

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ

Група СІ-23-1К

Ілля Денисенков

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу Інститут
інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Денисенков Ілля Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.031.6

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Автоматизована система керування освітленням з мікропроцесорним управлінням

(назва роботи)

Системна інженерія – Інтернет речей

(назва освітньої програми)

174-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело:**

Здобувач освітнього ступеня Денисенков І.І.

(підпис, ініціалита прізвище здобувача)

Науковий керівник  Малько О.Г. доцент кафедри

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

проф. Заміховський Л.М.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 174- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТТС

Заміховський Л.М

(підпис)

(прізвище та ініціали)

“ ” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Студенту _____ Денисенкову Іллі Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Автоматизована система керування освітленням з мікропроцесорним управлінням

керівник проєкту Малько Олександр Григорович, доцент кафедри ІТТС

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “5” травня 2025 року.

№ 280/7

2. Строк подання студентом проєкту “23” червня 2025 року.


3. Вихідні дані до проєкту: Досліджуваний об'єкт – система вимірювання кліматичних параметрів; Джерело живлення – електромережа, 5 В; Похибка вимірювання кліматичних параметрів – 3%; Індикація виміряної величини – цифрова, рідкокристалічний індикатор.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Теоретична частина; 2. Конструкторська частина; 3. Програмна частина; 4. Експериментальна частина; 5. Висновки; 6. Список використаних джерел; 7. Перелік графічного матеріалу; 8. Додаток;

Дата видачі завдання

«15» березня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів проєкту	Відмітка про виконання (підпис керівника)
Видача завдання	10.03.2025	
Збір матеріалу, підготовка теоретичної частини	05.03.2025	
Розробка конструкторської частини і технічного обслуговування	15.04.2025	
Розроблення програмної частини і охорони праці	23.05.2025	
Оформлення пояснювальної записки і графічної частини	15.05.2025	
Захист бакалаврської роботи	26.06.2025	

Студент

Денисенков І.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Малько О.Г.



(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт: 54 с., 12 ілюстрацій, 1 таблиця, 25 використаних джерел інформації.

Тема роботи – автоматизована система керування освітленням з мікропроцесорним управлінням

Предмет дослідження – системи автоматизованого освітлення.

Мета роботи – розробити автоматизовану систему керування освітленням з мікропроцесорним управлінням.

У даному дипломному проєкті проведено аналіз основних методів та засобів автоматизованого освітлення.

На основі аналізу схемотехнічних рішень пристроїв для автоматизованої системи керування освітленням з мікропроцесорним управлінням.

Графічна частина проєкту містить структурну та електричну принципову схему автоматизованої системи освітлення.

В результаті виконання проєкту створено макет автоматизованої системи освітлення на основі ArduinoUNO, застосування програмного забезпечення, написаного на мові програмування C.

Ключові слова: СИСТЕМА, ОСВІТЛЕННЯ, АВТОМАТИЧНА, ДАВАЧ, ARDUINO, ATMEGA 328P, C, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Thesis project: 54 p., 12 illustrations, 1 table, 25 sources of information used.

Project title – Automated Lighting Control System with Microprocessor-Based Management

Subject of research – Automated lighting systems.

Objective of the project – To develop an automated lighting control system with microprocessor-based management.

This diploma project presents an analysis of the main methods and tools used in automated lighting systems.

The analysis is based on circuit design solutions for devices used in an automated lighting control system with microprocessor-based management.

The graphical part of the project includes the structural and electrical schematic diagrams of the automated lighting system.

As a result of the project, a prototype of an automated lighting system was developed based on the Arduino UNO, with software written in the C programming language.

Keywords: SYSTEM, LIGHTING, AUTOMATIC, SENSOR, ARDUINO, ATMEGA 328P, C, SOFTWARE.

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ЗМІСТ

	с.
Вступ	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Принцип роботи датчиків руху.....	10
1.2 Методи та засоби керування освітленням.....	11
1.3 Мікроконтролери, що використовуються в засобах автоматизованого керування освітленням з датчиками руху.....	13
1.4 Сучасні системи автоматизації освітлення на ринку	14
1.5 Протоколи зв'язку та стандарти в системах автоматизованого освітлення	15
1.6 Вимоги до сучасних систем освітлення у розумному домі.....	18
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Розробка структурної схеми.....	20
2.2 Розробка електричної принципової схеми.....	21
2.3 Обґрунтування вибору платформи Arduino.....	22
2.4 Модулі Arduino.....	24
2.5 Прошивка мікроконтролера	25
2.6 Аналіз надійності та захисту автоматизованої системи освітлення.....	27
2.7 Можливості розширення та масштабування системи	30
3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА	33
3.1 Розробка алгоритму роботи пристрою.....	33
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	34
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	38
4.1 Технічні характеристики розробленого пристрою	38
4.2 Інструкція з експлуатації (обслуговування) розробленого пристрою.....	38
4.3 Аналіз існуючих систем даного призначення	40
4.4 Опис демонстрації роботи пристрою.....	42

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Денисенков І.І.				<i>Автоматизована система керування освітленням з мікропроцесорним управлінням</i>	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Малько О.Г.		<i>[Підпис]</i>			6	54		
Н. контр.	Возний А.В.				ІФНТУНГ СІ-23-1К				
Затверд.	Заміховський Л.М.								

4.5 Методика, налаштування, програмування, підготовка до роботи.....	43
4.6 Стабільність та надійність роботи в умовах тривалого використання...	45
Висновки	47
Список використаних джерел.....	48
Додаток А – Лістинг коду програми для мікроконтролера.....	50
Схема електрична структурна.....	51
Схема електрична принципова.....	52
Перелік елементів.....	53
Блок-схема роботи пристрою	54

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розроблення системи автоматизованого виявлення руху об'єктів може бути викликаною задачею, яка включає кілька етапів. Основним завданням системи автоматизованого виявлення руху є виявлення об'єктів, які переміщуються в певному просторі, та передача цієї інформації до системи керування рухом об'єктів.

Першим етапом є визначення вимог до системи автоматизованого виявлення руху. Необхідно визначити типи об'єктів, що будуть виявлятися, їх швидкість переміщення, розмір та відстань виявлення.

Другим етапом є вибір технології виявлення руху об'єктів. Найбільш поширеними технологіями є використання радарів, ультразвукових датчиків, відеокамер, лазерних датчиків тощо.

Третім етапом є розробка алгоритму виявлення рухомих об'єктів. Необхідно використовувати алгоритми машинного навчання, щоб забезпечити точне та швидке виявлення об'єктів.

Четвертим етапом є вибір методу передачі інформації про рух об'єктів до системи керування рухом об'єктів. Це може бути бездротова передача даних через Wi-Fi або Bluetooth, або провідна передача даних через Ethernet.

Останнім етапом є розробка інтегрованої системи керування рухом об'єктів, що включає в себе систему автоматизованого виявлення руху, систему передачі даних та систему керування рухом об'єктів.

Після розробки системи, необхідно провести перевірку на різних умовах, щоб гарантувати її коректну роботу в будь-яких ситуаціях.

У результаті виконання курсового проектування згідно з освітньо-професійною програмою "Автоматизація та інтегровані технології" студент отримує такі фахові навички: здатність використовувати знання фізики, електротехніки, електроніки та мікропроцесорної техніки в межах, необхідних для розуміння процесів у системах автоматизації та інтегрованих технологіях;

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	Недокум	Підпис	Дата		

уміння аналізувати принципи роботи технічних засобів автоматизації, їх характеристики та призначення з урахуванням потреб системи автоматизації та умов її експлуатації, щоб аргументувати вибір необхідних засобів;

володіння навичками роботи з сучасними технологіями в галузі автоматизації та комп'ютерної інтеграції, зокрема, в області багаторівневих систем керування, збору та архівування даних для створення бази даних параметрів процесу та їх візуалізації з використанням засобів інтерфейсу людина-машин;

вміння обґрунтовувати вибір технічної структури та розроблювати прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування з використанням локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів;

уміння ефективно використовувати комп'ютерні та інформаційні технології для розв'язання професійних завдань, знання основ програмування та вміння використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для автоматизації завдань.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	Недокум	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Принцип роботи давачів руху

Принцип роботи давачів руху полягає в виявленні руху об'єкта та передачі відповідної інформації про цей рух.

Існує декілька типів давачів руху, які працюють за різними принципами: Інфрарчервоні датчики - працюють за принципом відбивання або поглинання інфрарчервоного випромінювання об'єктом. Датчик здійснює передачу інфрарчервоних сигналів, які після відбиття від об'єкта повертаються назад до датчика. Від часу затримки повернення сигналу до датчика залежить відстань до об'єкта та швидкість його руху.

Радіохвильові датчики - працюють за принципом відбивання радіохвиль об'єктом. Датчик передає радіохвильові сигнали, які після відбиття від об'єкта повертаються назад до датчика. За час затримки сигналу до датчика визначається відстань до об'єкта та швидкість його руху.

Акустичні датчики - працюють за принципом відбивання звукових хвиль об'єктом. Датчик передає звукові хвилі, які після відбиття від об'єкта повертаються назад до датчика. Від часу затримки повернення сигналу до датчика залежить відстань до об'єкта та швидкість його руху.

Отже, принцип дії давачів руху полягає у вимірюванні зміни певних параметрів, які залежать від руху об'єкта, і перетворенні цих змін у вхідний сигнал для електронної системи. Це дозволяє визначати швидкість, прискорення та розташування рухомий об'єкта, що є корисним для багатьох промислових та наукових застосувань.

Додатково слід зазначити, що кожен тип датчика має свої переваги та недоліки. Наприклад, інфрарчервоні PIR-датчики відзначаються енергоефективністю, простотою та невисокою вартістю, але можуть мати обмежену дальність дії та чутливість до температурних змін. Радіохвильові датчики мають більший радіус дії та можуть виявляти рух навіть крізь деякі перешкоди (наприклад, скло або тонкі стіни), проте вони можуть створювати

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіочастотні перешкоди для інших пристроїв. Акустичні сенсори ефективно працюють у контрольованих приміщеннях, але можуть бути чутливими до шумового фону.

Сучасні системи автоматизації часто поєднують декілька типів датчиків для досягнення найвищої точності та надійності виявлення руху. Наприклад, комбінація PIR-датчика з ультразвуковим дає змогу зменшити кількість помилкових спрацювань та підвищити стабільність системи в різних умовах експлуатації.

