке енергоспоживання компонентів: Arduino Uno R3 та сенсори (PIR, фоторезистор) споживають мінімум енергії в режимі очікування, що загалом робить систему дуже економічною [18].

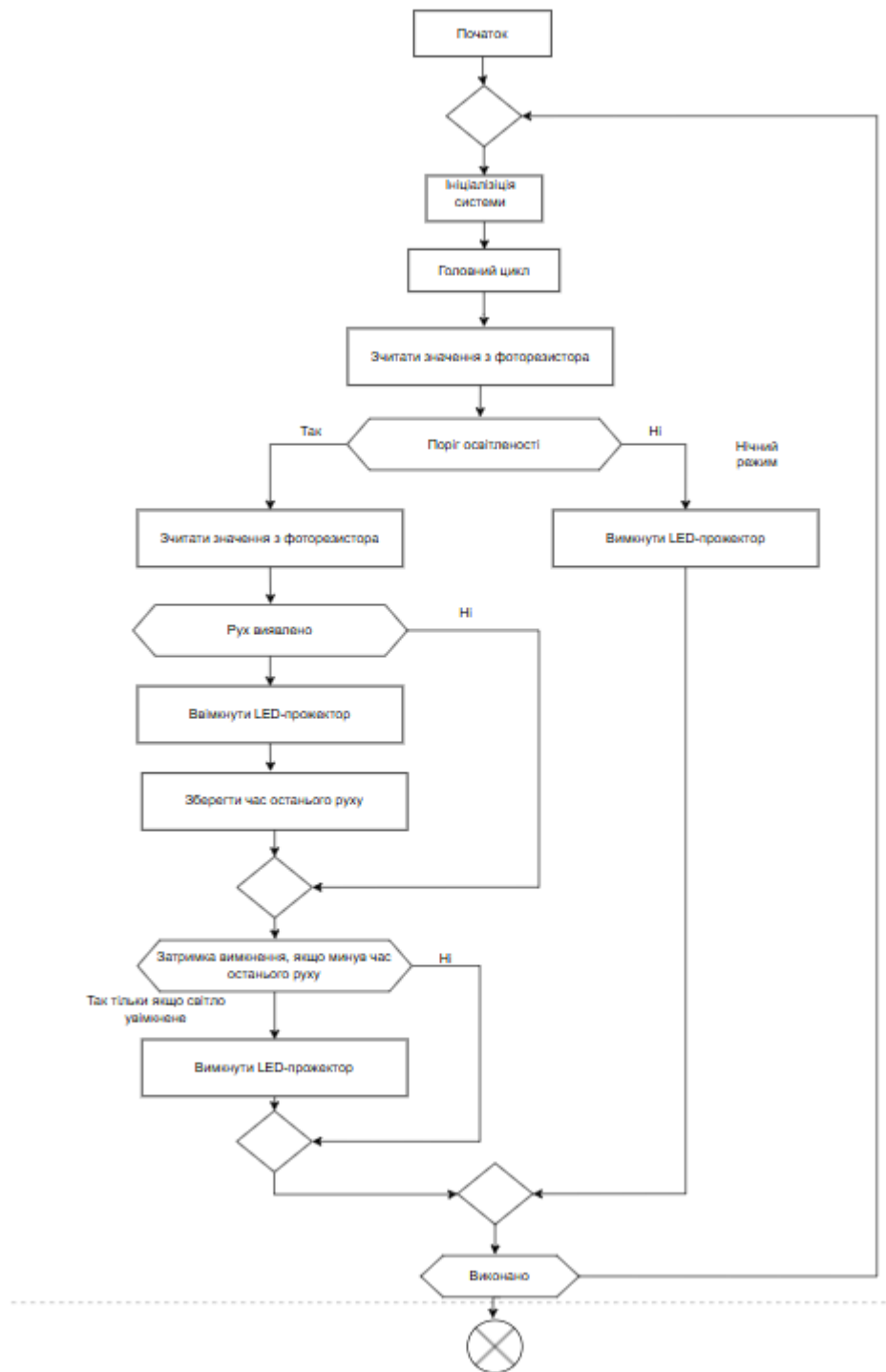


Рисунок 2.8 – Блок-схема алгоритму функціонування

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі кваліфікаційної роботи було проаналізовано створення системи економного нічного освітлення, що реагує на рух, через ретельний аналіз наявних рішень та чітко окреслення задачі. Проведене дослідження дозволило

глибше пірнути у сферу автоматизованого освітлення, виявити сучасні тенденції, а також висвітлити сильні та слабкі сторони існуючих підходів. Це стало вирішальним кроком у формулюванні вимог до запланованої системи та обґрунтуванні вибору найкращих апаратних і програмних компонентів.

На початковому етапі було проведено всебічний аналіз комерційних систем автоматизованого освітлення, що представлені на ринку. Ці рішення, пропонуючи високу інтеграцію та зручність для користувача, часто мають обмежену гнучкість. Звичайні комерційні пристрої, ефективно виконуючи основні функції, зазвичай не дозволяють глибинне налаштування логіки роботи, наприклад, зміну часових затримок, порогів спрацювання освітлення або рівня чутливості датчиків поза кількома базовими опціями. Можливості інтеграції з іншими компонентами "розумного будинку" можуть бути обмежені, що ускладнює створення цілісних та багатофункціональних екосистем. Крім того, вартість таких комплексних систем, особливо від відомих брендів, може бути доволі високою, що стає перешкодою для масового впровадження або для індивідуальних проектів з обмеженим бюджетом. Це підкреслює необхідність у більш доступних, але одночасно гнучких рішеннях.

Паралельно з аналізом готових комерційних продуктів, значну увагу було приділено підходам до реалізації подібних систем на базі відкритих апаратних і програмних платформ. Особливо ретельно вивчено можливості мікроконтролерних систем, таких як Arduino та Raspberry Pi. Ці платформи кардинально відрізняються від комерційних рішень своєю неперевершеною гнучкістю та відкритістю, що дає розробникам повний контроль над створенням власної логіки керування. Вони дозволяють інтегрувати широкий спектр різноманітних датчиків, виконавчих пристроїв та інших модулів, а також легко масштабувати функціонал системи відповідно до зростаючих потреб. Безперечно, робота з такими платформами вимагає від користувача певних технічних знань та навичок в електроніці та програмуванні. Необхідність самостійно з'єднувати компоненти, писати програмний код та ретельно налагоджувати є невід'ємною

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частиною процесу, що може бути викликом для недосвідчених людей, але водночас є надзвичайно цінним досвідом для освітніх цілей та дослідницьких проектів.

Отже, результати всебічного аналізу аналогів та детальної постановки задачі повністю підтвердили актуальність та доцільність розробки системи економного нічного освітлення на основі мікроконтролера Arduino. У цьому розділі було чітко визначено основні функціональні вимоги до майбутньої системи, що включають: автоматичний моніторинг інтенсивності навколишнього освітлення для точного розрізнення дня та ночі; надійне та швидке виявлення руху в зоні контролю; інтелектуальне керування світлодіодним прожектором з можливістю гнучкого налаштування часу затримки його вимкнення після припинення руху; а також забезпечення мінімального енергоспоживання системи у режимі очікування.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕКОНОМНОГО НІЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

3.1 Архітектура та електрична принципова схема системи

Розробка сучасного електронного пристрою пов'язана з розробкою його детальної електричної схеми. Цей основний графічний елемент, який не тільки надає інформацію про всі електричні з'єднання та взаємодії між окремими компонентами пристрою, який є вкрай важливою основою для правильного складання, тестування та подальшого налаштування створюваного обладнання. Для проектування автоматизованої системи економного нічного освітлення, електрична схема демонструє механізм підключення та взаємодії ключових функціональних модулів керуючої мікроконтролерної платформи, сенсорних елементів і виконавчого пристрою.