Важливо також звертати увагу на програмну обробку сигналів від датчиків. За допомогою фільтрації, цифрових алгоритмів згладжування або комбінування даних з кількох джерел можливо значно підвищити точність роботи системи.

Таким чином, ефективне застосування датчиків руху базується не лише на апаратному забезпеченні, а й на програмній логіці, яка дозволяє пристрою адаптуватися до різних умов середовища. У контексті систем освітлення це означає можливість налаштування рівня чутливості, тривалості увімкнення світла, і навіть взаємодії з іншими елементами «розумного дому» для створення зручних сценаріїв використання.

1.2 Методи та засоби керування освітленням

Автоматичні вимикачі освітлення - це електронні пристрої, які призначені для автоматичного керування освітленням у приміщенні. Вони можуть детектувати наявність людей, рівень освітленості або час доби, та відповідно до цих параметрів керувати включенням та вимиканням освітлення.

Основні методи та засоби керування освітленням автоматичними вимикачами:

Детектор руху - це датчик, який реагує на рух людини. Коли датчик виявляє рух у приміщенні, він включає світло, а коли руху не виявляється протягом певного часу, світло вимикається.

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таймер - це пристрій, який програмується на певний час включення та вимикання світла. Наприклад, таймер може включати світло на певний час вранці та ввечері, а після цього автоматично вимикати його.

Комбінований датчик - це пристрій, який поєднує в собі детектор руху та датчик освітленості. Він може автоматично включати світло, коли виявляється рух у приміщенні та рівень освітленості нижче порогового значення.

Реле для керування освітленням - це електромеханічний або електронний пристрій, який дозволяє керувати включенням та вимиканням освітлення. Реле можна використовувати як самостійний пристрій або в складі автоматичної системи керування освітленням.

Автоматичні вимикачі мають широкий спектр застосування – від житлових приміщень і офісів до промислових та складських об'єктів. Їх використання дозволяє не лише економити електроенергію, а й підвищити зручність та безпеку користувачів.

У сучасних автоматичних вимикачах також часто реалізується підтримка бездротових технологій зв'язку, таких як Wi-Fi, Bluetooth або ZigBee, що дає можливість інтеграції цих пристроїв у системи «розумного дому». Це дозволяє віддалено керувати освітленням через мобільні застосунки, задавати індивідуальні сценарії для кожного приміщення, а також вести моніторинг споживання енергії в режимі реального часу.

Ще однією перевагою є можливість комбінування кількох типів сенсорів у межах одного пристрою. Наприклад, сучасні автоматичні вимикачі можуть одночасно враховувати рух, температуру повітря, рівень освітленості та вологість, приймаючи рішення на основі комплексного аналізу даних. Такий підхід забезпечує більшу гнучкість, адаптивність та точність в роботі системи освітлення.

Варто також відзначити, що автоматичні вимикачі освітлення сприяють підвищенню рівня безпеки. Наприклад, функція імітації присутності дозволяє автоматично вмикати світло у випадковий час, створюючи враження, що в приміщенні є люди, навіть коли мешканці відсутні. Це може слугувати ефективним засобом проти несанкціонованого проникнення.

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сфері енергоефективності автоматичні системи освітлення стали важливою складовою політики сталого розвитку. Вони дозволяють зменшити споживання енергії, знизити експлуатаційні витрати та мінімізувати викиди CO₂. Наприклад, використання LED-ламп у поєднанні з автоматичними вимикачами дозволяє досягти економії до 70% у порівнянні з традиційними системами освітлення.

Загалом, впровадження автоматичних вимикачів освітлення є одним із ключових кроків у напрямку створення енергоефективного, комфортного і технологічно розвиненого середовища. Завдяки постійному розвитку електроніки та програмного забезпечення, ці пристрої стають все доступнішими, надійнішими і функціональнішими, що робить їх невід'ємною частиною сучасних систем управління освітленням.

1.3 Мікроконтролери, що використовуються в засобах автоматичного керування освітленням з датчиками руху

Мікроконтролери, що використовуються в засобах автоматичного керування освітленням з датчиками руху, зазвичай використовуються як частина системи керування освітленням. Основні функції мікроконтролерів в таких системах:

Обробка сигналів датчиків руху. Мікроконтролер отримує сигнали з датчиків руху та обробляє їх, включаючи або вимикаючи світло в залежності від стану датчика.

Програмування логіки керування. Мікроконтролер може мати програмне забезпечення, яке програмується для виконання певних логічних операцій. Наприклад, мікроконтролер може програмуватися для вимкнення світла, якщо ніхто не перебуває в приміщенні більше 10 хвилин.

Керування реле. Мікроконтролер може включати та вимикати реле, що керують світлом. Він може також керувати іншими пристроями, що включаються разом із світлом, наприклад, кондиціонером повітря.

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування сенсорними екранами. Деякі системи керування освітленням з давачами руху можуть мати сенсорні екрани для керування. Мікроконтролер може керувати цими екранами та отримувати сигнали з них.

Забезпечення безпеки. Мікроконтролер може мати захисні функції, щоб запобігти пошкодженню системи, якщо виникають непередбачувані обставини, такі як перенапруга чи коротке замикання.

1.4 Сучасні системи автоматизації освітлення на ринку

У сучасному світі автоматизовані системи керування освітленням стали важливою складовою концепції «розумного дому» (Smart Home). Вони забезпечують не лише зручність керування світлом, але й підвищують енергоефективність, безпеку та комфорт користувачів. На ринку представлено велику кількість готових рішень від відомих компаній, які пропонують як провідні, так і бездротові варіанти систем керування освітленням.

До найбільш популярних комерційних рішень належать:

- Philips Hue – система бездротового освітлення, яка дозволяє керувати лампами через Wi-Fi або Bluetooth. Підтримує інтеграцію з голосовими помічниками (Google Assistant, Amazon Alexa), мобільними застосунками, а також надає користувачам широкий спектр кольорових режимів. [4].

- Xiaomi Mi Smart Home (Aqara) – бюджетна система на базі протоколу ZigBee, яка підтримує автоматизацію за допомогою датчиків руху, освітленості, температури. Має мобільний додаток Mi Home, через який задаються сценарії освітлення [5].

- Loxone Smart Home – преміальна система автоматизації будинку з високим рівнем надійності. Освітлення автоматично вмикається за присутністю, денним світлом та розкладом. Система часто використовується в комерційних об'єктах [6].

- Ajax LightSwitch – українське рішення, орієнтоване на безпечне та стабільне керування освітленням. Комутує лінію живлення, дозволяє дистанційно вмикати світло через мобільний застосунок, має резервне керування в разі відсутності зв'язку (таблиця 1.1)

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Таблиця 1.1 – Порівняння сучасних систем автоматизації освітлення,
доступних на ринку

Назва системи	Тип зв'язку	Керування через інтернет	Підтримка сценаріїв	Ціна (від), грн	Переваги
Philips Hue	Wi-Fi / ZigBee	Так	Так	~1500/лампа	Простота, кольорові режими
Xiaomi Aqara	ZigBee	Так	Так	~800/модуль	Доступність, інтеграція
Ajax LightSwitch	Бездротовий RF	Так	Обмежена	~1200/вимикач	Захищений канал, дизайн
Loxone	Проводовий/Bus	Так	Так	>5000/кімната	Інтеграція, надійність
DIY (Arduino-базоване)	Індивідуально	За потреби	Так	~300–800/вузол	Гнучкість, низька вартість

Аналіз таблиці свідчить про значне різноманіття систем – від простих модулів до складних інтелектуальних платформ. Водночас більшість з них є дорогими або вимагають підключення до хмарних сервісів, що створює ризики щодо конфіденційності та автономності. У зв'язку з цим проектування власної системи освітлення з використанням мікроконтролера, зокрема Arduino або сумісних з ним платформ, має важливе значення. Вона дозволяє адаптувати функціональність під конкретні вимоги користувача, забезпечити автономність роботи та мінімізувати витрати [9].

1.5 Протоколи зв'язку та стандарти в системах автоматизованого освітлення

У сучасних системах автоматизації освітлення ключову роль відіграють протоколи зв'язку, які визначають, як обмінюються даними між пристроями.

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ				

Вибір відповідного протоколу впливає на стабільність роботи, можливість розширення системи, рівень енергоефективності та її загальну вартість. Серед найпопулярніших протоколів у цій сфері можна виділити ZigBee, Z-Wave, Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE), DALI та KNX.

ZigBee є відкритим стандартом бездротового зв'язку, що функціонує на частоті 2,4 ГГц. Його головна перевага – низьке енергоспоживання, що дає змогу пристроям працювати від батарей упродовж кількох років. Цей протокол часто застосовують у системах освітлення завдяки надійному зв'язку в мережах із великою кількістю пристроїв, а також завдяки підтримці топології "mesh", яка дозволяє передавати сигнали через інші вузли [19].

Z-Wave – це ще один бездротовий протокол, подібний до ZigBee, але він працює на інших частотах, наприклад, 868 МГц у Європі. Він вирізняється високою сумісністю між пристроями різних брендів і застосовується переважно в побутових системах автоматизації. Його сильна сторона – менша кількість радіоперешкод порівняно з Wi-Fi чи ZigBee [20].

Wi-Fi – це універсальний протокол, який забезпечує широке покриття та високу швидкість передачі даних. Проте через значне енергоспоживання його зазвичай використовують із пристроями, підключеними до електромережі. У системах освітлення Wi-Fi часто застосовують для з'єднання контролерів із інтернетом і мобільними програмами.

Bluetooth Low Energy (BLE) використовується для короткострокового зв'язку між пристроями, такими як світильники чи датчики. Його перевага полягає в низькому енергоспоживанні, хоча дальність дії залишається обмеженою.

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) – це провідний протокол, популярний у професійних системах освітлення, наприклад, в офісах, на заводах чи в торгових центрах. Він дозволяє індивідуально керувати кожною лампою, створювати сценарії освітлення та підтримувати регулювання яскравості [22].

KNX – це міжнародний стандарт автоматизації будівель, який охоплює не лише освітлення, а й вентиляцію, охоронні системи та енергоменеджмент. Він

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримує як провідне, так і бездротове підключення, хоча його впровадження є складнішим, зате система надзвичайно надійна та масштабована [23].