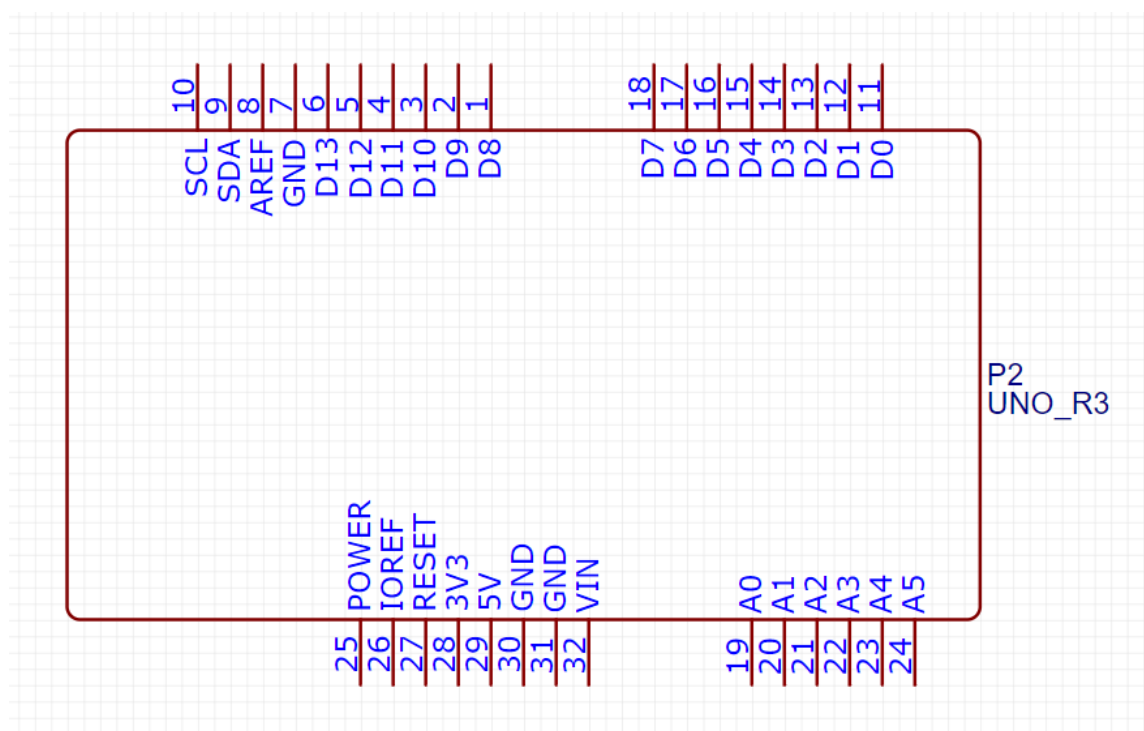


Рисунок 3.1 – Мікроконтролерна плата Arduino Uno R3

Центральним компонентом розроблюваної системи, що реалізує функції обробки вхідних даних, контролю периферійних модулів і реалізації алгоритмічної

логіки автоматичного освітлення, є мікроконтролерна плата Arduino Uno R3, яка базується на інтегральній схемі ATmega328P. Цей вибір зумовлений її широкою доступністю, активною підтримкою з боку спільноти розробників, простотою програмування та достатньою обчислювальною потужністю для ефективного вирішення поставлених завдань з автоматизації освітлення. Вона відповідає за аналіз сигналів від датчиків та генерацію відповідних команд для комутаційного реле. У середовищі EasyEDA, щоб показати мікроконтролер Arduino Uno R3, застосовується особливий символ, що відзеркалює всі його зовнішні контакти: цифрові вхід/виходи (Digital Pins D0-D13), аналогові входи (Analog Pins A0-A5), контакти живлення (5V, 3.3V, GND, Vin) і системні контакти (RESET, IOREF, AREF). Під час розробки принципової схеми в EasyEDA, Arduino Uno R3 включається як один блок, до якого приєднуються інші периферійні складові.

Для належного функціонування системи виключно при слабкому природному освітленні, було застосовано фоторезистор GL5528. Цей напівпровідниковий компонент демонструє зміну власної електричної провідності в залежності від інтенсивності світла: що більше світла, то менший опір, і навпаки. Завдяки цій особливій властивості, фоторезистор надає можливість мікроконтролеру розпізнавати поточний рівень навколишнього освітлення, що є визначальним для прийняття рішення щодо потреби в активації режиму моніторингу руху.

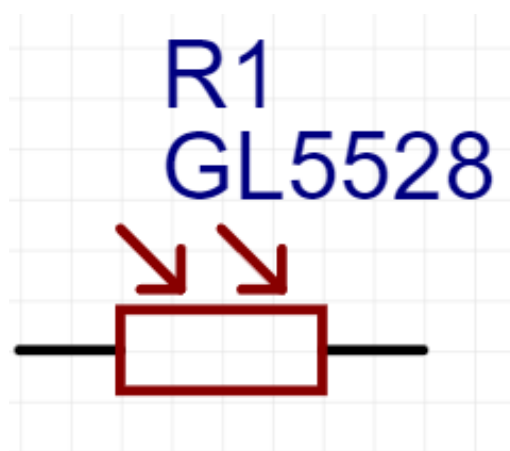


Рисунок 3.2 – Фоторезистор GL5528

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для налагодженої роботи фоторезистора GL5528, включеного до ділильника напруги, в системі застосовується фіксований резистор R2 SMD33-10K. Цей елемент має стандартний опір у 10 кілоом (10 кОм) і є обов'язковою складовою ланцюга вимірювання освітлення. Основне його завдання полягає у формуванні стабільної базової напруги, що дозволяє мікроконтролеру Arduino трансформувати зміну опору фоторезистора (в залежності від яскравості світла) в еквівалентні числові дані. Відтак, R2 служить "стабілізатором" у вимірювальній схемі, гарантуючи точність показників датчика, що критично для прийняття рішення про запуск режиму моніторингу руху.

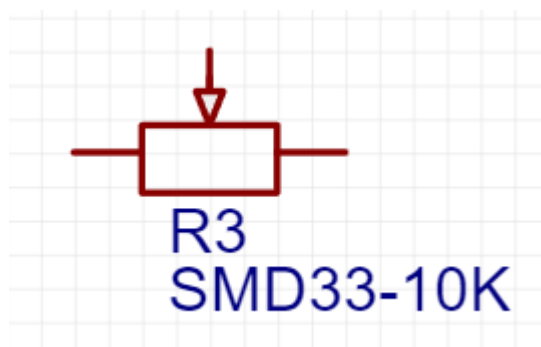


Рисунок 3.3 – Резистор SMD33-10K

В програмному середовищі EasyEDA резистор R2 SMD33-10K зображується стандартним символом резистора. Він з'єднується послідовно з фоторезистором GL5528, утворюючи дільник напруги між виводами +5V та GND. Один вивід R2 під'єднаний до фоторезистора, а інший – до виводу GND мікроконтролера Arduino. Точка з'єднання R1 та R2 підводиться до аналогового входу A0 Arduino, що дозволяє мікроконтролеру зчитувати величину напруги, що корелює з освітленістю.

В EasyEDA фоторезистор GL5528 позначений у бібліотеці елементів стандартним символом LDR (Light Dependent Resistor), який візуально подібний до резистора із позначкою чутливості до світла. Під'єднання фоторезистора GL5528 до мікроконтролера Arduino Uno відбувається за допомогою схеми резистивного

дільника напруги. Один контакт фоторезистора сполучається з контактною площадкою +5V на платі Arduino. Його інший контакт послідовно об'єднується з одним виводом фіксованого резистора опором 10 кОм. Місце електричного з'єднання між фоторезистором та фіксованим резистором приєднується до аналогового входу А0 мікроконтролера Arduino. Другий контакт резистора підключається до контакту GND мікроконтролера. Така схема перетворює зміну електричного опору фоторезистора у відповідну зміну напруги, котра потім перетворюється аналого-цифровим перетворювачем Arduino, надаючи числові дані про інтенсивність світла.