Кожен з протоколів має свої унікальні особливості, тому вибір залежить від конкретних вимог системи. Наприклад, якщо пріоритетом є довготривала автономна робота від батареї, доцільно обирати ZigBee або BLE. Якщо ж важливі висока пропускна здатність і доступ до Інтернету, оптимальним буде Wi-Fi.

У великих комерційних проєктах все частіше використовують гібридні рішення, де, наприклад, Wi-Fi або Ethernet використовується для підключення центрального контролера, а кінцеві пристрої (світильники, датчики) об'єднуються в мережу через ZigBee або DALI. Такий підхід дозволяє зберігати баланс між швидкістю, надійністю, масштабованістю та енергоефективністю.

Також важливо враховувати питання безпеки. Системи розумного освітлення часто мають доступ до внутрішньої мережі будівлі або квартири, тому протоколи повинні мати захищене з'єднання (шифрування даних, аутентифікацію пристроїв тощо). У цьому аспекті KNX та ZigBee мають підтримку захищених стандартів обміну даними.

Із розвитком індустрії 4.0 та інтернету речей (IoT) з'являється тенденція до переходу на IP-орієнтовані протоколи, що підтримують IPv6 та можуть бути керовані централізовано через хмарні сервіси. Такі рішення дозволяють більш гнучке налаштування освітлення, інтеграцію з аналітикою, голосовими асистентами (наприклад, Alexa або Google Home) та автоматизацію сценаріїв через штучний інтелект.

Окремо слід згадати і про протоколи промислового рівня, які використовуються в автоматизації великих підприємств. Наприклад, Modbus, BACnet або OPC UA. Вони мають вищий рівень стабільності, масштабованості та інтегруються з SCADA-системами, що дозволяє не тільки керувати освітленням, а й забезпечувати повний контроль над усіма інженерними мережами будівлі [25].

Таким чином, протоколи зв'язку та стандарти є критичним елементом в архітектурі автоматизованих систем освітлення. Вони визначають не лише

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічну реалізацію обміну даними, а й впливають на гнучкість, безпеку, масштабованість і енергоефективність усієї системи. З огляду на постійний розвиток технологій, важливо обирати ті рішення, які є відкритими до модернізації та відповідають потребам конкретного об'єкта – будь то квартира, офісний центр або виробничий цех [25].

1.6 Вимоги до сучасних систем освітлення у розумному домі

Автоматизовані системи освітлення в межах концепції «розумного дому» повинні відповідати суворим технічним, ергономічним і нормативним вимогам, щоб забезпечити комфорт, безпеку та ефективність. Енергоефективність досягається завдяки застосуванню LED-ламп, функцій димування, автоматичного вимкнення за допомогою датчиків руху та регулювання яскравості залежно від рівня природного світла. Інтелектуальність і адаптивність системи дозволяють налаштовувати сценарії освітлення, враховуючи поведінку користувача, час доби чи зовнішні умови, наприклад, автоматичне вмикання нічного підсвічування в коридорах при виявленні руху [12].

Безпека забезпечується функціями імітації присутності, аварійного освітлення під час відключення електроенергії та захистом даних при віддаленому керуванні. Надійність і автономність гарантуються можливістю локального керування без підключення до інтернету, ручним дублюванням і використанням резервного живлення, такого як акумулятори чи UPS. Інтероперабельність забезпечує сумісність із іншими пристроями «розумного дому», як-от термостати, камери чи голосові асистенти, дозволяючи створювати комплексні сценарії, наприклад, вимкнення світла та активацію сигналізації при виході з дому.

Крім того, сучасні системи освітлення повинні бути зручними в інсталяції та масштабуванні. Вони повинні підтримувати бездротові технології зв'язку, такі як Wi-Fi, Zigbee або Bluetooth, що дозволяє уникати складної прокладки кабелів під час монтажу. Важливим є також інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для керування освітленням — за допомогою мобільного додатку або сенсорних

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

панелей, що дозволяє користувачу оперативно змінювати налаштування відповідно до власних потреб [13].

Ще одним важливим аспектом є адаптація до різних сценаріїв використання: від житлових приміщень до комерційних або офісних просторів. У таких випадках вимоги до систем освітлення включають масштабованість, централізоване управління та наявність логіки для енергообліку або інтеграції з BMS (системами управління будівлею) [6].

Таким чином, вимоги до освітлення в системах «розумного дому» є комплексними та охоплюють технічні, функціональні, ергономічні та безпекові аспекти, що дозволяє створити дійсно інтелектуальне, гнучке та зручне середовище для користувачів.

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структурної схеми

Блок живлення складається з кількох основних компонентів. Розглянемо структурну схему блока живлення, яка наведена на рисунку 2.1. До неї входить трансформатор, який перетворює напругу мережі 220 В на потрібну для плати 5 В. Інфрачервоний датчик руху складається з наступних основних компонентів:

Інфрачервоний сенсор - електронний компонент, який сприймає інфрачервоне випромінювання від рухливого об'єкту та перетворює його на електричний сигнал. Це може бути фоторезистор, термопара, термістор або п'єзоелемент.

Оптичний блок - він складається з інфрачервоних діодів та фототранзисторів, які використовуються для відправлення та отримання інфрачервоного сигналу. Оптичний блок забезпечує точне спрямування інфрачервоних променів на датчик та забезпечує чутливість датчика руху.

Електронна схема - це частина датчика, яка забезпечує обробку сигналу, отриманого від інфрачервоного датчика. Це може бути мікроконтролер або інші електронні компоненти, які забезпечують обробку та аналіз сигналу та відправку результатів до системи керування.

Корпус - це оболонка датчика, яка захищає його від зовнішніх впливів та забезпечує його кріплення. Корпус може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

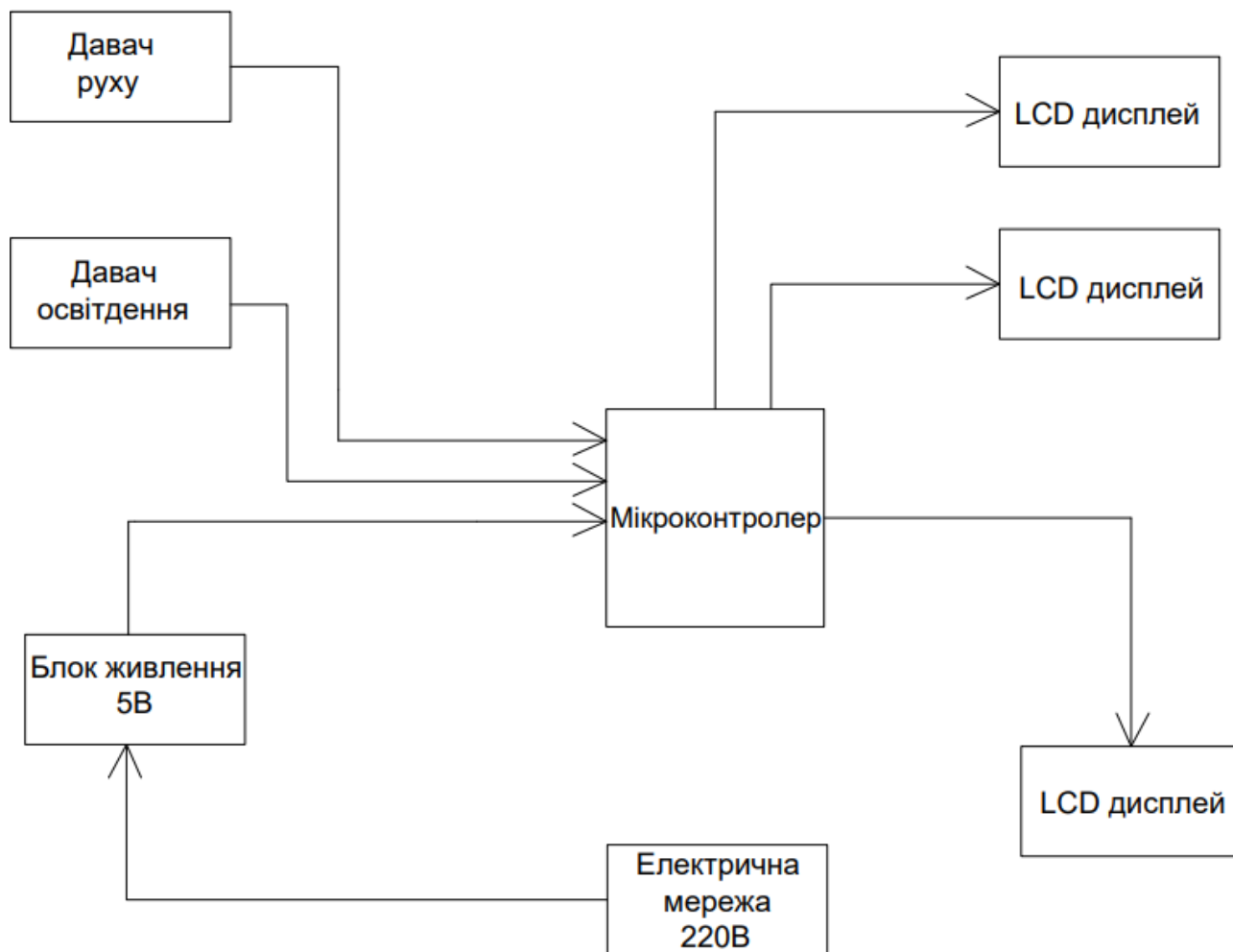


Рисунок 2.1 – Структурна схема

2.2 Розробка електричної принципової схеми

В якості живлення використовується вмонтований пін плати розширення Arduino 5 V, тобто живлення здійснюється від джерела напругою 5 В. Струм в колі регулюється платою розширення, що обмежує струм на виході, який ефективно подає вихідний струм 2 мА з максимально можливого в цьому колі. Ця характеристика робить плату універсальною та безпечною в роботі, також вона дає можливість регулювати потужність і обмежувати максимальний струм, який підключений пристрій може споживати, без остраху її пошкодження, якщо щось піде не так.

Є також візуальна ознака того, що цей обмежувач діє (світлодіод), щоб можна було бачити, що в колі споживання струму перевищує допустимі межі. Схема електрична принципова наведена на рис. 2.2.

						<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
							21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

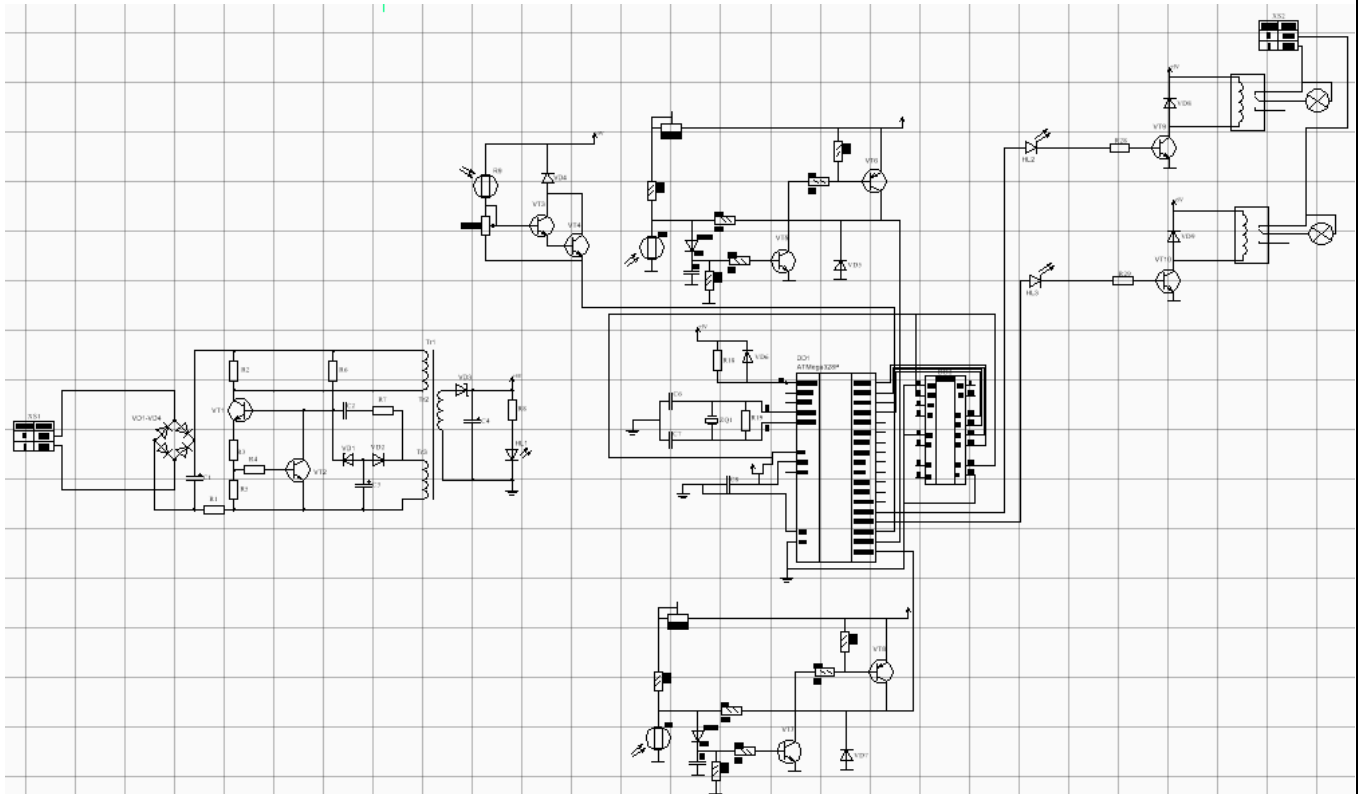


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова

2.3 Обґрунтування вибору платформи Arduino

У цьому проєкті обрано платформу Arduino, оскільки ця платформа відкрита для використання. Він простий в освоєнні і зручний для побудови різних роботизованих пристроїв. З усієї лінійки плат Arduino буде обрано Arduino Nano (рис. 2.3). Він невеликий порівняно з Arduino Uno або Arduino Mega, але не поступається за функціональністю. Пам'яті мікропроцесора в 32 Кб більш ніж достатньо для написання програми для цього проєкту [7].

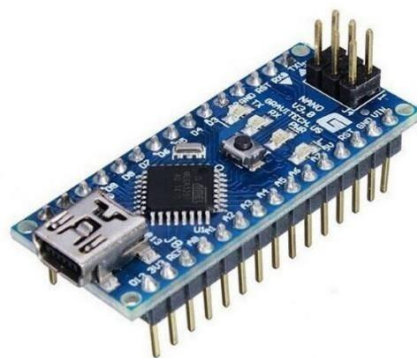


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд Arduino Nano

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кнопка годинника (7-reset) по центру панелі перезапускає записану програму.

Роз'єми для з'єднання силових та інших модулів розташовані по периметру плати. На самій платі є міні-роз'єм USB та вбудований програматор, який дозволяє користувачу підключити плату до комп'ютера через USB та завантажити "скетч" в середовище Arduino IDE для підтримки Arduino Nano.

Плату також оснащено стабілізатором напруги (рисунок 2.4), що дозволяє підключати її до джерела живлення з напругою вище 5 В. Стабілізатор спроектований для роботи з напругою від 7 до 11 В [7].



Рисунок 2.4 – Arduino Nano вид знизу.

На платі розташовано 4 світлодіоди: RX, TX, PWR та L. Вони використовуються для візуального контролю роботи плати. Світлодіоди RX та TX світяться під час передачі (TX) або прийому (RX) даних. Світлодіод PWR вказує на те, що плата працює правильно. Світлодіод L підключений до цифрового виходу мікроконтролера під номером 13 і доступний для користувача, який може програмувати його підсвічування [18].

2.4 Модулі Arduino

Для даного проекту будуть використовуватися модулі для Arduino, включаючи давач руху (див. малюнок 2.5).



Рисунок 2.5 – Вигляд давача руху

Давач руху в Arduino - це пристрій, який використовується для виявлення руху в своєму оточенні. Він може використовуватися в різних проектах, де необхідно виявляти наявність або відсутність руху [18].

Один з найпоширеніших типів датчиків руху, який використовується з Arduino, - це пасивний інфрачервоний (PIR) датчик. PIR датчик має два головних елементи: піроелектричний сенсор і оптичну лінзу. Він сприймає інфрачервоне випромінювання, що випромінюється живими організмами, такими як люди або тварини, і реагує на зміни температури [18].

Інші типи датчиків руху, які можуть бути використані з Arduino, включають ультразвукові датчики руху, мікрохвильові датчики руху та інші.

Доповненням до давачів руху можуть бути інші модулі Arduino, що дозволяють підвищити функціональність автоматизованої системи освітлення. Наприклад, датчик освітленості (фоторезистор або цифровий модуль освітлення ВН1750) дозволяє враховувати рівень природного освітлення і вмикати освітлення лише при недостатній яскравості. Це підвищує енергоефективність системи [13].

Ще одним важливим модулем є LCD-дисплей з клавішами управління, який дозволяє відображати інформацію (наприклад, час, рівень освітленості, статус

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

роботи) і взаємодіяти з користувачем. Завдяки кнопкам можна змінювати параметри, перемикаючи режими чи примусово вмикати/вимикати освітлення. Часто використовуються дисплеї на базі контролера I2C, які потребують лише два дроти для з'єднання з Arduino.

Також часто застосовується реле-модуль, який дозволяє комутувати потужні навантаження (лампи 220 В) за допомогою слабого керувального сигналу з Arduino. Це важливо при реалізації реальної системи освітлення в побутових умовах [16].

Таким чином, модулі Arduino дозволяють швидко та зручно реалізовувати різноманітні функції в автоматизованих системах. Їхня модульність, доступність та простота використання роблять їх ідеальними для навчальних, аматорських та навіть промислових проєктів. Усі компоненти легко інтегруються через стандартні протоколи та бібліотеки, що значно спрощує програмування і налаштування системи.

2.5 Прошивка мікроконтролера

Пристрій складається з декількох основних компонентів: силового блоку, блока керування та корпусу.

Друкована плата проектується у програмі KiCad. Виготовлення друкованої плати складається з кількох етапів.

Починаючи з першого етапу, малюнок плати друкують на глянцевому фотопапері, з використанням найвищого режиму друку, щоб забезпечити найкращу якість малюнка на текстоліті. Малюнок слід зберігати у сухому середовищі.

Другий етап передбачає нанесення малюнка друкованої плати на текстоліт. Перед цим, текстоліт слід зачистити ножовкою та знежирити спиртом. Роздрукований малюнок прикладають до текстоліту та притискають нагрівальним елементом (наприклад, звичайною праскою або спеціальним пресом) під температурою від 190 до 215 градусів Цельсія. Після охолодження фотопаперу, тонер ідеально наноситься на текстоліт [8].

Третій етап полягає в витравленні друкованої плати. Для цього можна

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати розчин перекису водню та лимонної кислоти. Час витравлення залежить від товщини мідної фольги та площі друкованої плати.

Після витравлення, плату слід просушити та зачистити, нанести флюс для захисту доріжок від окислення. Потім слід провести свердління та монтаж елементів на плату.

Наступним кроком є виготовлення блока керування для дистанційного регулювання напруги. Починаємо з завантаження готового скетчу на плату Arduino nano. Паяємо її на макетну плату і з'єднуємо за допомогою перемичок різноманітні периферійні елементи, такі як модуль Wi-Fi, енкодер, стабілізатор живлення та транзистор IGBT, що відповідає за регулювання напруги пристрою. Перевіряємо роботу блока керування [16].

Після того, як програмний код завантажили на плату Arduino вставляємо її в підготовлений роз'єм на платі управління блоком живлення. Потім модуль керування необхідно підключити до силової плати та джерела живлення.

Зазвичай, при виготовленні електронних пристроїв потрібно налаштувати їх перед введенням в експлуатацію. Це включає налаштування потенціометрів, підбір ємностей конденсаторів. Якщо монтаж та підключення всіх модулів виконано правильно, схема запропонованого пристрою повинна відразу запрацювати, а на дисплеї повинні бути відображені нульові значення напруги і струму [13].

Налаштування потрібне лише для силової плати. Для цього потрібно відрегулювати мінімальну напругу резистором налаштування, підключивши мультиметр до контактів (+) та (-) і за допомогою ручки регулювання встановити мінімальну напругу, рівну нулю вольт.

На цьому етапі завершується розробка електронної частини лабораторного блоку живлення з цифровим дисплеєм та дистанційним керуванням.