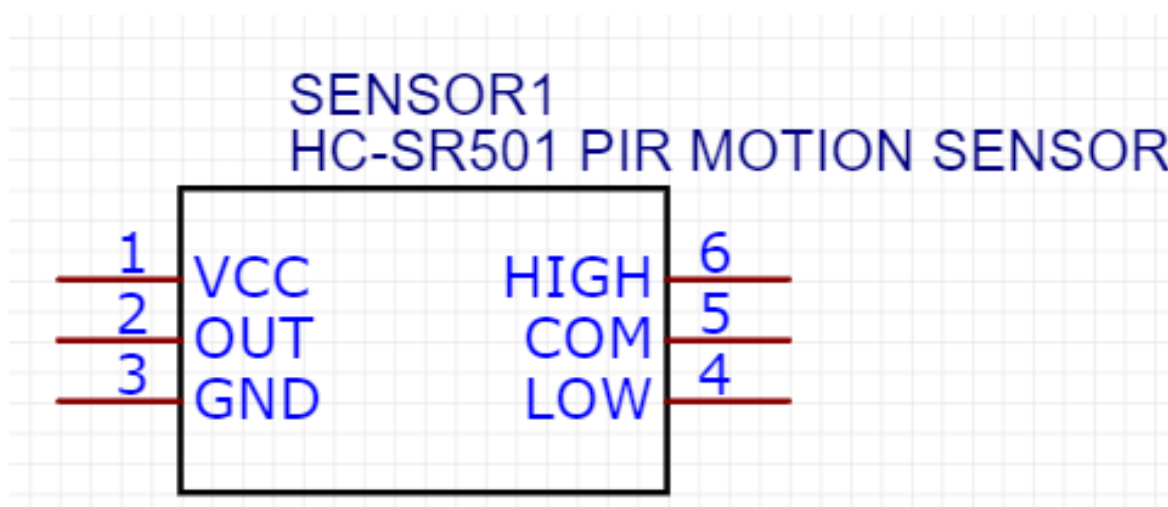


Рисунок 3.4 – PIR-датчик HC-SR501

Для фіксації наявності та пересування об'єктів у зоні, яка контролюється, а також задля увімкнення освітлення використовується PIR-датчик HC-SR501 (пасивний інфрачервоний датчик). Цей сенсор реагує на зміни в тепловому (інфрачервоному) випромінюванні, що виходить від живих організмів, точно фіксуючи переміщення у охоронюваній зоні. Його пасивний принцип дії (відсутність власного випромінювання) забезпечує високу енергоощадність та безпеку використання. Датчик дозволяє регулювати чутливість та час затримки, що дає змогу гнучко пристосувати його роботу до конкретних умов навколишнього середовища.

Як виконавчий компонент, що відповідає за освітлення, в систему інтегровано світлодіодний прожектор - DC 12V 20W Slim LED Flood Light. Саме LED-прожектор обрано з огляду на його надзвичайну енергоощадність, тривалий термін служби (до 50 000 годин), відмінну стійкість до впливів навколишнього середовища, завдяки високому класу захисту (зазвичай IP65 для зовнішніх моделей) та миттєву реакцію на команди увімкнення/ вимкнення, без інерційних пауз. Робота від напруги 12В постійного струму значно збільшує загальну електробезпеку системи, особливо при її використанні на відкритому просторі.

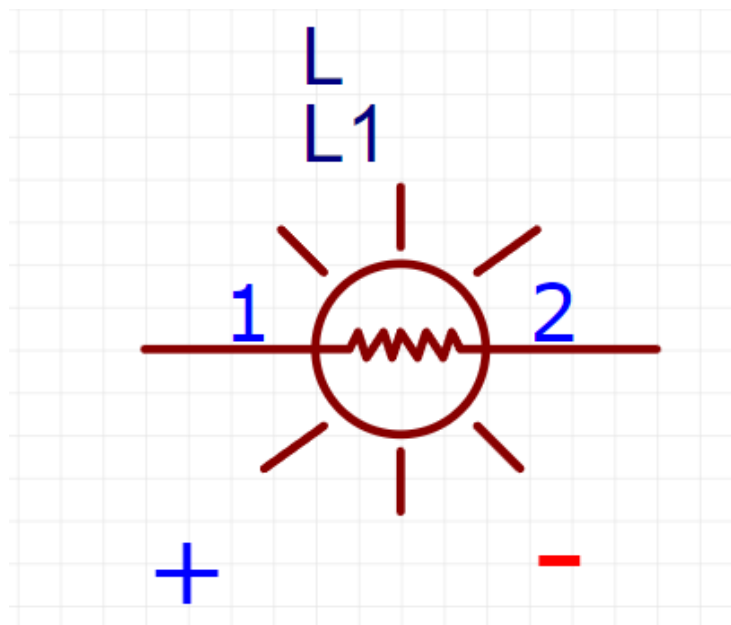


Рисунок 3.5 – LED-прожектор

У EasyEDA, світлодіодний прожектор DC 12V 20W, котрий постає перед нами вже у зібраному вигляді, можливо зобразити на принциповій схемі як типове навантаження або просто як елемент "LED Lamp", що має два висновки: додатній (+) та від'ємний (-). Необхідно відмітити його номінальні параметри (12V DC, 20W) прямо на схемі або в супутньому описі. Підключення здійснюється до силових клем релейного модуля.

Для безпечного перемикання кола живлення LED-прожектора на 12В, що управляється низьковольтним імпульсом з мікроконтролера, використовується

релейний модуль SRD-05VDC-SL-C. Цей модуль містить електромагнітне реле, яке гарантує повну гальванічну розв'язку між керуючим елементом (Arduino) і силовими електричними ланцюгами прожектора. Отже, мікроконтролер отримує надійний захист від високих струмів і потенційних проблем у силовому колі освітлювального пристрою.

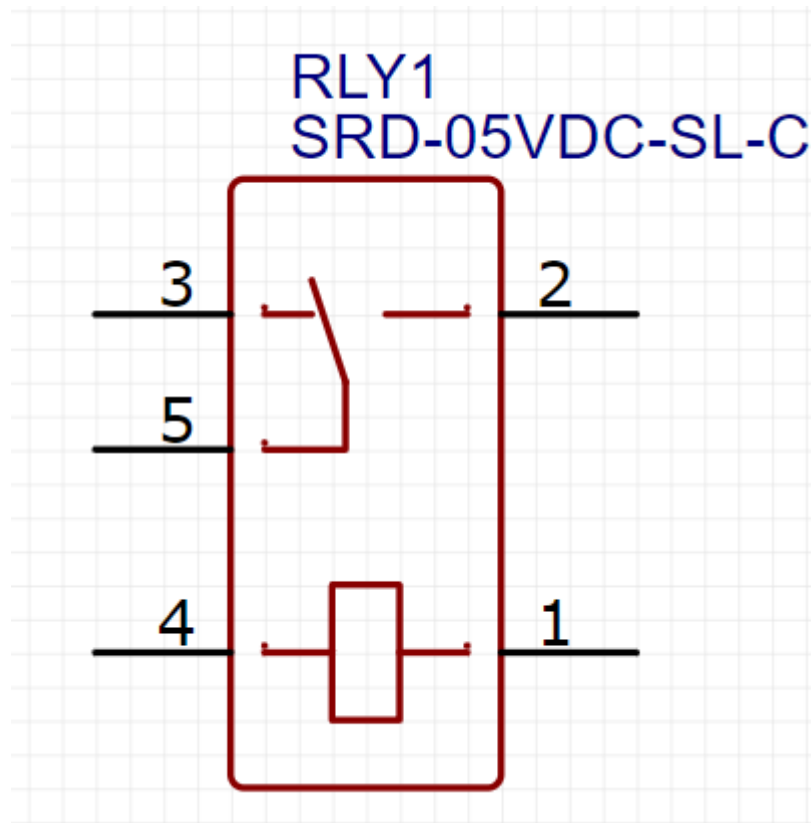


Рисунок 3.6 – Релейний модуль SRD-05VDC-SL-C

У середовищі EasyEDA релейний модуль SRD-05VDC-SL-C зустрічається як за позначенням, так і як "Одноканальний релейний модуль". Символ модуля включає в себе управляючі виводи: VCC (живлення модуля, зазвичай 5В), GND (заземлення модуля) та IN (вхід керуючого сигналу з мікроконтролера). Додатково, на символі зображено силові контакти реле: COM (Common – спільний), NO (Normally Open – нормально розімкнений) та NC (Normally Closed – нормально замкнений).

Підключення релейного модуля SRD-05VDC-SL-C до мікроконтролера Arduino Uno виконується наступним чином: вивід VCC модуля з'єднується з контактом +5V Arduino, а вивід GND модуля – з відповідним контактом GND Arduino. Керуючий вивід IN релейного модуля приєднується до цифрового виводу D7 мікроконтролера Arduino.

Силові контакти COM та NO реле використовуються для послідовного включення LED-прожектора в його коло живлення. Відповідно, при передачі високого логічного рівня на вивід D7, реле активується, замикаючи коло та забезпечуючи живленням прожектор, і навпаки.

Підключення релейного модуля SRD-05VDC-SL-C до мікроконтролера Arduino Uno відбувається наступним чином: вивід VCC модуля з'єднується з контактом +5V Arduino, а вивід GND модуля - з відповідним контактом GND Arduino. Керуючий контакт IN релейного модуля підключається до цифрового виводу D7 мікроконтролера Arduino. Силові контакти COM та NO реле використовуються для послідовного з'єднання LED-прожектора у його ланцюзі живлення. Таким чином, коли на вивід D7 подається високий логічний рівень, реле активується, замикаючи коло та забезпечуючи живлення прожектора, і навпаки.

Гарантування безперебійного й стабільного електропостачання для усіх елементів системи досягається використанням адаптера живлення AC-DC 12V 2A (наприклад, UC-120200, або його аналогів, що мають схожі характеристики). Цей адаптер трансформує змінну напругу, яка надходить із мережі (220В AC), у стабільну постійну напругу 12В DC. Остання необхідна для належного функціонування світлодіодного прожектора та модуля реле. Мікроконтролер Arduino Uno теж може отримувати живлення від цього джерела 12В, завдяки власному стабілізатору напруги (зазвичай через стандартний роз'єм живлення DC Jack, або через контакт VIN). Вибір блока живлення з номінальним струмом 2А забезпечує достатній резерв потужності для прожектора (який потребує приблизно 1.67А), тим самим забезпечуючи безперебійну роботу системи, унеможливаючи ризик перевантажень.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

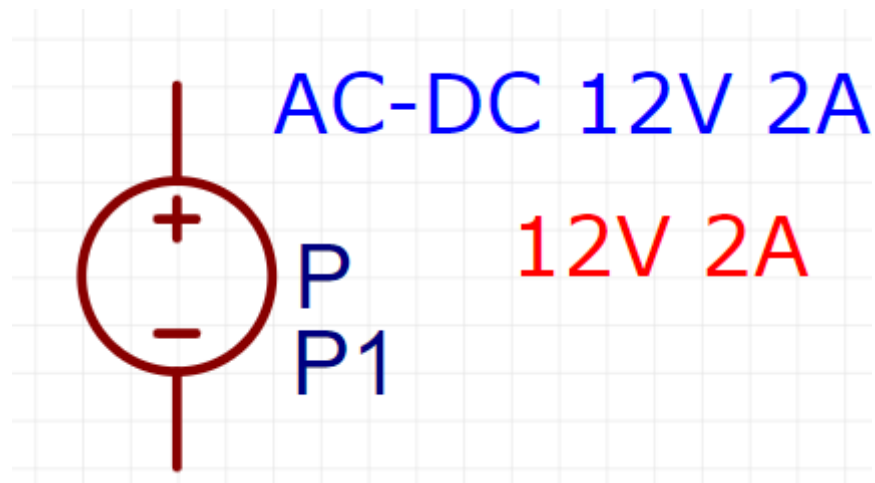


Рисунок 3.7 – Блок живлення AC-DC 12V 2A Power Adapter

У EasyEDA, блок живлення змінного струму на постійний струм (AC-DC) з характеристиками 12В та 2А можна зобразити як джерело постійної напруги (DC Voltage Source), позначене як 12В. Він має два виводи позитивний (+) і негативний (-). На принциповій схемі цей компонент забезпечує живленням LED-прожектор через релейний модуль, а також, за бажанням, плату мікроконтролера Arduino Uno через її вхідний роз'єм живлення або контакт VIN.

Надана принципова схема підкреслює ретельний підхід до підбору та взаємодії компонентів. Застосування стандартизованих шин живлення (12В, 5В та GND) через названі порти (Net Ports) не тільки робить схему зрозумілішою, а й полегшує майбутній монтаж та діагностику. Кожен сигнальний ланцюг, від аналогового входу фоторезистора до цифрового виходу управління реле, спроектовано з урахуванням найкращої передачі даних та зменшення перешкод. Це гарантує коректне функціонування алгоритмів, що базуються на даних з сенсорів та необхідності ввімкнення освітлення.

Ця схема невід'ємна складова інженерної документації, яка візуалізує апаратну концепцію системи економічного нічного освітлення, перевіряє її електротехнічну логіку та використовується як дорожня карта для її фізичного втілення.

освітлення тільки за потреби у темну пору доби та при виявленні руху в зоні контролю.

Процес розробки алгоритмів спирався на поглиблений аналіз функціональних вимог до системи, викладених у розділі 2.1. Зокрема, враховувалась потреба автоматичного визначення часу доби на основі рівня освітленості, виявлення об'єктів у зоні моніторингу та інтелектуального керування освітлювальним приладом, забезпечуючи комфорт користувача та економію енергії. Кожен етап алгоритму було ретельно спроектовано для оптимізації реагування системи на зовнішні стимули та забезпечення її стабільної роботи в різних умовах експлуатації.

Розроблені алгоритми представлено у вигляді блок-схем стандартного та наочного способу візуалізації послідовності операцій, умов прийняття рішень та взаємодії між апаратними та програмними складовими. Кожна блок-схема доповнена докладним текстовим описом, який розкриває її логіку, та псевдокодом. Псевдокод, як спрощене представлення програмного коду, незалежне від конкретної мови програмування, дає чітке розуміння алгоритму та дозволяє легко відтворити його в будь-якому графічному редакторі для створення блок-схем.

Структура цього підрозділу організована для послідовного розкриття всіх аспектів функціонування системи: від загального циклу її роботи до деталізації обробки сигналів від сенсорів. Такий підхід гарантує повноту опису та дає змогу зрозуміти всі взаємозв'язки між програмними модулями та апаратними компонентами системи.

Ключовими компонентами даної програмної архітектури є головний алгоритм керування. Він відіграє роль серця системи, забезпечуючи її централізоване функціонування та безперервну стабільність протягом всього терміну експлуатації. Головні його задачі полягають у первинній ініціалізації системи, регулярному та безперервному отриманні інформації з усіх підключених сенсорів. Крім того, цей алгоритм відповідає за всебічний аналіз отриманих даних

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та прийняття обґрунтованих рішень, які визначають подальшу логіку роботи системи.

Крім того, його безпосередньою зоною відповідальності є забезпечення ефективного функціонування виконавчих елементів, а також координація взаємодії між усіма іншими інтегрованими підсистемами. До архітектури також інтегровано підсистему обробки сигналів, що надходять від датчиків. Ця підсистема відповідає за зчитування даних з аналогових пристроїв скажімо, фоторезистори і цифрових пристроїв, виконуючи їх попередню обробку, та перетворюючи отримані дані в логічні змінні. Ці змінні зрозумілі та безпосередньо застосовуються для коректної роботи основного алгоритму, відомого як Main Loop. Ще одним найважливішим елементом є підсистема управління виконавчими пристроями.

Вона вміщує в себе набір алгоритмічних рішень, спроектованих для злагодженої взаємодії з релейним блоком. Цей блок, своєю чергою, відповідає за безвідмовне увімкнення та вимкнення світлодіодного прожектора, забезпечуючи таким чином безпечне, ефективне та контрольоване керування споживанням електроенергії. Окрім цього, підсистема управління часом реалізує розширений функціонал таймера для затримки вимкнення світла. Її ключове завдання полягає у точному вимірюванні періоду часу, що минув з моменту останньої реєстрації руху, а також у своєчасному сповіщенні головного алгоритму про потенційну потребу вимкнути прожектор, якщо рух не виявлено протягом заздалегідь встановленого та визначеного часового проміжку. Завдяки втіленню такої модульної та чітко організованої структури, суттєво полегшується можливість вносити цілеспрямовані зміни в окремі програмні модулі, не турбуючись про негативні наслідки для працездатності інших складових системи.

Етап ініціалізації надзвичайно критичний та визначальний для гарантування коректного та стабільного старту будь-якої вбудованої системи, оскільки він закладає підґрунтя для її подальшої безперебійної праці. Цей процес виконується лише одноразово, миттєво під час завантаження мікроконтролера, і його ключова

мета це всебічна підготовка всіх необхідних апаратних та програмних ресурсів для їх подальшої взаємодії в рамках головного циклу.