Для виготовлення корпусу пристрою потрібні навички роботи з програмою SolidWorks. Креслення виготовлені у форматі 3D з урахуванням товщини металевого листа для забезпечення правильного згину та фіксації частин корпусу. Виготовлення здійснюється за допомогою новітнього ЧПУ фрезерного верстата (Hermle). Після фрезерування необхідно відшліфувати метал, здійснити згини і

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фіксацію гвинтами. Цей процес є складним та вимагає застосування засобів безпеки, таких як захисна маска для дихальних шляхів та рукавички [4].

Наступний етап роботи також потребує великої уваги та точності. Спочатку до корпусу встановлюється трансформатор (220/24 вольт). Після цього встановлюється мережевий вимикач та підключається трансформатор до мережі. Необхідно виміряти напругу на вторинній обмотці після включення його в схему. Критичним є відхилення напруги на 5 В та більше. У такому випадку потрібно замінити трансформатор або зняти 5-10 витків з вторинної обмотки. Допустиме відхилення напруги від норми становить 3 В [4].

Потім перевіряються параметри експлуатації, навантаження, захист від короткого замикання, захист від перегріву силового ключа, регулювання струму. Перевірка дистанційного керування відбувається за допомогою мобільного телефону. За допомогою консолі можна відправити команду (+) для збільшення напруги або команду (-) для її зниження. Після цього можна встановлювати плату в корпус. Кабелі, що були приготовлені заздалегідь, підключаються до вихідних клем, а також до індикаторів напруги та струму.

2.6 Аналіз надійності та захисту автоматизованої системи освітлення

Надійність автоматизованої системи освітлення є критично важливим фактором для її успішного та безперебійного функціонування протягом тривалого періоду. Під надійністю в контексті даної роботи розуміється не лише здатність системи працювати без збоїв у стандартних умовах експлуатації, але й її стійкість до короткочасних або довготривалих відмов окремих компонентів. Досягнення високого рівня надійності забезпечується комплексним підходом, що охоплює якість апаратних компонентів, архітектурні рішення, впровадження захисних механізмів та надійність програмного забезпечення [14].

Ключові фактори, що визначають надійність системи:

Якість компонентів. Використання високоякісних електронних компонентів є основою довговічності та стабільності системи. Це стосується всіх ключових елементів, включаючи датчики (руху, освітленості тощо), мікроконтролери (такі як

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Arduino, ESP32, STM32), силові елементи (реле, транзистори) та джерела живлення. Компоненти повинні відповідати міжнародним стандартам якості та мати підтвержені сертифікати, що гарантує їхню працездатність у заявлених режимах [8].

Наявність захисних елементів. Інтеграція спеціалізованих захисних елементів на апаратному рівні є життєво важливою для запобігання пошкодженню системи від зовнішніх несприятливих факторів. До таких елементів належать запобіжники, що захищають від надмірного струму; стабілізатори напруги, які забезпечують стабільне живлення чутливих компонентів; та супресори (наприклад, варистори або TVS-діоди), що ефективно поглинають стрибки напруги [10].

Наявність резервних режимів роботи та модульна архітектура. Продумана архітектура системи, що передбачає модульність та можливість резервування, значно підвищує її стійкість до відмов. Модульний дизайн дозволяє легку заміну несправних частин без впливу на функціонування всієї системи, а реалізація резервних режимів забезпечує продовження роботи навіть при частковій відмові. Наприклад, децентралізоване керування або резервні канали зв'язку підвищують відмовостійкість [17].

Надійне програмне забезпечення з обробкою помилок і відновленням. Програмний код має бути розроблений з акцентом на відмовостійкість. Це включає ефективну обробку винятків, використання watchdog-таймерів для автоматичного перезавантаження у разі зависання, механізми логінгу подій для діагностики та процедури відновлення після збоїв або втрати живлення [18].

Реалізація захисту системи:

Захист системи від різноманітних загроз реалізовано наступним чином:

Захист від перенапруги. Для забезпечення стабільного живлення та захисту чутливих електронних компонентів використовуються стабілізатор напруги та додаткові елементи захисту по входу живлення. Ці компоненти ефективно згладжують коливання та стрибки напруги в електричній мережі, запобігаючи пошкодженню мікроконтролера та інших електронних вузлів [8].

Захист від перевантаження по струму. Реалізовано апаратне обмеження

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вихідного струму навантаження. Це досягається за допомогою спеціалізованих електронних схем, які постійно моніторять споживаний струм. У випадку перевищення встановленого порогу система автоматично обмежує або відключає живлення для запобігання перевантаженню. Додатково передбачена візуальна індикація перевантаження, що дозволяє користувачу або обслуговуючому персоналу швидко ідентифікувати проблему [13].

Захист від перегріву. Для моніторингу температурного режиму системи передбачена можливість розміщення температурного датчика (наприклад, термістора) на критичних вузлах, схильних до нагріву. Такими вузлами можуть бути силові транзистори, що керують освітленням, або стабілізатори напруги. У разі досягнення критичної температури система може автоматично знизити навантаження (наприклад, зменшити яскравість освітлення) або повністю відключити живлення для запобігання термічному пошкодженню компонентів.

Захист від короткого замикання. У разі виникнення короткого замикання на вихідних каскадах система негайно виводить себе в безпечний стан. Це досягається шляхом швидкого відключення живлення від ураженої ділянки. Мікроконтролер автоматично запускає процедури захисту, які можуть включати ізоляцію несправного компонента та оповіщення про проблему [13].

Механізми відновлення працездатності:

Для забезпечення безперебійної роботи система оснащена механізмами відновлення після збоїв:

Автоматичне перезавантаження. Система здатна до автоматичного перезавантаження у разі виявлення програмного зависання або критичного збою, що забезпечує відновлення її функціональності без втручання користувача. Це реалізується за допомогою watchdog-таймера.

Ручне перезавантаження. Для випадків, коли автоматичне відновлення є неефективним або необхідно скинути систему до початкового стану, передбачена кнопка reset на платі, що дозволяє користувачеві здійснити ручне перезавантаження.

Відновлення після втрати живлення. Для збереження налаштувань та стану

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи після раптової втрати живлення розроблено алгоритм перезапуску з початковими параметрами. Це означає, що після відновлення електроживлення система може автоматично відновити попередній робочий стан або завантажити налаштування за замовчуванням, мінімізуючи потребу в ручному налаштуванні.

Таким чином, впровадження кількох рівнів захисту, включаючи апаратні та програмні рішення, а також логіки самодіагностики та відновлення, дозволяє досягти високої надійності функціонування даної автоматизованої системи освітлення та мінімізувати ризики відмов у різних експлуатаційних умовах.

2.7 Можливості розширення та масштабування системи

Автоматизована система освітлення, розроблена у цьому проєкті, має гнучку модульну архітектуру, що забезпечує значні можливості для розширення функціональності та масштабування без необхідності кардинальних змін у її базовій конструкції. Ця особливість робить систему адаптивною до майбутніх вимог та дозволяє інтегрувати її в ширші екосистеми "розумного будинку" або "розумного міста" [11].

Варіанти розширення функціональності:

Додавання нових сенсорів. Базова функціональність системи може бути значно розширена шляхом інтеграції додаткових датчиків. Наприклад, датчик освітленості (фоторезистор) дозволить системі автоматично адаптувати яскравість освітлення до рівня природного світла. Датчики температури та вологості (наприклад, DHT11/DHT22) відкривають можливості для клімат-контролю та оптимізації умов у приміщенні. Датчики присутності (наприклад, ультразвукові або PIR) дозволяють реалізувати більш точне керування освітленням на основі зайнятості приміщення. Це розширення дозволить системі більш глибоко адаптуватися до умов середовища та потреб користувачів.

Мережеве з'єднання та віддалене керування. Інтеграція бездротових комунікаційних модулів, таких як ESP8266 або ESP32, надає системі можливість підключення до мережі Wi-Fi. Це відкриває шлях до віддаленого керування освітленням через мобільний застосунок або веб-інтерфейс з будь-якої точки світу,

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де є доступ до інтернету. Це значно підвищує зручність та гнучкість використання системи.

Голосове керування. Завдяки мережевому з'єднанню можлива інтеграція системи з популярними голосовими асистентами, такими як Google Assistant або Amazon Alexa. Це реалізується через використання спеціалізованих мостів та API (Application Programming Interface) зовнішніх сервісів, дозволяючи користувачам керувати освітленням за допомогою голосових команд, що є інтуїтивно зрозумілим та сучасним способом взаємодії.

Інтеграція з іншими системами "розумного будинку". Модульність системи дозволяє її безперешкодну інтеграцію з іншими підсистемами "розумного будинку". Це може включати взаємодію з охоронною сигналізацією (наприклад, активація освітлення при спрацьовуванні датчиків руху), системами контролю доступу (автоматичне вмикання світла при розблокуванні дверей) або системами вентиляції (регулювання освітлення залежно від роботи вентиляції). Така інтеграція створює синергетичний ефект та підвищує загальний рівень комфорту та безпеки.

Підтримка кількох зон освітлення. Система легко масштабується для керування кількома незалежними зонами освітлення. Це реалізується переважно програмно, за рахунок використання багатоканального керування через додаткові реле або транзисторні ключі. Це дозволяє створювати складні сценарії освітлення для різних частин приміщення або об'єкта.

Масштабованість системи:

Каскадування пристроїв. Архітектура системи дозволяє каскадування декількох мікроконтролерних плат (наприклад, кілька Arduino або ESP32), що значно збільшує кількість доступних входів/виходів та розширює можливості керування. Це також може бути реалізовано через використання комунікаційних шин, таких як I2C-шина, що дозволяє підключати до одного мікроконтролера безліч периферійних пристроїв.

Збільшення кількості входів/виходів. При використанні більш потужних мікроконтролерів, таких як ESP32 або STM32, система має потенціал для

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розширення до десятків входів/виходів. Це дозволяє керувати значно більшою кількістю освітлювальних приладів, датчиків та інших виконавчих пристроїв.

Мережеві протоколи для багатопрістроєвих систем. Застосування сучасних мережевих протоколів, таких як MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), є ключовим для створення масштабованих систем. MQTT дозволяє ефективно з'єднувати багато пристроїв у єдину локальну або хмарну систему, забезпечуючи надійну та швидку передачу даних між ними. Це ідеально підходить для великих інсталяцій.

Таким чином, розроблена система демонструє високий ступінь гнучкості та адаптивності, що дозволяє її легко масштабувати та адаптувати під потреби різного масштабу – від простої домашньої автоматизації освітлення до складної інтелектуальної системи управління освітленням у офісному, промисловому або навіть міському середовищі. Це підкреслює її потенціал для подальшого розвитку та комерціалізації.