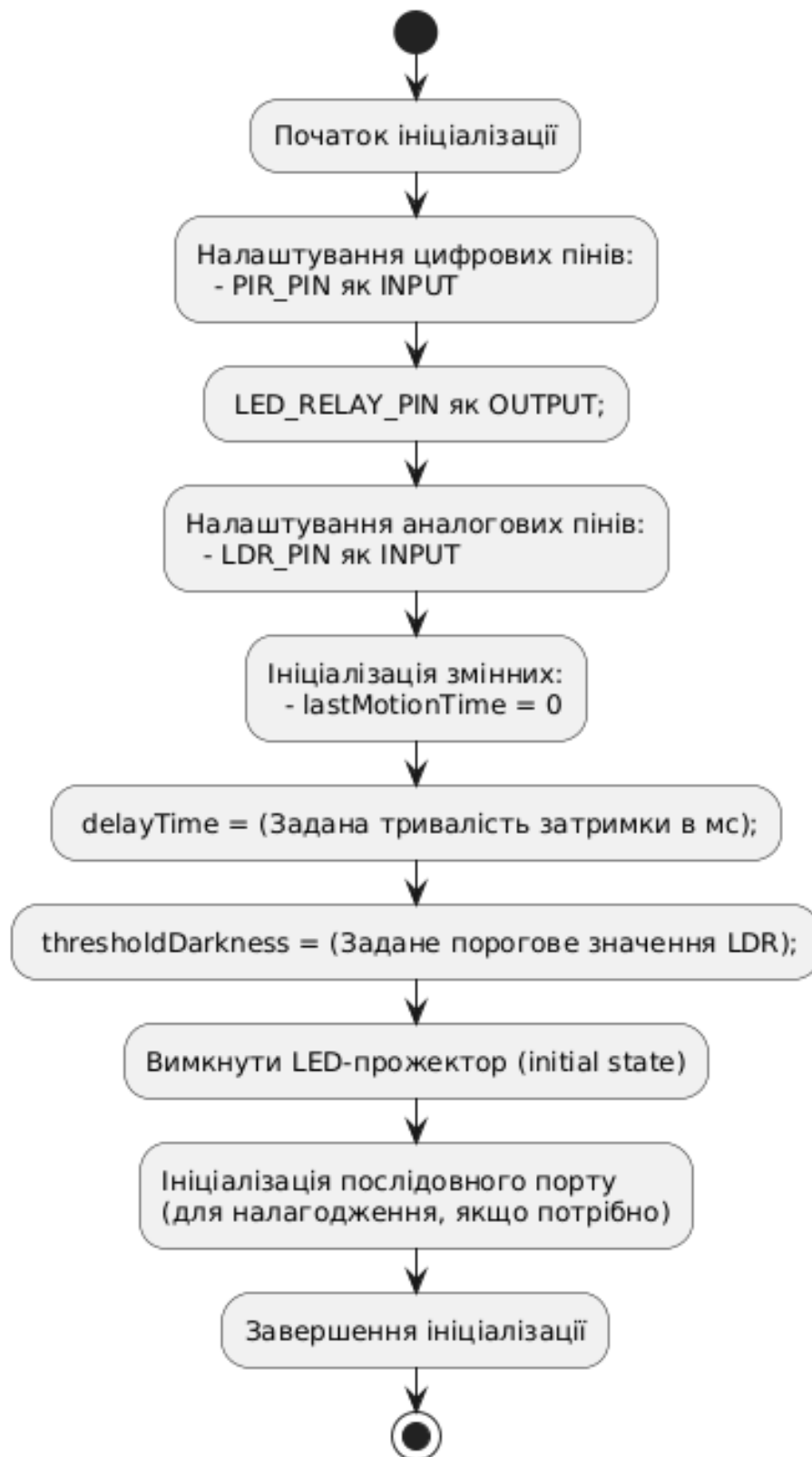


Рисунок 3.10 – Алгоритм ініціалізації системи

Процес ініціалізації алгоритму передбачає низку послідовних та чітко визначених кроків, що забезпечують правильний та безпомилковий запуск системи.

Ініціалізація стартує з реалізації первинних підготовчих кроків, за якими слід ретельна конфігурація цифрових пінів. Зокрема, пін, до якого фізично приєднаний інфрачервоний датчик руху (PIR-датчик), іменований як PIR_PIN, налаштовується як вхідний (INPUT). Це забезпечує безперешкодну передачу цифрових сигналів про рух до мікроконтролера. Даний підхід дозволяє системі постійно відстежувати зміни стану вихідного сигналу датчика, що є ключовим елементом для ініціалізації реакції системи. У той же час, пін, що відповідає за керування релейним модулем, який контролює живлення світлодіодного прожектора, позначений як LED_RELAY_PIN, конфігурується як вихідний (OUTPUT). Це конче необхідно, щоб мікроконтролер мав можливість передавати керуючі сигнали (логічний HIGH або LOW) на реле. Таким чином, відбувається замикання або розмикання електричного кола прожектора, що дає можливість вмикати або вимикати його за потребою. Окрім того, на цьому етапі відбувається налаштування аналогових пінів, зокрема, пін, до якого приєднано фоторезистор (LDR_PIN), визначається як аналоговий вхід (INPUT). Це дозволяє мікроконтролеру фіксувати плавні зміни напруги, що відображають коливання інтенсивності зовнішнього освітлення. Отримані дані є основою для визначення часу доби та подальшого формування рішень щодо активації системи..

Найважливішим та необхідним кроком є ініціалізація внутрішніх змінних системи: змінна lastMotionTime, яка зберігає точний час останнього фіксування руху, отримує початкове значення нуль, вказуючи на відсутність руху на початку роботи; delayTime, що відповідає за встановлення точного часу затримки вимкнення освітлення після повного припинення руху, встановлюється на заздалегідь визначену тривалість та thresholdDarkness, яка зберігає порогове

значення аналогового сигналу, отриманого з фоторезистора, при досягненні або перевищенні якого система автоматично розпізнає початок нічної пори доби.

Після фіналізації конфігурації, LED-прожектор гарантовано буде у вимкненому стані одразу після старту системи. Цей стан утримуватиметься до моменту виконання всіх необхідних критеріїв для його активації. Крім того, хоча це і не є обов'язковим, настійно радиться ініціалізувати послідовний порт особливо для налагодження та виведення діагностичних даних. Виконання усіх цих послідовних і ретельно спланованих етапів остаточно свідчить про повну готовність системи перейти до основного робочого циклу, де й відбудуватиметься моніторинг та керування освітленням.

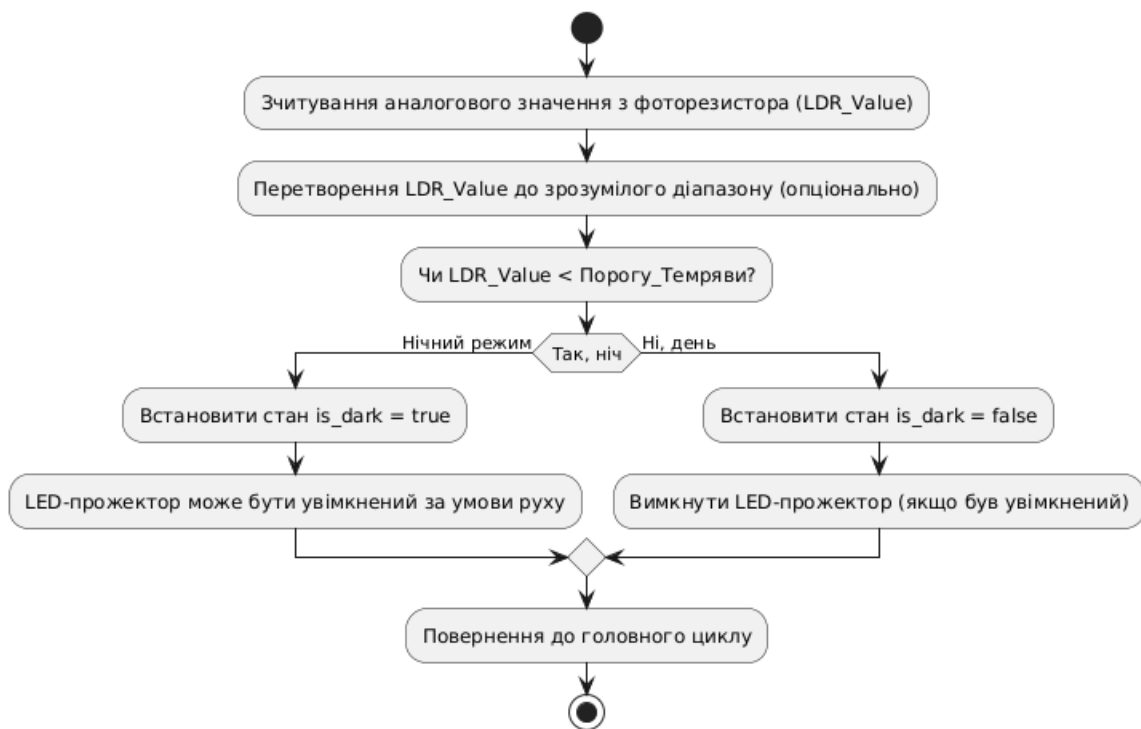


Рисунок 3.11 – Алгоритм моніторингу рівня освітленості

Моніторинг рівня освітленості – це фундамент функціонування системи, яка реагує на темряву, автоматично вмикаючи освітлення. Це критично важливий перший крок, що веде до значної економії електроенергії. Алгоритм керування освітленням починається зі зчитування аналогового значення з фоторезистора