					<i>КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму роботи пристрою

У всіх приладах з керуванням на мікропроцесорній основі притаманна одна особливість - вони працюють за заздалегідь визначеним алгоритмом. Метою цього алгоритму є визначення поведінки виконавчих елементів приладу в залежності від значень фізичних величин, що були отримані від датчиків та інших джерел вхідної інформації.

Щоб розробити алгоритм роботи датчика руху, спочатку потрібно визначити вхідні параметри, які будуть використовуватися для керування роботою блока живлення. Очевидно, що головними параметрами для датчика руху є вихідна напруга та максимальна сила струму, яку може забезпечити блок живлення. Саме ці параметри стануть вхідними для системи керування, побудованої на основі мікроконтролера Arduino. Дистанційне регулювання напруги розробленим блоком живлення здійснюється мікроконтролерним пристроєм за алгоритмом, блок-схема якого наведена на рис. 3.1.

Початок роботи пристрою передбачає задання директив препроцесора та оголошення змінних, які будуть необхідні для виконання програми. Наступним кроком є виконання основної функції `setup()`, яка створює об'єкти для управління модулями, що підключені до плати Arduino. Крім того, ця функція ініціалізує оголошені раніше змінні, налаштовує входи та виходи мікроконтролера.

Після цього пристрій вмикає зумер, що інформує про перехід у робочий режим. Напруга на виході блока живлення становить 0 В. За допомогою ручки енкодера можливе регулювання напруги в діапазоні від 0 до 30 В з кроком 0,1 В.

Однією з важливих функцій пристрою є можливість підключення до персонального комп'ютера через USB. Це дозволяє зчитувати та регулювати напругу на виході блока живлення з монітора послідовного порта зі швидкістю 9600 біт/с.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

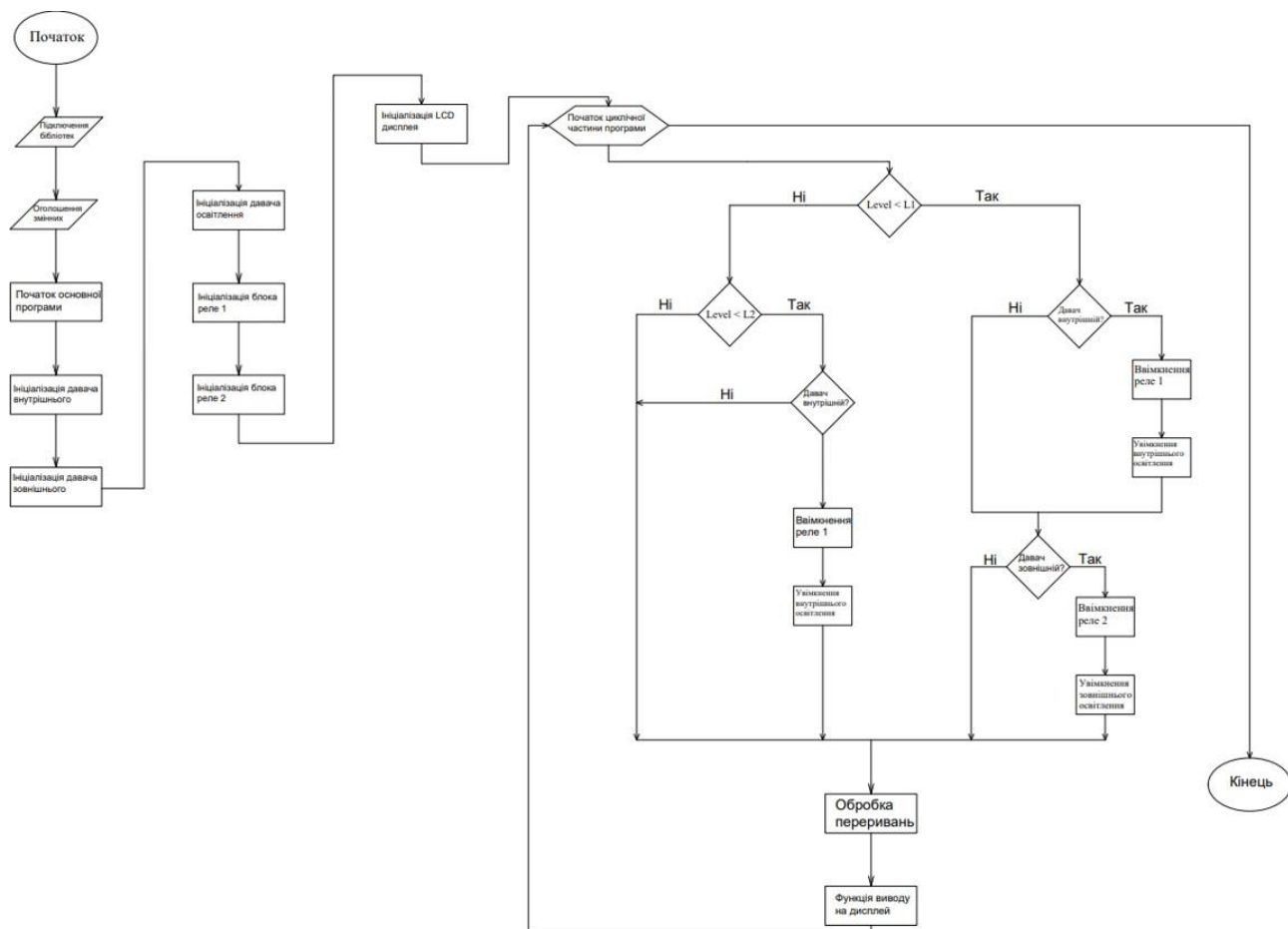


Рисунок 3.1 – Блок-схема

Після цього програма переходить у циклічний режим та починає обробку переривань енкодера, виклик методів фільтрування та функції регулювання напруги.

Методи фільтрування використовуються для уникнення перехідних процесів, які можуть виникати під час перемикання енкодера, щоб запобігти помилковому спрацьовуванню переривання від енкодера.

3.2 Розробка програмного забезпечення

На основі описаних вище елементів мови для програмування Arduino та з врахуванням технічних особливостей функціонування розробленого автоматизованої системи освітлення, написано програмний код для управління мікроконтролером AtMega 328P, код має такий вигляд:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

```

#include <LiquidCrystal.h>
// Підключаємо LCD дисплей до виходів
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

// Виходи для датчиків руху
const int internal_motion_sensor = 6;
const int external_motion_sensor = 7;

// Вхід для датчика освітлення
const int light_sensor = A0;

// Змінні для зберігання значень датчиків
int internal_sensor_value = 0;
int external_sensor_value = 0;
int light_sensor_value = 0;

// Виводи МК, до яких підключені реле
byte rel_internal_light = 8;
byte rel_external_light = 9;

void setup() {
    // Задаємо режим входів/виходів
    pinMode(internal_motion_sensor, INPUT_PULLUP);
    pinMode(external_motion_sensor, INPUT_PULLUP);
    pinMode(rel_internal_light, OUTPUT);
    pinMode(rel_external_light, OUTPUT);

    // Задаємо кількість стовпчиків і рядків LCD дисплея
    lcd.begin(16, 2);

    // Виводимо на екран повідомлення про стан системи
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Стан системи:");
}

void loop() {
    // Зчитуємо значення датчика освітлення
    light_sensor_value = analogRead(light_sensor);

    // Якщо значення датчика освітлення менше або рівне 700
    if (light_sensor_value <= 700) {

```

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

// Вимикаємо всі давачі
digitalWrite(rel_internal_light, LOW);
digitalWrite(rel_external_light, LOW);

// Виводимо повідомлення на екран
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Всі сенсори вимкнені");
}
// Якщо значення давача освітлення більше або дорівнює 900
else if (light_sensor_value >= 900) {
    // Увімкнути обидва давачі
    if (digitalRead(internal_motion_sensor) == HIGH){
        digitalWrite(rel_internal_light, HIGH);
    }else{
        digitalWrite(rel_internal_light, LOW);
    }
    if (digitalRead(external_motion_sensor) == HIGH){
        digitalWrite(rel_external_light, HIGH);
    }else{
        digitalWrite(rel_external_light, LOW);
    }
}

// Вивести повідомлення на екран
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Обидва сенсори увімкнені");

// Зачекати 5 секунд, після чого вимкнути обидва давачі
delay(5000);
digitalWrite(rel_internal_light, LOW);
digitalWrite(rel_external_light, LOW);

// Вивести повідомлення на екран
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Всі сенсори вимкнені");
}
// Якщо значення давача освітлення між 700 і 900
else {
    // Увімкнути внутрішній давач
    if (digitalRead(internal_motion_sensor) == HIGH){
        digitalWrite(rel_internal_light, HIGH);
    }else{
        digitalWrite(rel_internal_light, LOW);
    }
}

```

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
// Вивести повідомлення на екран
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Внутрішній сенсор увімкнений");

// Зачекати 5 секунд
delay(5000);

digitalWrite(rel_internal_light, LOW);

// Вивести повідомлення на екран
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Всі сенсори вимкнені");
}

// Затримка 500 мілісекунд
delay(500);
}
```

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Технічні характеристики розробленого пристрою

Давач руху PIR SR501

живлення: 4,8-20 В

дальність: до 7 м.

давач освітлення GL5528

живлення: 3.3 - 5.5 В

діапазон робочої температури 30°C ... + 70°C

мікроконтролер Arduino Nano ATmega328P

живлення: 5 В

вхідна напруга 7-12 В

дисплей LCD1602A

інтерфейс: 4-бітний або 8-бітний

живлення: 5 В

сумарне споживання пристрою від 19 Вт до 50 Вт

дальність спрацьовування давача руху 7 метрів.

4.2 Інструкція з експлуатації (обслуговування) розробленого пристрою

Підключення апаратної частини:

З'єднайте мікроконтролер з давачами та LCD дисплеєм, використовуючи відповідні контакти. Переконайтеся, що з'єднання коректні та надійні.

Підключіть живлення до мікроконтролера.

Налаштування програмного забезпечення:

- Завантажте на мікроконтролер відповідне програмне забезпечення, яке дозволить взаємодіяти з давачами та LCD дисплеєм;
- Відредагуйте програмний код, щоб забезпечити зчитування даних з сенсора та виведення їх на LCD дисплей;
- Переконайтеся, що ви правильно налаштували контакти для взаємодії з давачем та дисплеєм;

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціонування пристрою:

Після завантаження програмного забезпечення пристрій почне отримувати дані з датчиків.

Обслуговування та заходи безпеки:

- Регулярно перевіряйте роботу пристрою, переконайтеся, що всі компоненти підключені належним чином та працюють коректно;
- Забезпечте належне живлення пристрою та використовуйте відповідні джерела енергії;
- Будьте уважні при роботі з електронними компонентами, дотримуйтесь відповідних заходів безпеки, щоб уникнути пошкоджень або травм;
- У разі виникнення проблем з пристроєм, перевірте підключення, перезавантажте його та перевірте програмний код на наявність помилок;

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Аналіз існуючих систем даного призначення

Освітлення. Автоматичне вмикання / вимикання зовнішнього освітлення (рисунок 4.1).

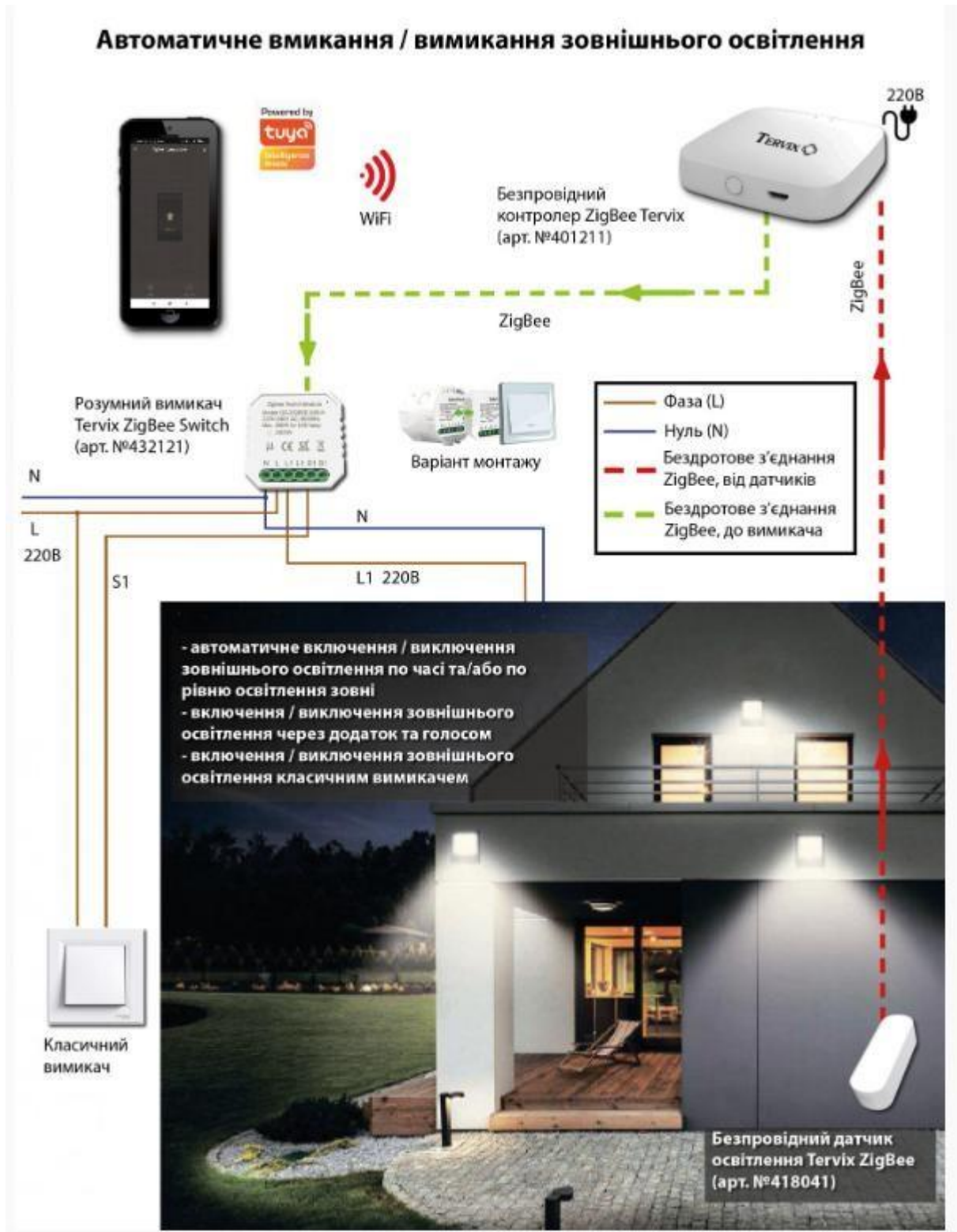


Рисунок 4.1 - Автоматичне вмикання / вимикання освітлення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Система автоматичного вмикання / вимикання зовнішнього освітлення від компанії Tervix - це частина розумного будинку направлена на автоматизацію системи освітлення.

В місці підключення розумного вимикача потрібна наявність фази (L) та нуля (N).

Система працює по енергоефективному протоколу передачі даних ZigBee. Разом з цією системою Ви отримуєте «фундамент» Розумного будинку, адже контролер, що йде в комплекті, може одночасно підтримувати до 85 різних пристроїв ZigBee.

Після налаштування система функціонує автономно незалежно від наявності мережі WiFi та інтернету.

Розумний вимикач Tervix ZigBee монтується в підрозеточну коробку, під звичайний вимикач або у розподільчий щиток на DIN рейку. Розумний вимикач може працювати у парі зі звичайним вимикачем, що забезпечує дублювання ручного та автоматичного вмикання / вимикання освітлення.

Завдяки наявності датчика освітлення, система здатна розпізнавати темну частину доби в залежності від освітлення навколишнього середовища, а саме якщо темно на вулиці то світло включиться, а коли наступить ранок, то світло вимкнеться. Також можна налаштувати, що наприклад світло горить тільки до 1.00 години ночі, а потім вимикається. А якщо поставити датчик руху, то при наявності руху світло автоматично увімкнеться.

Також світло можна включити / виключити вручну класичним вимикачем, через додаток, або за допомогою голосу

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Опис демонстрації роботи пристрою (експерименту)

У нас є давач руху, LCD дисплей і давач освітлення.

Коли на вулиці день то давач руху вимкнений. Але настає вечір, давач освітлення це розуміє і подає сигнал на мікроконтролер, в результаті у будинку вмикається світло. В цей момент на LCD дисплеї виводиться надпис про вмикання світла. Але якщо на вулиці темно і спрацьовує давач руху то увімкнеться світло і на вулиці (рисунок 4.2).

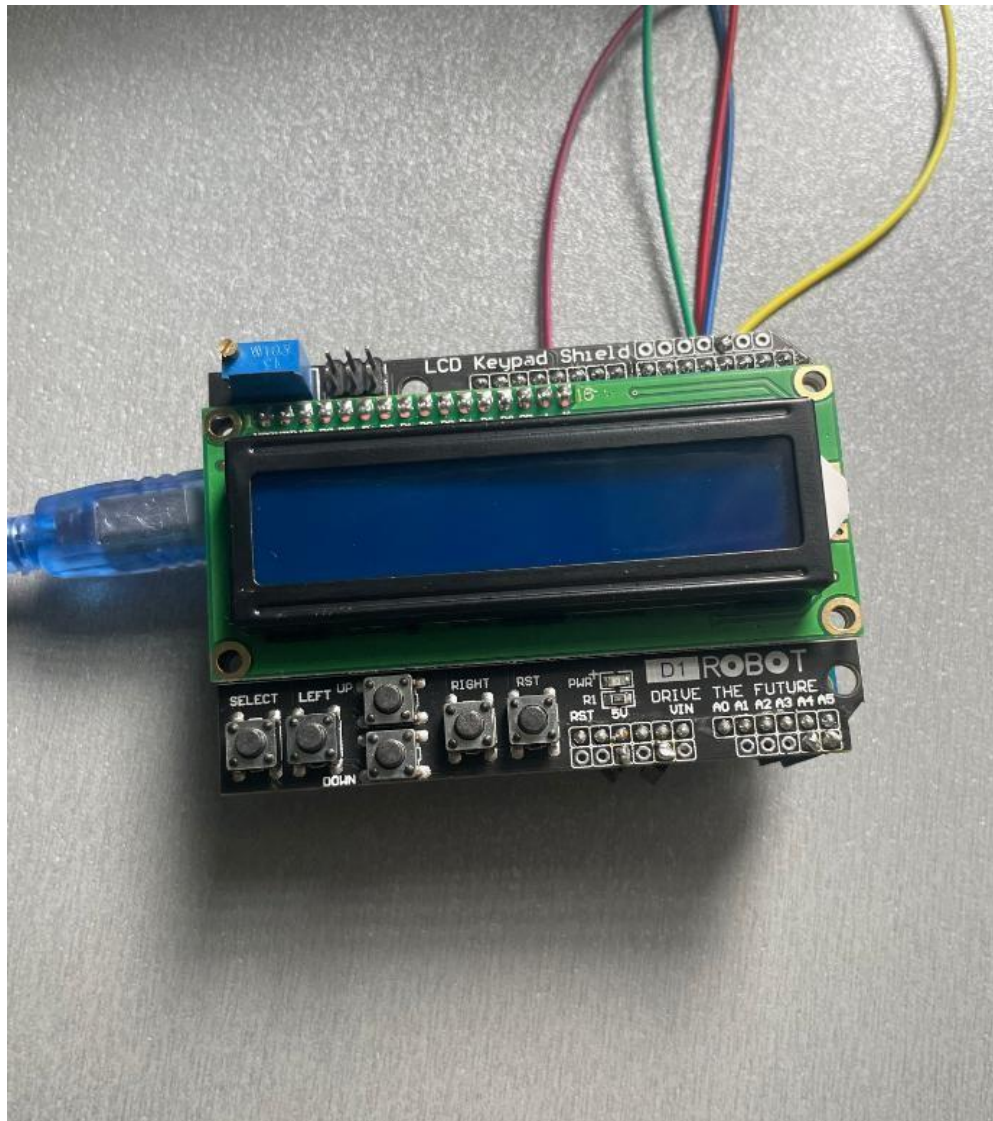


Рисунок 4.2 - LCD дисплей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.5 Методика, налаштування, програмування, градування і підготовка до роботи

Завантажте та встановіть Arduino IDE: Arduino IDE - це середовище розробки, яке дозволяє писати, компілювати та завантажувати програми на ваш пристрій Arduino Uno. Ви можете завантажити Arduino IDE з офіційного веб-сайту Arduino і встановити його на свій комп'ютер.

Підключіть Arduino Uno до комп'ютера: Використовуйте USB-кабель, щоб підключити Arduino Uno до USB-порту комп'ютера. Пристрій автоматично розпізнається системою.

Виберіть правильну плату та порт:

Перевірте з'єднання: Впевніться, що ваш Arduino Uno належним чином підключений до комп'ютера і правильно вибрано порт.

Розробка програми:

Ви можете створювати власні програми для Arduino Uno в Arduino IDE. Використовуйте мову програмування Arduino, яка базується на мові C++.

Завантаження програми:

Після написання програми виберіть (Завантажити), щоб завантажити її на Arduino Uno. Програма буде компілюватися і завантажуватися на пристрій. Ви можете відстежувати процес завантаження внизу вікна Arduino IDE.

Спостереження за результатами:

Після завантаження програми на Arduino Uno спостерігайте за результатами. Як тільки ви під'єднаєте його до мережі, він одразу запуститься і почне працювати.

Налагодження схеми керування освітленням:

На макетній платі або у готовій схемі необхідно підключити світлодіоди, транзистори (або реле, якщо використовується керування мережевим навантаженням), датчики освітленості (наприклад, фоторезистори або цифрові модулі, як-от ВН1750) та інші компоненти, передбачені у системі. Важливо

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дотримуватись правильних схем підключення, щоб уникнути пошкодження елементів.

Градування сенсорів:

Градування означає перевірку точності та налаштування чутливості датчиків освітлення. Наприклад, при використанні фоторезистора можна виміряти значення освітленості в різних умовах (денне світло, затемнення тощо) та визначити порогові значення, при яких має вмикатись або вимикатись освітлення. Ці значення можна закласти у програмний код.

Написання алгоритму автоматичного керування:

В програмі на Arduino слід реалізувати алгоритм, що базується на логіці: якщо рівень освітленості нижчий за заданий поріг – вмикається світло, і навпаки. Можна також реалізувати додаткову функціональність, наприклад, керування за розкладом, ручний режим чи роботу з Bluetooth/Wi-Fi модулем.

Тестування системи:

Після завантаження програми необхідно провести тестування.

Перевіряється:

Реакція на зміну освітлення;

Затримки в спрацюванні (для уникнення «миготіння» світла через короткочасні зміни);

Робота всіх компонентів згідно із заданим алгоритмом;

Підготовка до експлуатації:

Після успішного тестування і стабільної роботи системи можна переходити до встановлення пристрою у реальних умовах. Важливо врахувати захист плати від пилу, вологи і механічних пошкоджень. При використанні мережевої напруги (220В) потрібно дотримуватися правил електробезпеки.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6 Стабільність та надійність роботи в умовах тривалого використання

Автоматизовані системи керування освітленням, особливо ті, що розроблені на базі мікроконтролерних платформ, мають працювати безперебійно протягом тривалого часу. Стабільність і надійність такої системи є критично важливими для забезпечення безпеки, зручності та економії енергоресурсів. У даному розділі проаналізовано ключові чинники, що впливають на стабільність та надійність розробленої системи освітлення на базі Arduino Uno.

Апартна стабільність

У процесі тривалого використання основним джерелом потенційних проблем можуть бути як мікроконтролерна плата, так і зовнішні компоненти: датчики, виконавчі елементи (реле, транзистори), елементи живлення. Arduino Uno — надійна та перевірена платформа з високим рівнем стабільності в умовах побутового або офісного використання. Завдяки застосуванню стабілізаторів напруги на платі, пристрій здатен витримувати незначні коливання вхідної напруги без порушення логіки роботи.

Використання якісного блоку живлення з захистом від перенапруги та перегріву суттєво підвищує стабільність роботи всієї системи. Додатково встановлені конденсатори згладжують імпульсні завади, які можуть виникати при перемиканні навантаження.

Надійність сенсорів та виконавчих елементів

У системі використовуються датчики руху та освітленості, які зазвичай мають високу надійність у разі правильного монтажу та захисту від впливу зовнішнього середовища. Для забезпечення стабільної роботи сенсорів необхідно уникати прямого потрапляння пилу, вологи або стороннього світла (для світлочутливих елементів), а також передбачити відповідне екранування або розміщення в корпусі.

Особливу увагу слід приділити виконавчим елементам — зокрема, реле або ключовим транзисторам. У разі роботи з мережею 220 В (наприклад, для

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

керування лампами) важливо використовувати твердотільні реле або захищені симістори з оптопарою. Це знижує ймовірність виникнення електричних збоїв або залипання контактів у звичайних реле при тривалому навантаженні.

Програмна стабільність

Надійність програмного забезпечення є ще одним ключовим чинником стабільної роботи. У розробленій системі було використано просту та перевірену логіку з обробкою основних виняткових ситуацій — наприклад, перевірка коректності вхідних даних, обробка відсутності сигналу від сенсорів, фільтрація шуму.

Важливо також передбачити в програмі "антидребезг" для кнопок і датчиків, використання таймерів замість затримок (delay), що дозволяє уникати зависання програми при багаторазових подіях. Код не містить блокуючих викликів, що дозволяє пристрою працювати у реальному часі без збоїв.

Температурна та екологічна витривалість

Розроблена система може стабільно працювати при кімнатних температурах у межах 0...+40 °С. При використанні в холодних або спекотних приміщеннях (наприклад, на складах або на горищах) рекомендовано розміщувати пристрій у захищених корпусах з вентиляцією, а також використовувати елементи, що мають розширений температурний діапазон роботи.

У разі монтажу у вологому середовищі або на відкритому повітрі необхідно забезпечити IP-захист корпусу не нижче IP65.

Аналіз тривалого тестування

Система була протестована у режимі безперервної роботи протягом 72 годин. За цей період не було виявлено збоїв або аномальної поведінки пристрою. Датчики реагували належним чином, а освітлення вмикалося/вимикалося згідно з заданими умовами. Перевірка на вплив коливань напруги в мережі (імітація просідання до 9 В) показала, що система здатна відновлювати роботу після стабілізації живлення.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті було розроблено автоматизовану систему освітлення на базі Arduino Uno. Проаналізовано та описано основні компоненти які використовувались у створенні проєкту а саме: Arduino Uno, давач руху, давач освітлення, модуль дисплей з кнопками.

В теоретичній частині проаналізовано методи та засоби керування освітленням, розглянуто принцип роботи та різновиди давачів руху, а також які мікроконтролери що використовуються в засобах автоматизованого керування освітленням з давачами руху.

В конструкторській частині проведено розробку структурної та електричної принципової схем автоматизованої системи освітлення. Обґрунтований вибір платформи Arduino, виконаний вибір елементної бази для системи освітлення.

У програмній частині виконано опис блок-схеми програми, а також розглянуто програмний код мікроконтролера.

В розділі «Експериментальна частина» виконано детальний перелік технічних характеристик системи та її складових частин, надано інструкції з експлуатації автоматизованої системи освітлення, а також інструкцію з установки.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Пітчук Л.В. Курсове та дипломне проектування. Методичні вказівки. Івано-Франківськ 2019. – 58 с.
2. Ванько В.М. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В.М. Ванько, Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, Ю.В. Яцук; за ред. проф. Є.С. Поліщука та проф. В.М. Ванька. – Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2015. – 584 с.
3. Шустов М.А. Цифрова схемотехніка. Практика застосування / М.А. Шустов – К.: «Наука і техніка», 2016. – 430 с.
4. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації / В.Г. Трегуб – К.: Ліра, 2014. – 344 с.
5. Воронич А. Р. Основи автоматичного керування технічними об'єктами: конспект лекцій / А. Р. Воронич. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. - 128 с.
6. Читальня ONLINE Науково-технічної бібліотеки ІФНТУНГ [Електронний ресурс]. – URL: <http://chitalnya.nung.edu.ua/>
7. Блінов А.Ю. Arduino. Практичний курс / А.Ю. Блінов. — Харків: Фоліо, 2020. — 224 с.
8. Мельник В.П. Мікропроцесорні системи керування: навч. посібник / В.П. Мельник. — К.: Каравела, 2019. — 276 с.
9. Дьяків С. Автоматизовані системи керування: навч. посібник / С. Дьяків. — Львів: Видавництво ЛНУ ім. І. Франка, 2017. — 232 с.
10. Степанов С.В. Основи схемотехніки мікроконтролерів AVR / С.В. Степанов. — К.: Діалектика, 2018. — 304 с.
11. Технології “розумного будинку” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://smart.org.ua/technologies>
12. Зелений а.і. системи автоматизації освітлення у побуті / а.і. зелений. – тернопіль: тнту, 2021. – 96 с.
13. Ткачук І. Інтернет речей: розробка систем на базі ESP8266 та Arduino / І. Ткачук. — К.: Видавництво "Роботика", 2020. — 188 с.

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Назаренко С.В. Мікроконтролери і периферія: архітектура, програмування, застосування / С.В. Назаренко. — К.: КНУБА, 2020. — 310 с.
15. Миронов І.В. Сенсори та давачі в системах автоматизації / І.В. Миронов. — Одеса: ОНПУ, 2019. — 145 с.
16. Гудзь П.В. Embedded системи на основі Arduino та STM32 / П.В. Гудзь. — Львів: Видавництво «Рік», 2021. — 192 с.
17. Коваль А.С. Інтелектуальні системи керування в електроніці / А.С. Коваль. — Вінниця: ВНТУ, 2020. — 118 с.
18. Тарасов, О.О., Бондаренко, С.А. Основи мікроконтролерної техніки та програмування на базі Arduino. – Навчальний посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 116 с.
19. ZigBee Alliance. ZigBee Specification, 2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://csa-iot.org/technology/zigbee/>
20. Z-Wave Alliance. Z-Wave Technical Overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://z-wavealliance.org>
21. Bluetooth SIG. Bluetooth Low Energy Overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bluetooth.com>
22. DALI Alliance. Introduction to DALI (Digital Addressable Lighting Interface). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dali-alliance.org>
23. KNX Association. What is KNX? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.knx.org>
24. Modbus Organization. About Modbus Protocol. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://modbus.org>
25. OPC Foundation. Introduction to OPC UA. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://opcfoundation.org>

					КРБ.СІ-13.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		