(LDR_Value). В даному експерименті мікроконтролер інтенсивно застосовує інтегрований аналого-цифровий перетворювач (АЦП), щоб перевести аналоговий сигнал з фоторезистора в цифрове представлення. Варто підкреслити, що числове значення, котре надходить, безпосередньо залежить від рівня напруги на ділянку напруги, утвореного фоторезистором і сталим резистором, і, логічно, обернено пропорційне освітленості навколишнього середовища. Також, задля зручності подальшої обробки у програмному коді, отримане значення LDR_Value може бути змінено пропорційно або пристосоване до зрозумілішого діапазону, але для простого порівняння з пороговим значенням ця операція не є абсолютно необхідною. Найважливішим кроком для коректного розпізнавання пори доби виступає умова, яка ретельно зіставляє LDR_Value з наперед визначеним пороговим значенням thresholdDarkness.

Коли LDR_Value дійсно нижчий за поріг, це безпосередньо вказує на недостатню освітленість оточення, як-от настання присмерків або цілковита темрява. У такому випадку внутрішній логічний стан is_dark автоматично набуває значення true. Це дозволяє системі перейти в спеціальний режим роботи, в якому освітлення активується лише у випадку безпосереднього фіксування руху. У випадку, коли LDR_Value перевищує або дорівнює встановленому порогу, це свідчить про адекватне освітлення, наприклад, у світлу пору доби, і тоді змінна is_dark встановлюється у значення false. За таких умов LED-прожектор залишається вимкненим, або негайно деактивується, незалежно від наявності виявленого руху. Це ефективно сприяє уникненню непотрібного споживання електроенергії у денний час. Після чіткого визначення та встановлення поточної пори доби, система переходить до основного циклу, де виконується подальша обробка даних або очікування наступної ітерації, гарантуючи безперебійне функціонування.

Алгоритм стеження за рухом розпочинається з важливої перевірки умови is_dark == true?. Це визначальний крок, оскільки система має активно реагувати на рух лише в темряві. Ця умова критично важлива для запобігання хибним

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрацюванням та уникнення небажаного ввімкнення освітлення впродовж світлового дня. Якщо нічний режим активовано, система безперервно контролює наявність руху, здійснюючи точне зчитування цифрового стану датчика руху (PIR_State). Мікроконтролер отримує безпосередній цифровий сигнал з виходу PIR-сенсора.

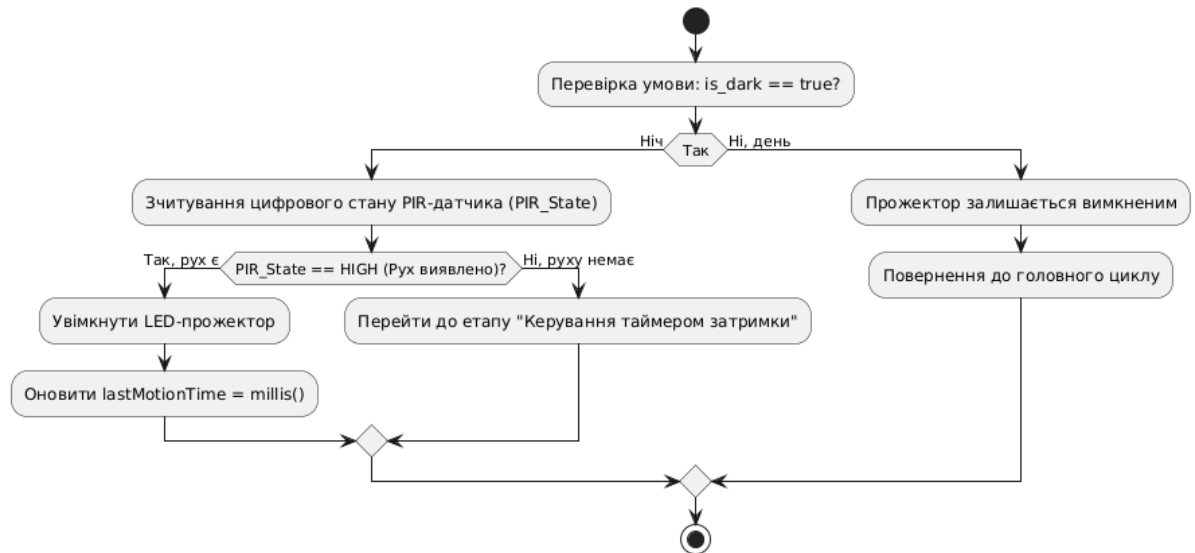


Рисунок 3.12 – Алгоритм стеження за рухом

Наступним етапом є перевірка стану PIR_State чи дорівнює він HIGH, що однозначно вказує на наявність руху в зоні контролю. При підтвердженому виявленні руху негайно активується LED-прожектор. Це реалізується надсиланням відповідного сигналу на пін управління реле, яке замикає свої контакти, вмикаючи освітлення. Разом із цим оновлюється змінна lastMotionTime поточним значенням millis(). Це оновлення критично важливе для правильної роботи системи, адже з кожним новим виявленням руху таймер "перезапускається", гарантуючи, що світло не згасне до тих пір, поки об'єкт перебуває в зоні дії датчика. Якщо PIR-сенсор не реєструє руху, тобто PIR_State не HIGH, система автоматично переходить до "Керування таймером затримки", щоб визначити, чи настав час для вимкнення світла. Якщо ж is_dark дорівнює false (вказуючи на денний час), прожектор залишається вимкненим, ігноруючи будь-які сигнали від PIR-датчика, після чого

цикл повторюється, забезпечуючи безперебійне та економічне функціонування системи.

3.3 Висновок

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було виконано комплексне проектування і розгорнуто опис етапів розробки алгоритмічного забезпечення для автоматизованої системи нічного освітлення, що реагує на рух, задля економії. Розроблено та аргументовано програмну архітектуру системи, що забезпечує її ключову функцію зниження споживання електроенергії через увімкнення освітлення тільки в темний час доби та при виявленні руху.

На базі функціональних вимог, які було проаналізовано в попередніх розділах, було представлено модульну програмну архітектуру, яка включає головний алгоритм керування (Main Loop) і інтегровані підсистеми: обробки сигналів датчиків, управління виконавчими елементами і управління часом. Деталізовано взаємодію між цими компонентами, що гарантує централізоване функціонування та стабільну роботу системи без перебоїв.

Важливим етапом була розробка та формалізація ключових алгоритмів функціонування системи. Зокрема, було докладно описано та візуалізовано за допомогою блок-схем:

Алгоритм ініціалізації системи, який відповідає за одноразову підготовку апаратних та програмних ресурсів, включно з налаштуванням цифрових та аналогових пінів (PIR-датчика, LED-прожектора, фоторезистора) та ініціалізацією внутрішніх змінних. Алгоритм моніторингу рівня освітленості, що забезпечує чітке визначення поточної пори доби на основі даних з фоторезистора, що дає змогу системі переходити в енергоощадний нічний режим.

Алгоритм відстеження руху, який відповідає за активацію освітлення лише в темний час доби за наявності руху, а також за керування таймером затримки для автоматичного вимикання світла після припинення активності.

Аспекти програмної реалізації системи було деталізовано з урахуванням обраної платформи мікроконтролера Arduino. Описано процес програмування в середовищі Arduino IDE мовою C++, зокрема, ініціалізацію цифрових та аналогових входів/виходів для датчиків та виконавчих елементів, логіку зчитування даних з PIR-сенсора та фоторезистора, а також керування релейним модулем LED-прожектора. Окрему увагу приділено програмній реалізації механізму таймера затримки для вимикання освітлення. Створені алгоритми було візуалізовано у вигляді блок-схем та доповнено докладними текстовими описами і псевдокодом, що гарантує чітке розуміння логіки роботи та дозволяє легко відтворити програмну реалізацію. Така структура підрозділу забезпечує повноту опису та дозволяє зрозуміти всі зв'язки між програмними модулями та апаратними компонентами системи.

Отже, у третьому розділі було закладено детальну проектну та алгоритмічну основу для створення функціонального прототипу системи економного нічного освітлення, яка відповідає поставленим вимогам щодо автоматизації, енергозбереження та зручності користувача.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано комплексне вивчення та створення системи заощадливого нічного освітлення, що автоматично реагує на рух та освітленість. На першому етапі було проведено детальний огляд існуючих освітлювальних рішень, принципів енергозбереження, що показало нагальність створення самостійної, недорогої та стабільної системи, здатної зменшити витрати електроенергії, водночас гарантуючи зручність для користувача. Основний акцент було зроблено на необхідності автоматичного управління освітленням відповідно до навколишнього середовища.

Зважаючи на результати аналізу, було сформульовано головну ціль та задачі дослідження, які передбачали розробку програмно-апаратного комплексу для ефективного управління освітленням. Було здійснено обґрунтований підбір основних апаратних складових системи, а саме, платформу мікроконтролера Arduino як центральний керуючий блок, інфрачервоний PIR-датчик для фіксації руху, фоторезистор (LDR) для контролю рівня освітленості та релейний модуль для контролю LED-прожектора. Ключовим моментом стало розроблення архітектури системи, що включає в себе центральний алгоритм управління Main Loop та вбудовані підсистеми для опрацювання даних з датчиків, контролю виконавчих пристроїв та точного вимірювання часу. Така модульна структура забезпечує гнучкість, можливість розширення та безперебійну роботу. Для забезпечення безперебійної роботи системи було розроблено докладну електричну принципову схему, яка визначає зв'язки всіх апаратних модулів. Функціональна логіка системи була формалізована за допомогою алгоритмів, представлених у вигляді блок-схем. Ці алгоритми детально описують процес ініціалізації системи, механізм контролю рівня освітлення для визначення часу доби, а також логіку відстеження руху, яка включає активацію освітлення лише у темний час та вбудований таймер затримки для автоматичного вимкнення при відсутності активності.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завершальним етапом теоретичного проєктування став детальний опис програмної реалізації для мікроконтролерного вузла Arduino. Було розглянуто процес програмування мікроконтролера мовою C++ в середовищі Arduino IDE, включаючи налаштування цифрових та аналогових входів/виходів, логіку обробки даних з PIR-сенсора та фоторезистора, а також програмне керування релейним модулем світлодіодного прожектора та реалізацію таймера затримки. Найважливіші аспекти програмної логіки були проілюстровані відповідними фрагментами псевдокоду, доповненими докладними текстовими описами та візуалізацією за допомогою блок-схем.

Підсумовуючи, виконана робота охопила всі етапи: від аналізу предметної області та визначення завдання до детального проєктування апаратної конфігурації, розробки алгоритмів та планування програмної реалізації системи економічного нічного освітлення. Створено комплексний теоретичний та проєктний фундамент, який є міцною основою для подальшої практичної реалізації прототипу системи, його тестування та оцінки ефективності в реальних умовах експлуатації.

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. HC-SR501 PIR Sensor Datasheet. SparkFun Electronics. URL: <https://www.handsontec.com/dataspecs/SR501%20Motion%20Sensor.pdf> (дата звернення: 29.05.2025).
2. Different Standards of Home Automation Protocols. ADI Global. URL: <https://www.adiglobal.ie/articles-and-resources/home-automation-protocols> (дата звернення: 29.05.2025).
3. Home Automation Controllers 2025 Top Choices. Reolink. URL: <https://reolink.com/blog/home-automation-controller/> (дата звернення: 29.05.2025).
4. What is a PIR Motion Sensor: PIR IC Working, Features and Applications. ElProCus. URL: <https://www.elprocus.com/pir-sensor-basics-applications/> (дата звернення: 29.05.2025).
5. GL5528 Datasheet. Sparkfun. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/SEN-09088.pdf> (дата звернення: 29.05.2025).
6. World Energy Outlook 2023. International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (дата звернення: 28.05.2025).
7. What is Intelligent Lighting Systems. IGI Global. URL: <https://www.igi-global.com/dictionary/technologys-role-in-sustainable-urban-development-in-smart-cities/126997> (дата звернення: 29.05.2025).
8. Learn About LED Lighting. ENERGY STAR. URL: https://www.energystar.gov/products/smart_home_tips/about_products_connected_functionality_0 (дата звернення: 29.05.2025).
9. The Benefits and Drawbacks of Smart Lighting Control Systems. Lumary. URL: <https://www.lumarysmart.com/blogs/news-and-blogs/the-benefits-and-drawbacks-of-smart-lighting-control-systems> (дата звернення: 29.05.2025).

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. PIR Motion Sensor Hookup Guide. SparkFun Electronics Learn. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pir-motion-sensor-hookup-guide> (дата звернення: 28.05.2025).

11. Intelligent Lighting. Cree Lighting. URL: <https://www.creelighting.com/products/intelligent-lighting/> (дата звернення: 29.05.2025).

12. Zigbee vs. Z-Wave: Which Smart Home Protocol to Choose. MakeUseOf. URL: <https://www.makeuseof.com/tag/difference-zigbee-z-wave/> (дата звернення: 29.05.2025).

13. Smart Ways to Control Your Zigbee Lighting. Qub.nl. URL: <https://www.qub.nl/en/faq/qub-blog/4-smart-ways-to-control-your-zigbee-lighting/> (дата звернення: 29.05.2025).

14. Energy Savings with Occupancy Sensors. Lighting Design Lab. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2885/1/012102> (дата звернення: 28.05.2025).

15. Arduino Official Website. Arduino. URL: <https://www.arduino.cc/> (дата звернення: 29.05.2025).

16. Control your light with Arduino. Arduino Project Hub. URL: https://projecthub.arduino.cc/Arduino_Scuola/control-your-light-with-arduino-d1b3f9 (дата звернення: 29.05.2025).

17. ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide. Espressif Systems. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v5.2.2/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html> (дата звернення: 29.05.2025).

18. Sustainable Development Goals (SDGs) and Energy. UNDP (United Nations Development Programme). URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (дата звернення: 29.05.2025).

19. Smart Home Automation with Arduino and Raspberry Pi by Agnes K. Goodreads. URL: <https://www.goodreads.com/book/show/59800762-smart-home-automation-with-arduino-and-raspberry-pi> (дата звернення: 29.05.2025).

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Cyber-Physical Systems: An Overview. National Institute of Standards and Technology (NIST). URL: <https://www.nist.gov/el/cyber-physical-systems> (дата звернення: 29.05.2025).

21. Electronic Design. URL: <https://www.electronicdesign.com/> (дата звернення: 29.05.2025).

22. Smart Home Security and Privacy Concerns. Electronic Frontier Foundation (EFF). URL: <https://www.eff.org/issues/iot> (дата звернення: 29.05.2025).

23. ESP32 Power Saving Modes. Espressif Systems. URL: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/api-reference/system/power_management.html (дата звернення: 29.05.2025).

24. Adaptive Lighting Systems: Beyond Simple On/Off. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute. URL: <https://www.lrc.rpi.edu/> (дата звернення: 29.05.2025).

25. Light Dependent Resistors (LDR) Photoresistors. Electronics-Tutorials.ws. URL: https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_4.html (дата звернення: 28.05.2025).

26. PlatformIO. URL: <https://platformio.org/> (дата звернення: 28.05.2025).

27. MicroPython. URL: <https://micropython.org/> (дата звернення: 29.05.2025).

28. DIY рішення для розумного освітлення. Lutron. URL: <https://residential.lutron.com/us/en/sensors/diy> (дата звернення: 29.05.2025).

29. Use lighting efficiently. Sustainability Victoria. URL: <https://www.sustainability.vic.gov.au/energy-efficiency-and-reducing-emissions/save-energy-in-the-home/lighting/use-lighting-efficiently> (дата звернення: 29.05.2025).

30. Home Automation vs. Home Security: Key Differences Explained. TekMax Technologies. URL: <https://tekmaxtechnologies.com/blog/home-automation-vs-home-security> (дата звернення: 29.05.2025).

31. The Benefits of Smart Lighting. Centric Office Solutions. URL: <https://www.centric-office.co.uk/blog/the-benefits-of-smart-lighting> (дата звернення: 29.05.2025).

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Wireless Sensor Network Topologies for Smart Buildings. IEEE Communications Magazine. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=35> (дата звернення: 29.05.2025).

33. Ambience in Smart Environments: Context-Aware Systems and Human-Computer Interaction. SpringerLink (Specific Article Example). URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58838-8_1 (дата звернення: 29.05.2025).

34. Комплексні рішення для автоматизації освітлення. Honeywell Building Management Systems. URL: <https://buildings.honeywell.com/us/en/brands/our-brands/bms> (дата звернення: 29.05.2025).

35. Raspberry Pi Pico W Datasheet. Raspberry Pi Foundation. URL: <https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-w-datasheet.pdf> (дата звернення: 29.05.2025).

36. ESP32 Forum. URL: <https://www.esp32.com/> (дата звернення: 29.05.2025).

37. How to Use a Photoresistor (LDR) with Arduino. Random Nerd Tutorials. URL: <https://randomnerdtutorials.com/arduino-datalogger-with-temperature-sensor-and-photoresistor/> (дата звернення: 29.05.2025).

38. Fundamentals of Microcontroller Programming. All About Circuits. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/microcontroller-programming-basics/> (дата звернення: 29.05.2025).

39. Smart Sensor Systems for Energy Efficiency in Buildings. Sensors (MDPI Journal). URL: https://www.mdpi.com/journal/sensors/special_issues (дата звернення: 29.05.2025).

40. Motion Sensor Light Circuit using Arduino. Circuit Digest. URL: <https://www.instructables.com/How-to-Use-a-PIR-Motion-Sensor-With-Arduino/> (дата звернення: 29.05.2025).

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

41. Arduino Uno R3 Complete Guide for Beginners. Vayuyaan. URL: <https://vayuyaan.com/blog/arduino-uno-r3-complete-guide-for-beginners/> (дата звернення: 29.05.2025).

42. Design patterns for embedded systems. Embedded Computing Design. URL: <https://embeddedcomputing.com/technology/open-source/10-low-code-rules-for-serious-coders> (дата звернення: 29.05.2025).

43. ATmega328/P Introduction Feature. Arduino Documentation. URL: https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf (дата звернення: 29.05.2025).

44. Arduino - Software development with Visual Studio Code and PlatformIO, Debugging. Schaerens.ch. URL: <https://www.schaerens.ch/iot-arduino-development-with-visual-studio-code-and-platformio-debugging/> (дата звернення: 29.05.2025).

45. Arduino Programming Language: A Complete Guide for Artists. Steve Zafeiriou. URL: <https://stevezafeiriou.com/arduino-programming-language/> (дата звернення: 29.05.2025).

46. Arduino RTOS Design Patterns and Best Practices Guide. MoldStud. URL: <https://moldstud.com/articles/p-mastering-arduino-developing-robust-applications-with-rtos-design-patterns-and-best-practices> (дата звернення: 29.05.2025).

47. Arduino Programming for Embedded Systems: A Comprehensive Guide. TutorialsPoint. URL: <https://www.tutorialspoint.com/arduino/index.htm> (дата звернення: 29.05.2025).

48. C Programming for Embedded Systems: A Comprehensive Guide. GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/embedded-c/> (дата звернення: 29.05.2025).

49. ARDUINO UNO REV3. Sigma Electronica. URL: https://www.sigmaelectronica.net/wp-content/uploads/2012/10/A000066_Web.pdf (дата звернення: 29.05.2025).

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

50. Journal of Cleaner Production. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production> (дата звернення: 29.05.2025).

51. Datasheet для SRD-05VDC-SL-C. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1131944/SONGLERELAY/SRD05VDCSLC.html>

52. Перша лампа розжарювання Едісона. URL: https://gazeta.ua/articles/history/_gori-gori-yasno-135-rokiv-tomu-tomas-edison-vinajshov-lampu-rozzharyuvannya/587900

53. Датчик руху інфрачервоий. URL: <https://diyshop.com.ua/ua/infrakrasnyj-datchik-dvizheniya-hc-sr505>

54. Зображення системи нічного освітлення на основі сенсорів руху. URL: https://www.youtube.com/watch?v=KAUFfedNMfA&ab_channel=INDOTECELECTRICAL

55. Сучасна система нічного освітлення в розумному будинку. URL: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1481458507-sonoff-snzb-03p-sensor-pir-movimiento-y-luminosidad-zigbee- JM>

56. Види датчиків руху. URL: <https://vencon.ua/ua/articles/kak-vybrat-umnyj-datchik>

57. Бездротові телекомунікаційні системи. URL: <https://appconghana.com/>

58. Інтеграція нічного освітлення з іншими системами. URL: <https://ikstelecom.net.ua/smarthome.html>

59. Прожектор DC 12V 20W Slim LED Flood Light. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/315987265/p315987265/>

60. Блок живлення AC-DC 12V. URL: <https://prom.ua/p1901992759-impulsnyj-blok-pitaniya.html>

					КВРКІ 210255.21.02.12 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протокол аналізу звіту подібності експертом

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

Автор: Андрій ШЕЛЕСТ

Співавтор:

Назва: Шелеста_Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1: 2.3%

Коефіцієнт подібності 2: 0.5%

Мікропробіли: 6

Заміна букв: 2

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-05 17:10:08.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

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

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

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

Обґрунтування:

2025-06-05

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Thu Jun 05 11:03:39 EEST 2025, Медзатий Дмитро Миколайович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 10%

ID: 243610 Title: БКР Система економічного нічного освітлення активованого руховими впливами Added in a DB: 2025-06-05 Authors: Андрій ШЕЛЕСТ Heads: Дмитро МЕДЗАТИЙ Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	94365	645	1029 (1%)	14 (2%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Шелест Андрій Ігорович

Тема: Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка та дослідження функціональних характеристик системи економного нічного освітлення, активованого руховими впливами. Розроблена система базується на мікроконтролері та використовує датчики руху для автоматичного ввімкнення/вимкнення освітлення з метою економії електроенергії.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі дипломної роботи проведено ґрунтовне дослідження теоретичних та практичних аспектів побудови систем економного освітлення, активованого руховими впливами, проаналізовано існуючі рішення та технології. У другому розділі було розроблено та теоретично обґрунтовано архітектуру автоматизованої системи економного нічного освітлення, що базується на сенсорах руху, та створено комплексну апаратно-програмну архітектуру системи. У третьому розділі було здійснено комплексне проєктування та детально описано етапи програмної реалізації автоматизованої системи нічного освітлення на базі мікроконтролера.
4. Позитивні сторони роботи: достатня практична цінність роботи, спрямована на вирішення актуальної проблеми енергозбереження. Розроблене рішення є економічно доцільним та може бути легко імплементоване в реальні системи.

5. Негативні сторони роботи: обмежена продуктивність обраного мікроконтролера може впливати на швидкість обробки даних від численних датчиків руху або інтеграції з більш складними системами. Використання стандартних інфрачервоних датчиків руху може мати певні обмеження щодо точності спрацьовування в умовах високої освітленості або при наявності перешкод.

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

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: не має

9. Оцінка дипломної роботи: Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки "добре", 4.50 (В).

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

Львовська Наталія Іванівна, доцент кафедри
ІІЗ, к.пед.наук

" " _____ 2025 р.

 (підпис)

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

Андрія ШЕЛЕСТА

ПІБ здобувача вищої освіти


ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-21-2

ЗАЯВА

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

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

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

 2025 року

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

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

Назва: Система економного нічного освітлення активованого руховими впливами

Автор: Андрій ШЕЛЕСТ

Спеціальність: 123- Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Дмитро МЕДЗАТИЙ, к.т.н. доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

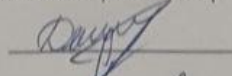
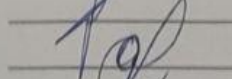
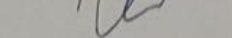
- 1) містяться переважно в аналітичних розділах, не стосуються авторських результатів;
- 2) усі запозичення мають належні посилання або є загальноновживаними технічними формулюваннями;
- 3) деякі збіги стосуються технічних назв, кодів і таблиць, що не є об'єктом авторського права;
- 4) ймовірні «спотворення» викликані автоматичним форматуванням і не є навмисною модифікацією;
- 5) рівень подібності є низьким (2.3%) і не перевищує допустимих меж, що підтверджено офіційним експертним висновком.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає за коефіцієнтом подібності 1 2.3%, а за коефіцієнтом подібності 2 – 0.5% і адресується до 24 першоджерел; за даними системи Anti-Plagiarism складає 1%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

Дмитро МЕДЗАТИЙ

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА