

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології
проекування приладів»**

**спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему: «Автоматизована система освітлення міжповерхових сходів котеджу»**

Виконав:

студент 4 курсу, групи ПМ-91
Малащенко Дмитро Сергійович

Керівник:

проф., д.т.н.
Киричук Ю.В.

Рецензент:

д.т.н., проф.
Шевченко К.Л.

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ПМ-9116.1760.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	88	
3	A1	ДП ПМ-9116.1760.03.001 ТК	Схема структурна	1	
4	A1	ДП ПМ-9116.1760.03.002 ТК	Схема функціональна	1	
5	A1	ДП ПМ-9116.1760.03.003 ТК	Схема електрична принципова	1	
6	A1	ДП ПМ-9116.1760.03.004 ТК	Схема оглядова	1	
7	A1		Демонстраційний лист	1	
8	A4		Програмний код	8	

				ДП ПМ-9116.000.000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Малащенко			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Киричук				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АСНК Гр. ПМ-91	
Н/контр.						
Зав.каф.	Киричук					

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Автоматизована система освітлення
міжповерхових сходів котеджу»**

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту
Малащенко Дмитру Сергійовичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система освітлення міжповерхових сходів котеджу», керівник проєкту Киричук Юрій Володимирович, д.т.н., доцент, затвержені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту

Джерело освітлення LED стрічка; плавне включення/виключення освітлення сходів; живлення 12В; керування мікроконтролером.

4. Зміст пояснювальної записки

Титульна сторінка; Завдання до дипломного проєкту; Анотація; Зміст; Вступ; Розділ 1. Актуальність та існуючі проблематики автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів. Огляд існуючих видів освітлення міжповерхових сходів. Аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення; Розділ 2. Розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу; 2.1. Обґрунтування вибору автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу; 2.2 Огляд комплектуючих автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу; 2.3. Розробка схем автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу; Розділ 3. Програмна розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу; Висновок; Список літератури; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Структурна схема(1 арк. ф. А1); Функціональна схема(1 арк. ф. А1); Електрична принципова схема(1 арк. ф. А1); Оглядова схема (1 арк. ф. А1); Демонстраційний лист (1 арк. ф. А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 21.02.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання теми	21.02.2023	
2	Пошук літератури	13.03.2023–19.03.2023	
3	Розробка автоматизованої системи освітлення	20.04.2023–26.04.2023	
4	Розробка структурної схеми системи	27.04.2023–3.05.2023	
5	Розробка функціональної схеми	4.05.2023–10.05.2023	
6	Розробка електричної принципової схеми	11.05.2023–17.05.2023	
7	Розробка програмного коду	18.05.2023–24.05.2023	
8	Підготовка ПЗ	25.05.2023–31.05.2023	
9	Подання ДП на перевірку керівнику	07.06.2023	

Студент

Дмитро МАЛАЩЕНКО

Керівник

Юрій КИРИЧУК

АНОТАЦІЯ

Мета даного бакалаврського дипломного проєкту полягає в розробці автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. В процесі виконання проєкту було проведено дослідження різних видів освітлення, а також проаналізовано наявні аналоги автоматизованих систем освітлення для сходів.

Після аналізу було обрано оптимальний тип освітлення, який найкраще відповідає вимогам ефективності, енергозбереження та зручності користування. Для реалізації системи були підібрані відповідні комплектуючі, забезпечуючи необхідну якість та функціональність.

Далі були підготовлені структурна, функціональна та електрична принципова схеми, які відображають взаємозв'язок компонентів системи та принцип їх роботи.

Крім того, було розроблено програмний код для автоматизованої системи освітлення, зокрема для керування освітленням залежно від рівня освітленості та руху людей на сходах. Код був написаний з урахуванням надійності, точності та ефективності роботи системи.

Завершення проєкту свідчить про успішне виконання всіх поставлених завдань. Результатом є розроблена автоматизована система освітлення міжповерхових сходів котеджу, яка забезпечує оптимальне освітлення на сходах, враховуючи рівень освітленості та рух людей. Цей проєкт сприяє покращенню комфорту та безпеки користувачів, а також сприяє ефективному використанню електроенергії за допомогою автоматизованої системи освітлення.

Ключові слова: LED, автоматизація, світлодіодна стрічка, сходи, освітлення плавне включення/виключення освітлення, мікроконтролер.

ABSTRACT

The purpose of this bachelor's thesis project is to develop an automated lighting system for the interfloor staircase of a cottage. In the course of the project, various types of lighting were studied, and existing analogues of automated lighting systems for stairs were analyzed.

After the analysis, the optimal type of lighting was chosen that best meets the requirements of efficiency, energy saving, and ease of use. To implement the system, the appropriate components were selected to ensure the required quality and functionality.

Next, structural, functional and electrical schematic diagrams were prepared to show the interconnection of the system components and how they work.

In addition, a program code was developed for the automated lighting system, in particular to control the lighting depending on the level of illumination and the movement of people on the stairs. The code was written with the system's reliability, accuracy, and efficiency in mind.

The completion of the project proves that all the tasks were successfully completed. The result is an automated lighting system for the cottage's interfloor staircase that provides optimal lighting on the stairs, taking into account the level of illumination and people's movement. This project helps to improve the comfort and safety of users, as well as promotes the efficient use of electricity through an automated lighting system.

Keywords: LED, automation, LED strip, stairs, lighting, smooth switching on/off, microcontroller.

Зміст

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП.....	10
Розділ 1. Актуальність та існуючі проблематики автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів. Огляд існуючих видів освітлення міжповерхових сходів. Аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення.....	12
1.1. Актуальність теми автоматизованого освітлення міжповерхових сходів.....	13
1.2. Проблематика теми автоматизованого освітлення міжповерхових сходів	14
1.3. Огляд існуючих видів освітлення міжповерхових сходів.....	22
1.4. Аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення	31
Висновки до першого розділу.....	41
Розділ 2. Розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу 44	
2.1. Обґрунтування вибору автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.....	45
2.1.1. Огляд виду та будови сходів котеджу.....	45
2.1.2. Обґрунтування режимів роботи системи автоматизованого освітлення міжповерхових сходів.....	48
2.1.3. Обґрунтування вибору параметрів освітлення.....	49
2.2. Вибір комплектуючих автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.....	50
2.2.1. Вибір та огляд основних характеристик мікроконтролеру автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів.....	51
2.2.2. Вибір та огляд основних характеристик стабілізатора напруги автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів.....	56
2.2.3. Вибір та огляд основних характеристик кварцового тактового резонатора автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів.....	57
2.2.4. Вибір та огляд основних характеристик МДН-транзисторів автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів.....	60
2.2.5. Вибір та огляд основних характеристик датчика рівня освітлення автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів.....	65

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Малащенко					Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
						ПБФ, 4 курс, ПМ-91		

2.2.6. Вибір та огляд основних характеристик датчиків руху автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів	67
2.2.7. Вибір та огляд основних характеристик світильних елементів автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів.....	69
2.3. Розробка схем автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.....	70
2.3.1. Розробка структурної схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу	71
2.3.2. Розробка функціональної схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу	74
2.3.3. Розробка електрично-принципової схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.....	76
Висновки до другого розділу	81
Розділ 3. Програмна розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу	83
3.1. Розробка програмного коду для автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу	83
3.2. Опис логіки автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.....	84
Висновки до третього розділу.....	86
Загальні висновки.....	87
Список літератури	88

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

В наші дні, все більша увага приділяється створенню та використанню інтелектуальних систем, які покращують якість життя людей і максимізують споживання ресурсів у сучасному світі, де технології розвиваються. Однією з таких сфер є системи освітлення в будівлях, які мають вирішальне значення для забезпечення безпеки та комфорту людей.

Особливо важливим аспектом є освітлення міжповерхових сходів в котеджах. Недостатнє освітлення на сходових клітках може наражати людей на небезпеку викликати незручності та навіть спричиняти нещасні випадки. Як вирішення цієї проблеми та створення ефективної системи освітлення міжповерхових сходів котеджу пропонується розробка автоматизованої системи, що забезпечує надійне, ефективне та енергоефективне освітлення.

Метою даного дипломного проєкту є розробка та реалізація автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Реалізація такої системи дозволить ефективно використовувати енергетичні ресурси, що має важливе значення в контексті сталого розвитку та збереження енергії.

Результатами цього дипломного проєкту очікується розроблена автоматизована система освітлення міжповерхових сходів котеджу, що забезпечує належний рівень освітленості та енергоефективність. Крім того, дослідження проведені в процесі проєкту дозволять здійснити аналіз та порівняння з існуючими системами освітлення, виявити переваги та недоліки розробленої системи.

Важливим аспектом є також можливість розширення функціональності автоматизованої системи освітлення, додавання додаткових функцій, таких як регулятора за допомогою годинника реального часу, для економії електроенергії, регулятора рівня освітленості та колірної температури світла, інтеграція з системами "розумний будинок" та віддалений контроль через мобільні додатки. Це придасть додаткову гнучкість та зручність у використанні системи, дозволяючи користувачам налаштовувати параметри освітлення під свої потреби та здійснювати контроль з будь-якого місця.

					ДІ ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цілому, розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу є актуальним і перспективним напрямком досліджень. Вона сприятиме поліпшенню безпеки та комфорту у приміщеннях, забезпеченню енергоефективного використання ресурсів і підвищенню якості життя користувачів. Отже, дана робота має велике значення для науково-технічного прогресу та вирішення актуальних проблем сучасного будівництва.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Актуальність та існуючі проблематики автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів. Огляд існуючих видів освітлення міжповерхових сходів. Аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення

У світі, де екологічні питання стають все більш актуальними, еволюція систем освітлення (див. рис. 1.1) не стоїть на місці, та розробники технологій приладобудування постійно працюють над вдосконаленням технологій освітлення. Розумне освітлення, використання світлодіодів та сонячних батарей, технології "розумного" контролю та датчиків руху та присутності - це лише деякі з напрямків, які допоможуть забезпечити ефективне та екологічне освітлення в будинках майбутнього. [1]

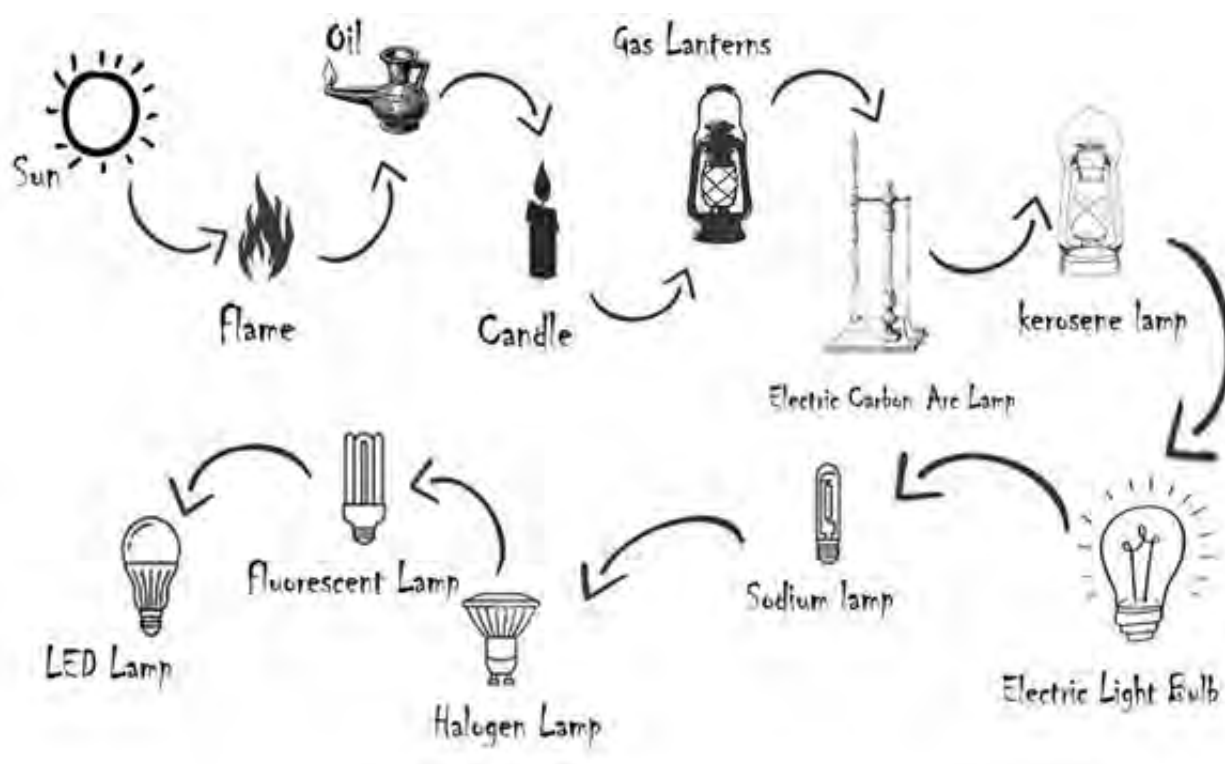


Рис. 1.1 - Ілюстрація еволюції систем освітлення

Освітлення міжповерхових сходів у котеджах є важливим аспектом, який впливає на безпеку, комфорт та естетику приміщення. Ефективне освітлення забезпечує зручний доступ та безпечний рух по сходах, особливо в умовах обмеженої видимості, таких як ніч або поганий рівень освітлення.

В даному розділі також буде проведено огляд існуючих видів освітлення, що

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

застосовуються на міжповерхових сходах котеджів. Ретельне вивчення різних технологій та методів освітлення дозволить оцінити їх переваги та недоліки у контексті забезпечення ефективності, комфорту та безпеки користувачів. Також буде проведений аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення, що можуть бути використані для досягнення оптимального рівня освітлення на міжповерхових сходах котеджів. Цей огляд дозволить виявити сучасні тенденції та інноваційні рішення у галузі освітлення міжповерхових сходів.

1.1. Актуальність теми автоматизованого освітлення міжповерхових сходів

У сучасному світі, де зростає кількість будівель та розвиток приватного житлового сектору, актуальність освітлення міжповерхових сходів у котеджах є коректною та важливою. Дизайнери та інженери-конструктори сучасних осель доволі часто нехтують цим важливим чинником в плануванні будівель. Недостатній рівень освітлення сходів може призвести до травм і нещасних випадків, а також доставляти незручності мешканцям.

Під час користування сходами, особливо вночі або в умовах обмеженого природного освітлення, ризик травматизму зростає значно. Недостатня видимість на сходах може спричинити ковзання, падіння або зіткнення з перешкодами. Це створює потребу в розробці ефективної та безпечної системи освітлення, що забезпечує належний рівень освітленості на міжповерхових сходах котеджу.

Крім того, зростаюче усвідомлення енергоефективності та сталого розвитку є одним із ключових факторів у будівельній галузі. Традиційні системи освітлення, які працюють безперервно, споживають значну кількість електроенергії, що призводить до непотрібних витрат і негативного впливу на навколишнє середовище. Електроенергія, яка використовується для освітлення сходів, може бути витрачена даремно, оскільки освітлення може не знадобитися або не використовуватися взагалі. Впровадження автоматизованої системи освітлення дозволить оптимізувати споживання електроенергії шляхом регулювання освітлення в залежності від

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

присутності людей.

Розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу має значний потенціал у поліпшенні безпеки, комфорту та енергоефективності. Забезпечення належного рівня освітленості на сходах допоможе знизити ризик нещасних випадків та травматизму для користувачів. Крім того, оптимізація споживання електроенергії сприятиме збереженню ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Таким чином, розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу має велике значення в сучасному будівництві. Вона вирішує проблеми безпеки та енергоефективності, покращує комфорт та зручність для мешканців, а також сприяє сталому розвитку та збереженню ресурсів.

1.2. Проблематика теми автоматизованого освітлення міжповерхових сходів

Проблеми, пов'язані з освітленням міжповерхових сходів, включають недостатню якість освітлення, нерівномірне розсіювання світла, неправильний кут освітлення, енергоефективність та естетичні аспекти. Ця тема є актуальною, оскільки вирішення цих проблем сприяє покращенню безпеки, комфорту та енергоефективності освітлення в котеджах.

- **Безпека.** Безпека є головною проблемою, пов'язаною з освітленням міжповерхових сходів. Недостатня якість освітлення або неправильний кут освітлення можуть призвести до обмеженої видимості, що створює ризик падіння або травмування. Темні кути сходів або тіні можуть ускладнити виявлення перешкод або нерівностей на сходах, що може призвести до нещасних випадків. Ефективне освітлення міжповерхових сходів, забезпечуючи достатню якість світла та рівномірний розподіл, допомагає уникнути таких ситуацій і забезпечує безпеку під час користування сходами.

В Україні використовуються норми освітлення "Природне і штучне

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення" СНиП П-4-79 для проектування нових та реконструйованих будівель і споруд. Однак, ці норми є застарілими і не відповідають сучасним вимогам. Враховуючи це, в кінці 2002 року Міжнародна комісія з освітлення (СІЕ) випустила міжнародний стандарт освітлення ISO 8995:2003, який докладніше регулює освітлення та встановлює вимоги щодо обмеження неприємного блиску та коефіцієнта передачі кольору. [2]

Стандарт ISO 8995:2003 є більш сучасним і враховує високі вимоги сучасних умов. Він пропонує детальніші вимоги та рекомендації щодо освітлення, що дозволяє забезпечити комфортне та ефективне освітлення в будівлях. Зокрема, стандарт акцентує увагу на обмеженні неприємного блиску, що може викликати дискомфорт для людей, а також встановлює вимоги до коефіцієнта передачі кольору, який впливає на сприйняття кольорів та якість освітлення. Рекомендовані норми освітленості і кольоропередачі в загальних і житлових приміщеннях, які представлені в ISO 8995:2003, де Еср, Лк, мін. – мінімальна норма освітленості в люксах; Еср, Лк, макс. – максимальна норма освітленості в люксах; UGRL - обмеження дискомфортних відблисків за шкалою: 13-16-19-22-25-28; Ra - індекс кольору, наведені в таблиці 1.1. [3]

Таблиця 1.1 - Норми освітленості і кольоропередачі в загальних і житлових приміщеннях за ISO 8995:2003

Типи приміщень, просторів, видів діяльності	Еср, Лк, мін..	Еср, Лк, макс..	UGRL	Ra
Передпокої	50	100	22	60
Вітальні	100	200	22	80
Коридори	50	100	28	40
Сходові прольоти, ескалатори	50	150	25	40
Столові	100	200	22	80

Таблиця 1.2 (продовження)

Кімнати відпочинку	100	100	22	80
Кімнати для фізичних вправ	-	300	22	80
Гардероби, ванні, туалети	50	200	25	80

Важливо зазначити, що наведені стандарти не є обмеженням, а є рекомендаціями. Вимоги щодо освітлення можуть бути збільшені або затверджені у кожному окремому випадку залежно від конкретних вимог і потреб користувачів будівель. Однак, використання стандартів ISO 8995:2003 є важливим кроком у напрямку покращення якості освітлення і відповідності сучасним вимогам у сфері будівництва та дизайну приміщень.

- **Комфорт.** На комфорт користувачів також впливає освітлення міжповерхових сходів. Недостатня яскравість або надмірна яскравість може створювати дискомфорт для очей і ускладнювати прохід по сходах. Якщо є недостатній рівень освітлення, щоб побачити оточення, люди можуть почуватися неспокійно або невпевнено. Нерівномірне розподілення світла може спричиняти тіні або відбиття, що заважає користувачам бачити сходи чітко та безпечно рухатися по них. Забезпечення комфортного освітлення сприяє зручності та сприятливій атмосфері під час користування сходами.
- **Енергозбереження.** Важливим аспектом освітлення міжповерхових сходів є його енергоефективність. Неправильно налаштовані або застарілі освітлювальні системи можуть споживати зайву енергію, що призводить до зайвих витрат. Застосування енергоефективних джерел світла, таких як світлодіоди (LED), в поєднанні з датчиками руху може допомогти знизити споживання електроенергії та забезпечити автоматичне вмикання та вимикання освітлення в залежності від потреби. Енергоефективне освітлення міжповерхових сходів дозволяє зменшити енергетичні витрати та підвищити екологічну стійкість

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівель. Проблему енергозбереження можна поділити на два типи: економічний та екологічний.

- **Економічний тип.** Зростання вартості електроенергії останнім часом стало гострою проблемою, яка впливає на споживачів у всьому світі, зокрема в Україні. На ціноутворення електроенергії можуть впливати різні чинники, зокрема зростання попиту, зміни у виробництві та розподілі електроенергії, рівень споживання, реформи енергетичного сектору та інфляція.

Наразі ще не прийнято рішення щодо нових тарифів на електроенергію для населення в Україні, але підвищення цін є необхідним заходом. Про це повідомив Костянтин Ущатовський, голова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

Глава НКРЕКП зазначив, що питання про перегляд тарифів на електроенергію для населення залишається відкритим на даний момент. Підвищення тарифів для населення пов'язане з великою вартістю відновлення енергетичної інфраструктури.

Унаслідок ворожих обстрілів енергетичних об'єктів, для відновлення живлення споживачів використовувалися тимчасові схеми подачі електроенергії. Проте, для забезпечення безперебійного опалювального сезону такі тимчасові схеми є неможливими, пояснив пан Костянтин.

В уряді розглядається питання про перегляд тарифів на електроенергію для побутових споживачів. Пропонуються декілька варіантів встановлення нових тарифів, зокрема 2,40 грн та 2,80 грн за 1 кВт/год. [4]

Для порівняння зростання цін на електроенергію можна використати статистичні дані, що порівнюють роки. Наприклад, якщо порівняти ціни на електроенергію в Україні між 2014 і 2017 роками, можна виявити значне зростання.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За статистикою, яку провели в видавництві «Слово і діло» (див. рис. 1.2), в 2014 році середня ціна на електроенергію для населення в Україні становила приблизно 0,42 гривні за кіловат-годину, якщо спожити від 100 до 600 кВт/год.. Проте, до 2017 року ціна зросла майже у два рази і склала приблизно 1,68 гривні за кіловат-годину, якщо спожити від 100 до 600 кВт/год.. За три роки, ціна на електроенергію зросла на 400 відсотків. А якщо порівняти з можливими цінами на електроенергію сьогодні, то з 2014 року ціна виросла більше ніж на 570 відсотків.



Рис. 1.2 - Статистика порівняння цін за 1 кВт/год. електроенергії з 2014 по 2021 рр.

- **Екологічний тип.** У світлі збільшення чисельності населення та глобального потепління екологічна проблема, пов'язана з освітленням, стає все більш критичною. Із зростанням населення світу виникає потреба в освітлювальних технологіях, які є більш ефективними та постійно розвиваються, щоб створити комфортні житлові простори, а також мінімізувати їхній шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Використання недостатньо енергоефективних джерел світла, таких як звичайні лампи розжарювання та люмінесцентні лампи, є однією

з ключових екологічних проблем, пов'язаних з освітленням. Ці системи освітлення споживають багато енергії, яка неефективно перетворюється на світло, а замість цього розсіюється у вигляді тепла. В результаті зростають викиди парникових газів, головним чином вуглекислого газу, який є фактором глобального потепління. На рис. 1.3 зображено порівняння ламп розжарювання, галогенових, люмінісцентних та LED ламп, яке провила компанія . Ми бачимо, що для забезпечення рівня освітлення в 800 люменів, лампі розжарювання потрібно спожити 60 ватт, в той час, як LED лампі всього 12. Та термін життя LED ламп більше ніж в 10 разів довше за лампи розжарювання, це робить їх вигіднішими в економічному плані більше ніж в 7 разів.

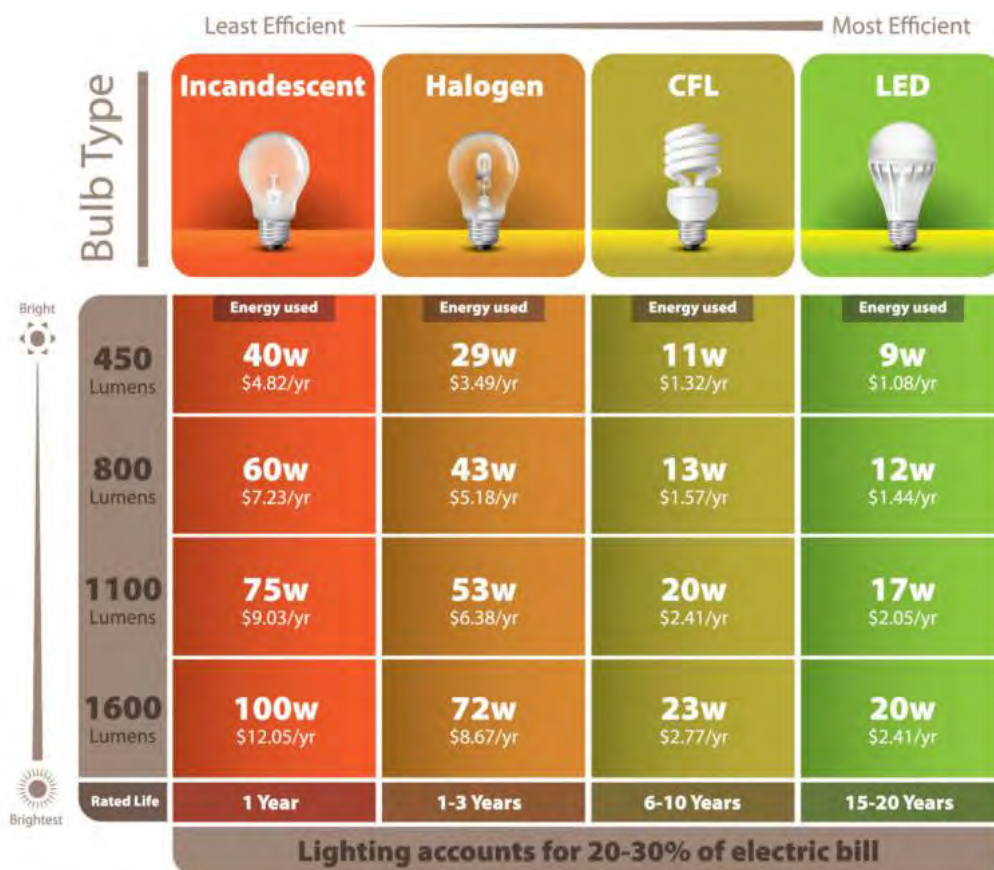


Рис. 1.3 – Порівняння різних видів ламп (ламп розжарювання, галогенових, люмінісцентних та LED ламп)

Потреба в освітленні в будинках зростає у відповідь на зростання населення. Через це природні ресурси та довкілля знаходяться під

загрозою. Окрім марної витрати енергії, використання традиційних джерел світла збільшує викиди парникових газів і негативно впливає на зміну клімату, оскільки вони потребують більше електроенергії для виробництва. На рис. 1.4 зображено графік приросту населення на нашій планеті по регіонам. Це прогноз компанії OWID, та за їх розрахунками, кількість населення на земній кулі досягне більше ніж 10 мільярдів вже в 2058 році. [5]

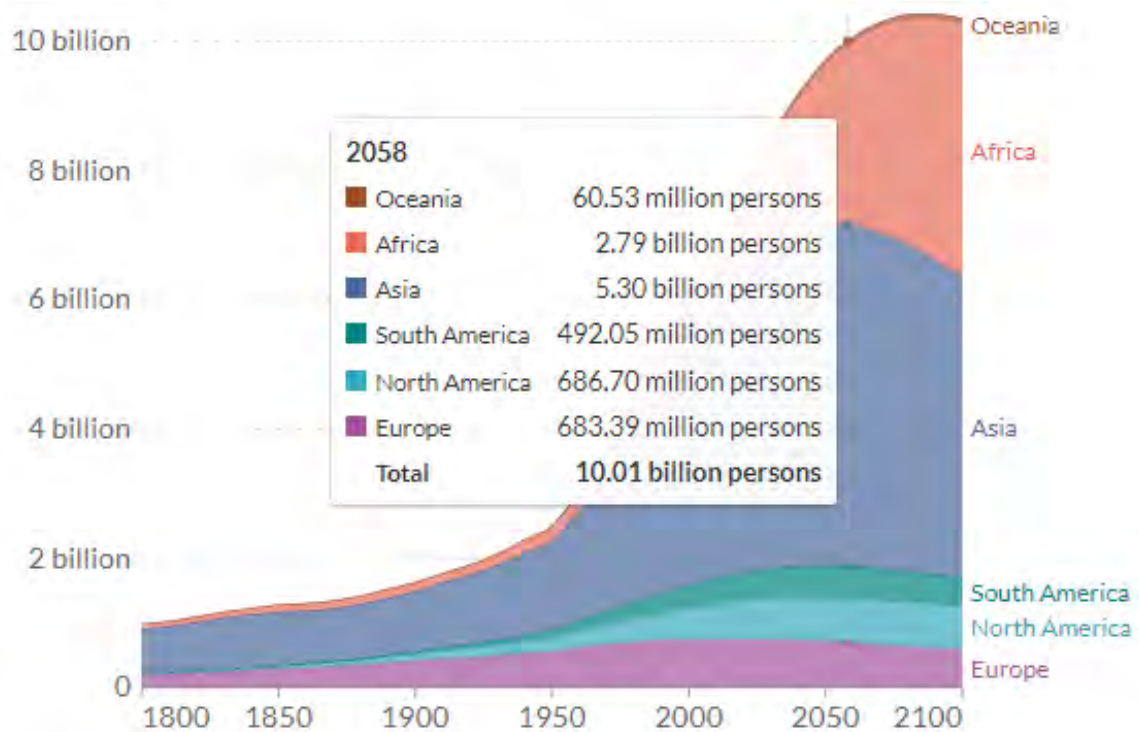
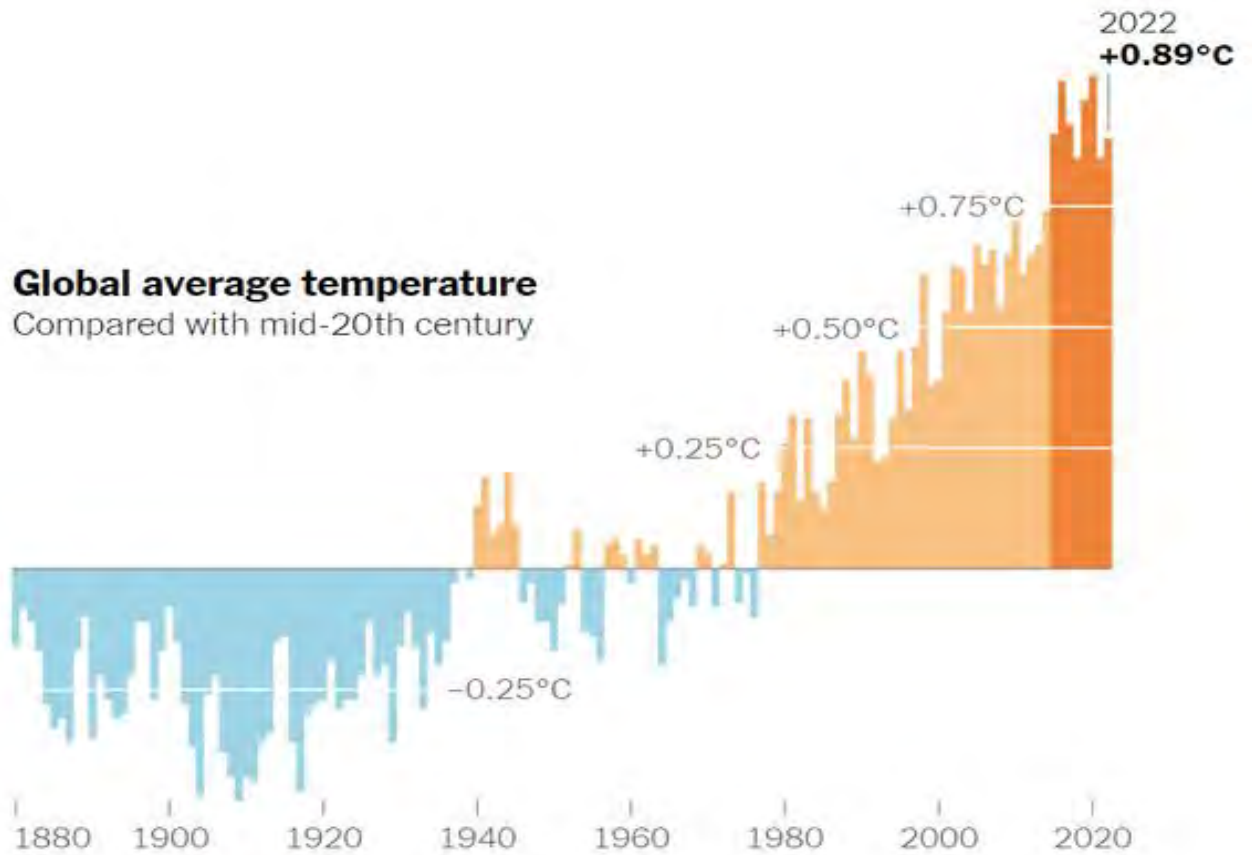


Рис. 1.4 - Графік зросту населення

Глобальне потепління є серйозною загрозою для планети, і освітлення має свою роль у цьому процесі. Зайве використання енергії та підвищені викиди парникових газів призводять до збільшення теплового навантаження на Землю, що сприяє підвищенню температури планети та глобальному потеплінню. Це може мати серйозні наслідки для клімату, включаючи зміни в розподілі опадів, екстремальні погодні явища та підвищення рівня моря. На рис. 1.5 зображено зміну середньої температури порівняно з 1960 роком. За останні 60 років середня температура зросла майже на 1 градус. Таке дослідження провів інститут НАСА.



Source: NASA Goddard Institute for Space Studies

Рис. 1.5 - Графік зміни середньої температури на поверхні Землі по рокам

- **Естетика.** Освітлення міжповерхових сходів також впливає на естетичний вигляд приміщення. Добре спроектована та стильна освітлювальна система може покращити вигляд сходової клітки та надати їй привабливості. Різноманітні варіанти освітлення, включаючи різні колірні тони та настрої, можуть створювати атмосферу та підкреслювати дизайнерські рішення. Естетичне освітлення міжповерхових сходів сприяє створенню приємного враження та покращує загальний дизайн котеджу.

Отже, розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу вирішує низку проблем, пов'язаних з безпекою, комфортом, енергоефективністю та естетикою. Вона забезпечує належний рівень освітлення для безпечного користування сходами, покращує комфорт користувачів, знижує споживання електроенергії та сприяє створенню привабливого вигляду приміщення. Дослідження та розробка такої системи має великий практичний потенціал для

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впровадження в будівництво котеджів і може сприяти покращенню якості освітлення та забезпеченню безпеки та комфорту мешканців.

1.3. Огляд існуючих видів освітлення міжповерхових сходів

При обговоренні дизайну інтер'єру, власники будинків, дизайнери та інженери-конструктори зазвичай не приділяють належної уваги освітленню сходів. І, чесно кажучи, це може бути зрозумілим. З такою великою кількістю аспектів, які потрібно врахувати, включаючи дизайн стін, вибір меблів, декору та освітлення кімнати, можна, легко пропустити важливий момент планування освітлення на міжповерхових сходах.

Провівши ретельний аналіз великої кількості планів та конструкторської документації сучасних котеджів, я виділив декілька найбільш розповсюджених видів освітлення міжповерхових сходів в оселях Українців.

- **Маленькі світильники на стінах сходів.** Як правило, стіни сходів однотонні і позбавлені будь-яких декоративних елементів. Зараз дизайнери та інженери-конструктори знайшли альтернативу, щоб зробити стіни своїх сходів більш привабливими - установку сучасних і елегантних настінних світильників. Коли ці світильники вмикаються, вони освітлюють сходи м'яким світлом, миттєво покращуючи її зовнішній вигляд.

Розмір і форма світильників можуть змінюватися залежно від особистих уподобань. Незалежно від того, який бажає за розміром світильник замовник: масивні, які виносяться зі стін, чи крихітні лампочки розміром з точку, які можливо вмонтувати напряму в стіну, реалізувати можна будь-які забаганки. До дизайнерів навіть звертаються з дивними замовленнями таких світильників в вигляді різних фігур. Одне з таких замовлень представлено на рис. 1.6, на ньому зображені такі світильники в вигляді зірочок.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.6 - Зображення маленьких світильників на сходах у вигляді зірки

Крім того, важливим фактором є колір світла. Освітлення сходів не повинно обмежуватися типовими звичайними білими або жовтими променями. З сучасними технологіями, оформити можна будь-який спектр кольорів, в залежності від бажання, навіть різнокольоровий варіант, який переливається.

- **Світлодіодні стрічки кожної сходинки міжповерхових сходів.** Інноваційний і сучасний спосіб підвищити яскравість міжповерхових сходів передбачає встановлення світлодіодних стрічок уздовж кожної окремої сходинки. Таке світлове рішення доповнює різні типи сходів, включаючи прямі сходи, L-подібні сходи, U-подібні сходи та гвинтові сходи. Такі стрічки набагато простіше встановлювати, коли між

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горизонтальною плоскою частиною сходинки і її вертикальною частиною є доволі великий зазор.

У випадках, коли на сходинках недостатньо рівного простору для встановлення світлодіодних стрічок, альтернативним підходом є розміщення їх біля крайньої нижньої основи кожної сходинки, з'єднуючи її з наступною. Ця техніка особливо добре працює для гвинтових сходів і U-подібних сходів, ілюстрація яких зображена на рис. 1.7. Важливо відзначити, що чим ширше та габаритніше сходинки, тим м'якше буде виходити світло.

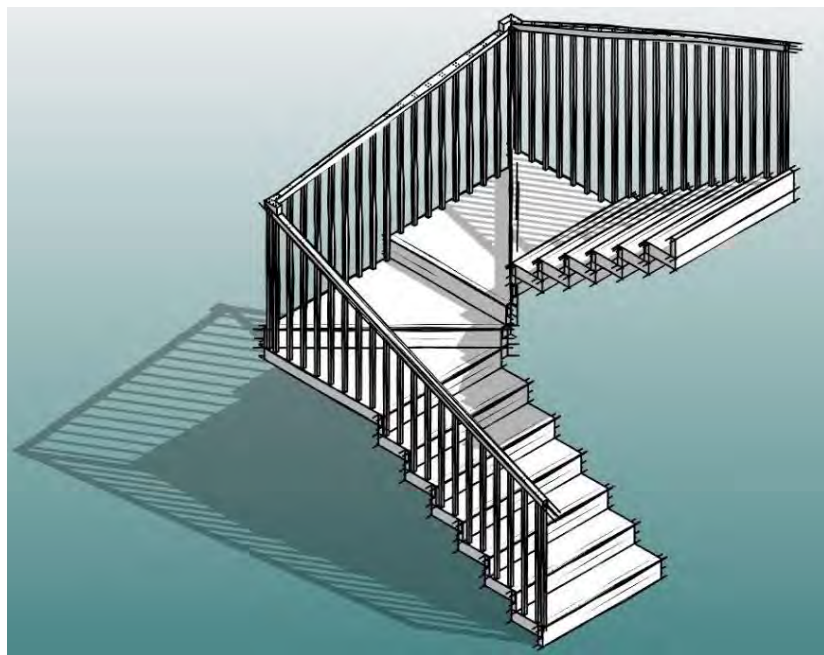


Рис. 1.7 - Ілюстрація U-подібних сходів

Коли сходи розташовані ближче одна до одної, світло від кожної сходинки зміщується, потенційно створюючи надмірно яскраву пляму освітлення. Щоб досягти більш тонкого і теплого рівня освітлення, доцільно встановлювати світильники більш теплого відтінку, реалізація яких показана на рис. 1.8.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

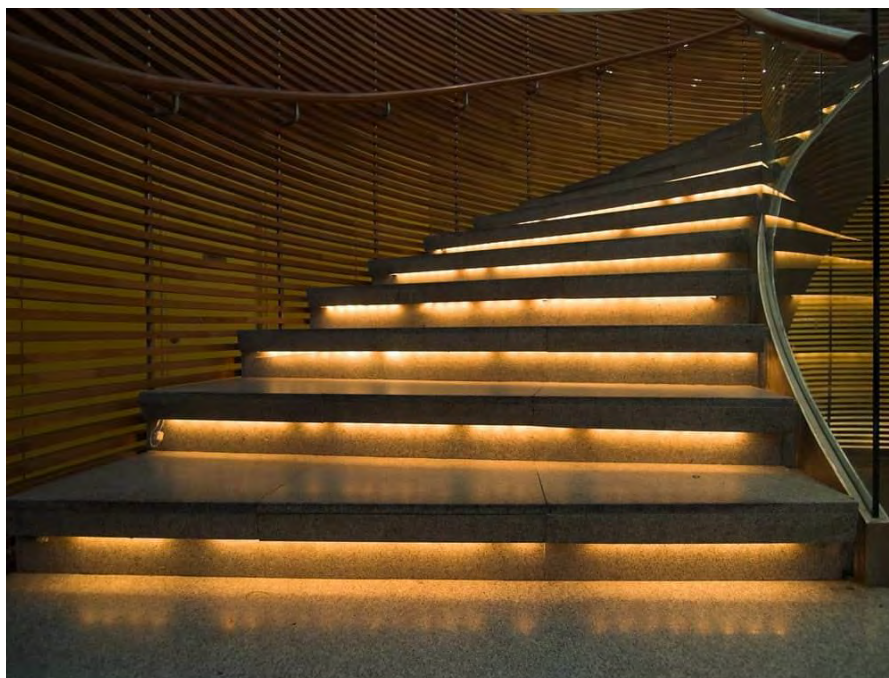


Рис. 1.8 - Реалізація освітлення теплого відтінку на сходах за допомогою світлодіодних стрічок

- **Освітлення збоку, або в кутку кожної сходинки, за допомогою світлодіодів, міжповерхових сходів.** На мою думку, найбільш ергономічніший та найбільш вигідніший спосіб освітлення міжповерхових сходів.

Легкий спосіб інсталяції кріплень світлодіодів, для якого не потрібна додаткова маніпуляція зі сходами. Це також чудова ідея для не плоских за формою сходів, чи відсутності достатніх габаритів в сходах для встановлення світлодіодної стрічки.

Прикріпивши світлодіоди на куті або збоку від кожної сходинки. Це дозволить тонким променям світла проникати з кута сходів, мінімізуючи потрапляння світла прямо в очі. Можливий спосіб такого виду освітлення зображено на рис. 1.9

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.9 - Освітлення збоку, або в кутку кожної сходинки, за допомогою світлодіодів, міжповерхових сходів.

- **Освітлення за допомогою підсвічування перил.** Відсутність перил на сходах важко собі уявити. То чому ж не використати їх не лише для безпеки а й інтегрувати систему освітлення міжповерхових сходів в них. Одним із способів досягти цього є встановлення великих світлодіодних стрічок під перилами.

Однак важливо враховувати, що перила повинні бути прямими. У-подібні або гвинтові сходи можуть не мати плоских перил, що може ускладнити або взагалі прибрати можливість освітлення перил на міжповерхових сходах. Приклад такого освітлення на прямих сходах зображено на рис. 1.10.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

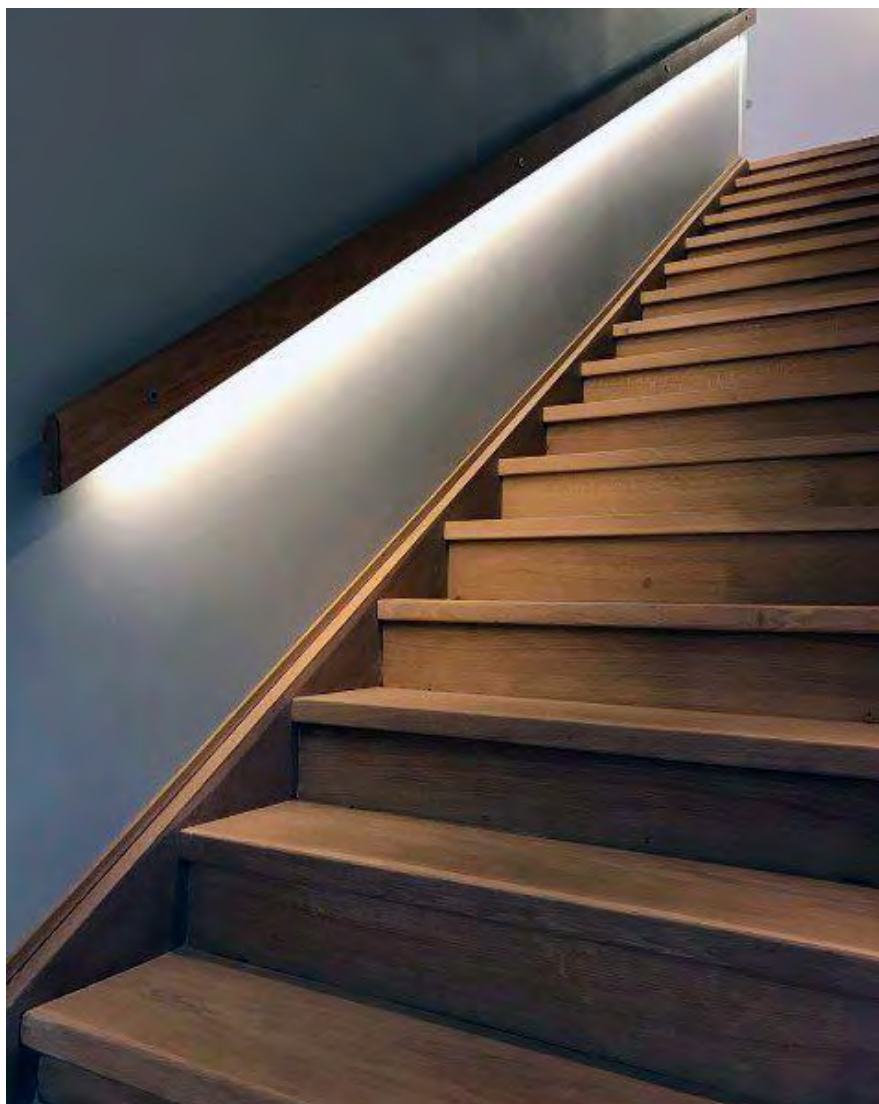


Рис. 1.10 – Приклад освітлення міжповерхових сходів за допомогою перил на прямих сходах

Тим не менш, все ще є спосіб додати освітлення до ваших перил, і це за допомогою підвісних світлодіодних стрічок, так званих «гірлянд». Подібно до того, як ми прикрашаємо новорічну ялинку, можна так само прикрасити і перила міжповерхових сходів в вашому котеджу, це можна спостерігати на рис. 1.11. Перевагою «гірлянд» є те, що їх вже можна використати не тільки на прямих сходах, а й на гвинтових, або u-подібних. Варто зазначити, що якщо у родині є люди похилого віку, які покладаються на перила як опору, краще уникати цієї ідеї освітлення, за

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для безпеки користуванням, бо існує можливість зачепитись за ці стрічки, та вибрати інший варіант зі списку.

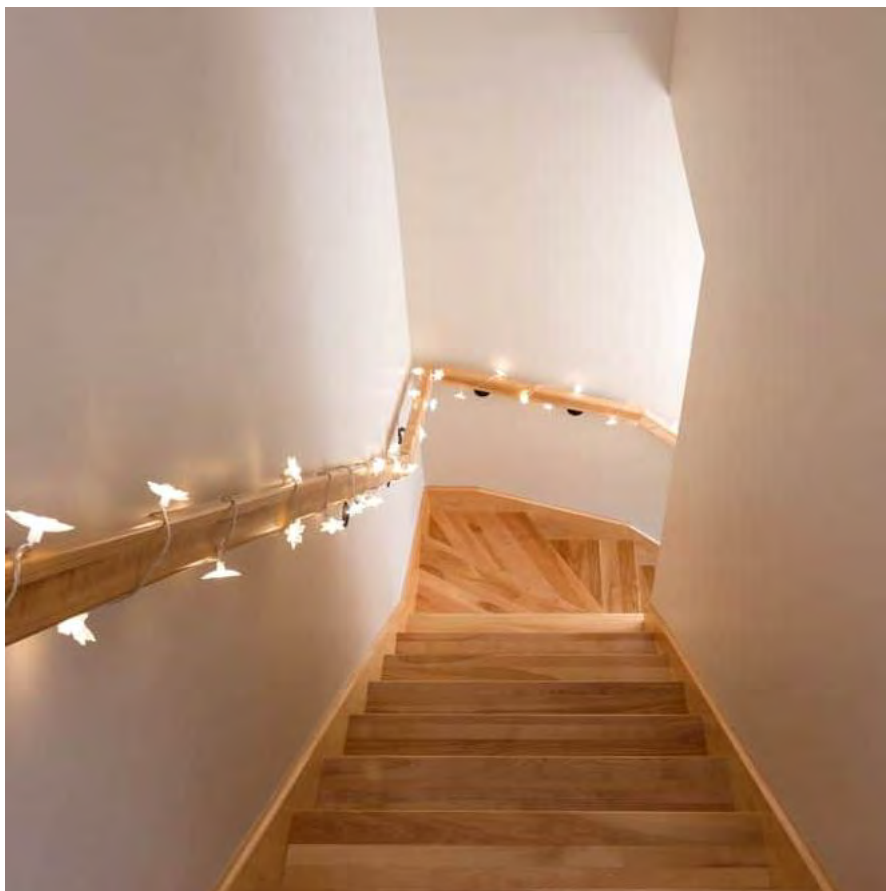


Рис. 1.11 - Освітлення перил за допомогою "Гірлянд"

Також до переваг такого виду освітлення сходів, можна віднести те, що його можна застосовувати не лише в приміщенні. Так як система освітлення знаходиться під перилами, це мінімізує можливість потрапляння вологи до електричних елементів. Цим і скористались інженери-конструктори Київського НСК «Олімпійський». Такі сходи прикрашають територію, яка веде до самого стадіону прямо в серці нашої столиці, це можна спостерігати на рис. 1.12.



Рис. 1.12 - Освітлення сходів на НСК "Олімпійський"

- Освітлення міжповерхових сходів за допомогою підвісної люстри.** Велика енерговитратна люстра - мабуть найгірший та найменш енергоефективний спосіб освітлення міжповерхових сходів. Одним з потенційних недоліків освітлення міжповерхових сходів котеджу за допомогою використання люстр є нерівномірне розподілення світла. Через концентрацію джерела світла в одній точці, решта областей може залишатись недостатньо освітленою, що може створювати тіні і обмежувати видимість на сходах.

Крім того, при використанні люстр на міжповерхових сходах можуть виникати проблеми зі структурою і дизайном. Підвісні люстри займають певний простір висоти, що може бути непрактичним для міжповерховий сходів з обмеженою висотою. Через це стає можливим використання цього виду освітлення сходів лише в певних типах самих міжповерхових сходів. В компактні U-подібні, або L-подібні сходи таку систему майже

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

неможливо застосувати. Освітлення міжповерхових сходів за допомогою масивних підвісних люстр найчастіше використовують в поєднанні з габаритними гвинтовими сходами, що зображено на рис. 1.13. Такі сходи не вписуються в сучасні мінімалістичні та ергономічні дизайни котеджів. Крім того, деякі люстри можуть бути важкими і вимагати додаткових конструкцій для підтримки.



Рис. 1.13 - Освітлення гвинтових міжповерхових сходів за допомогою підвісної люстри

Ще одним недоліком використання люстр на міжповерхових сходах є енергоспоживання. Люстри зазвичай використовують значну кількість енергії, особливо якщо використовуються традиційні живильні джерела світла, такі як лампи накаливання. Це може призводити до збільшених витрат на електроенергію та негативного впливу на довкілля.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, підтримка і обслуговування люстр можуть бути проблематичними. Заміна ламп або ремонт люстри можуть бути складними завданнями через їх розташування на великій висоті.

Загалом, використання люстр для освітлення міжповерхових сходів котеджу може мати деякі недоліки, пов'язані з нерівномірним освітленням, проблемами структури і дизайну, високим енергоспоживанням та ускладненим обслуговуванням. У роботі над автоматизовано

1.4. Аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення

В даному розділі буде проведено аналіз аналогів автоматизованих систем освітлення, які можуть бути використані для досягнення оптимального рівня освітлення на міжповерхових сходах котеджу. Мета полягає в тому, щоб вивчити різні технології та методи освітлення, їх переваги та недоліки з точки зору ефективності, комфорту та безпеки користувачів.

Проаналізувавши ринок та потреби, я виділив декілька найбільш цікавих, в усіх аспектах, варіанти автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.

- **Бездротова система підсвічування сходів «LED STAIR S-5»** (див. рис. 1.14). [6]



Рис. 1.14 - Зображення вмонтованої системи "LED STAIRS S-5"

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

В комплект поставки такої бездротової системи, що зображено на рис. 1.15, входять: два датчика руху, п'ять освітлювальних приладів і інструкція з монтажу системи. Комплект вже налаштований на певну частоту передачі керуючих сигналів і не потребує додаткового регулювання. Кожен модуль працює від звичайних батарейок. Використовуючи якісні елементи живлення, комплект батарейок, за завданнями виробника, забезпечує роботу системи протягом приблизно одного року.



Рис. 1.15 - Комплект бездротової освітлювальної системи "LED STAIRS S-5"

До переваг бездротових систем освітлення сходів можна віднести такі аспекти:

- Відсутність необхідності увімкнення основного освітлення.
- Відсутність витрат на електроенергію.
- Можливість використовувати підсвічування навіть при тимчасовому відключенні електропостачання в будинку.
- Простий монтаж системи, який може бути здійснений самостійно без спеціалістів. Світильники можуть бути закріплені на стіні або безпосередньо на сходах за допомогою саморізів або клейової стрічки.
- Не потрібно свердлити отвори або прокладати кабель для монтажу

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

світильників і датчиків.

- Система надає приємне м'яке світло, яке не навантажує очі.
- Високий рівень безпеки в експлуатації системи, оскільки вона не працює з високими напругами і не виникає ризик перегріву або загоряння від короткого замикання.

Для нормального освітлення сходів достатньо м'якого, приємного і помірно інтенсивного світла, яке забезпечує раціональне використання потенціалу елементів живлення. За словами виробника, бездротової системи підсвічування сходів «LED STAIR S-5», саме м'яке та розсіяне світло будуть випромінювати їх світильні елементи, на рис. 1.16 представлений вид при спуску зі сходів, під час увімкненої системи.

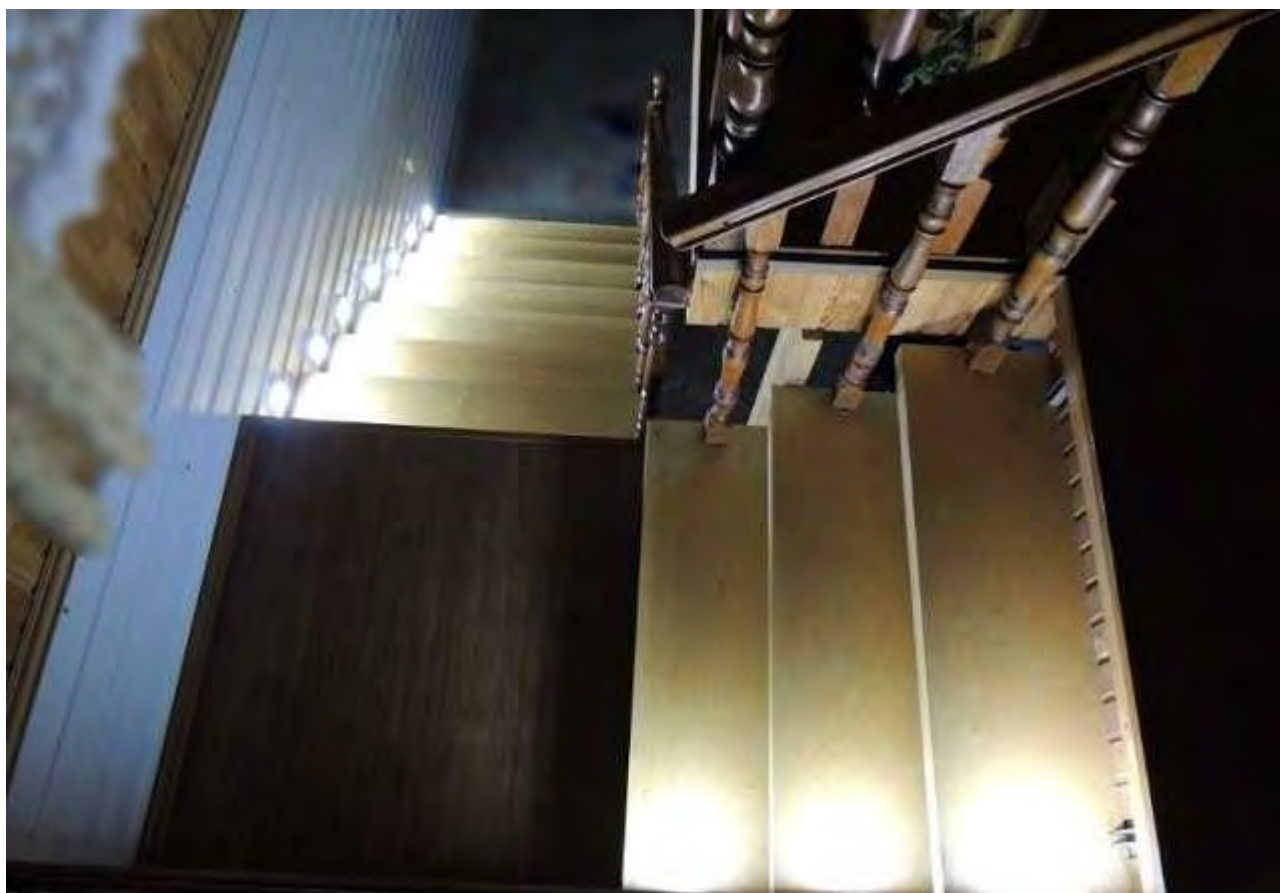


Рис. 1.16 – Вид користувача при спуску зі міжповерхових сходів, які освітлені системою «LED STAIR S-5»

Для кожного освітлювального елемента необхідно використовувати три

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

батарейки типу "AAA". Підсвічування активується, коли датчик руху реагує на присутність людини неподалік, а вимикається через 18 секунд після припинення руху. Інсталяція цих світильників і датчиків є досить простою і доступною навіть для людей без досвіду. Вони мають компактні розміри (див. рис 1.17), що дозволяють легко розмістити їх на поверхні без особливих зусиль або знань. Крім простоти в встановленні і невеликих розмірів, ці світильники також є ефективними в експлуатації. Вони споживають досить обмежену кількість енергії, завдяки чому елементи живлення можуть працювати протягом тривалого періоду без необхідності часто замінювати батарейки. Користувачі можуть насолоджуватися яскравим і безпечним освітленням сходів, маючи впевненість в його довготривалій та ефективній роботі.

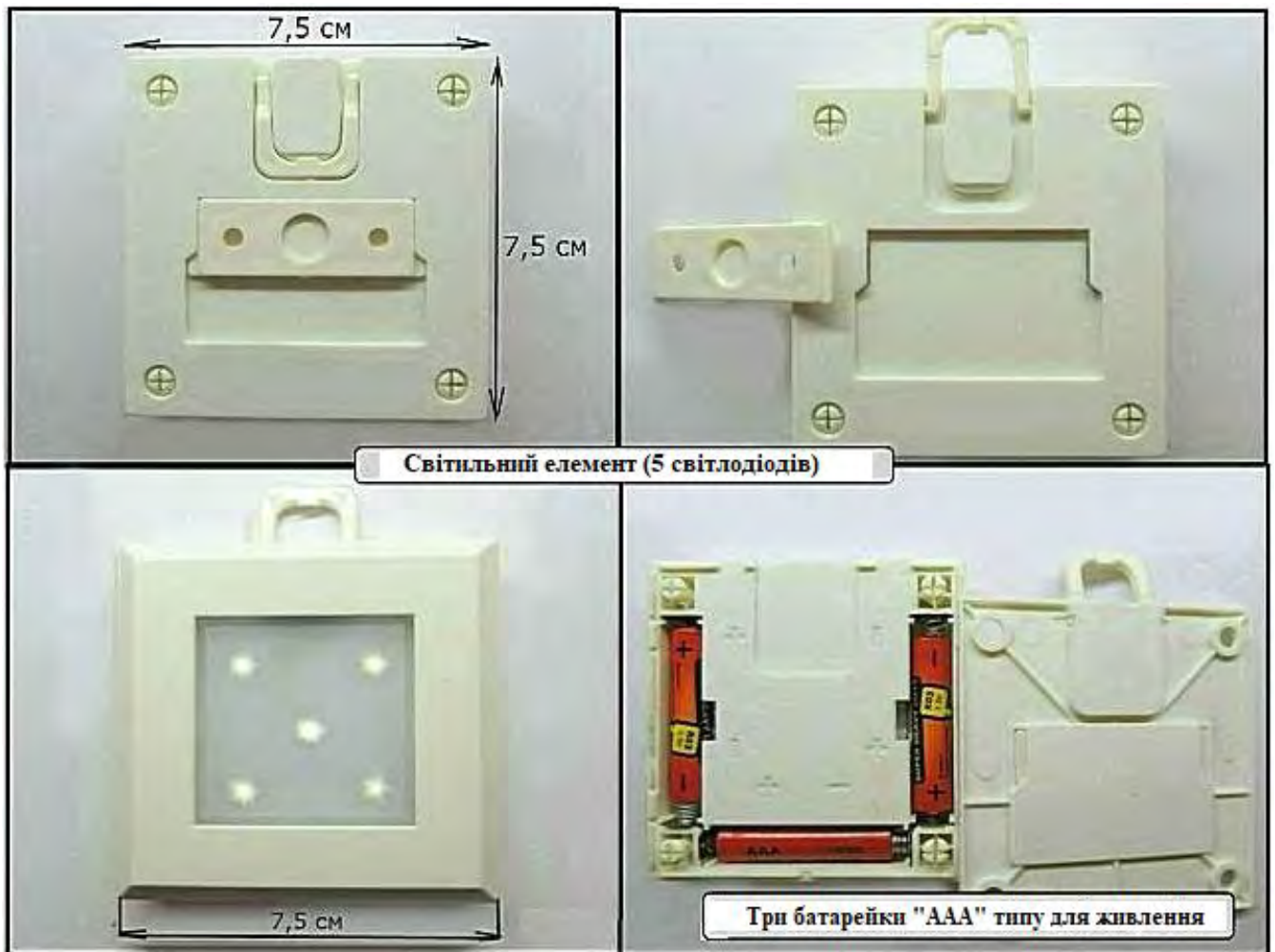


Рис. 1.17 - Конструкція бездротової освітлювальної системи "LED STAIRS S-5"

Приблизна вартість такого комплекту становить від 2500 до 3000 Гривень.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- Система автоматизованого підсвічування сходів Skad KOL-020 (див рис. 1.18). [7]



Рис. 1.18 - Зображення вмонтованої системи Skad KOL-020

Цей готовий комплект розумного освітлення сходів містить все необхідне, щоб створити безпечне та естетичне освітлення вашого сходового простору, за винятком алюмінієвого профілю для встановлення та проводки для підключення. У комплект поставки, який зображено на рис. 1.19, входить:

- Контролер автоматичного освітлення сходів - 1 шт.
- Адресна світлодіодна стрічка з густиною 30 світлодіодів на метр - 3 рулони (загалом 15 метрів).
- Надійний блок живлення MeanWell LRS-150-12 - 1 шт.
- Два датчика руху - 2 шт.
- Датчик освітленості - 1 шт.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Датчики руху



Датчик рівня освітлення



Контролер



Блок живлення MeanWell LRS-150-12



Світлодіодна стрічка - 15 метрів

Рис. 1.19 - Комплект автоматизованого підсвічування сходів Skad KOL-020

Розробники створили універсальний контролер для підсвічування сходів будь-якої ширини та кількості ступенів. У комплекті є достатня кількість стрічки для підсвічування 24 ступенів завширшки 60 см або 18 ступенів завширшки 80 см.

Головні переваги цієї системи:

- Зручне та просте керування зі смартфона, що дозволяє вам змінювати кольори освітлення за своїм бажанням. Також доступний ефект "Райдуга", який додає різноманітності.
- Гнучкість системи дозволяє використовувати її для будь-якої кількості та розміру сходиць, адаптуючись до будь-якої будівлі.
- Простота монтажу та естетичний вигляд - не потрібно прокладати окремий провід до кожної сходиці, достатньо з'єднати їх "ланцюгом",

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

що забезпечує чистий та організований вигляд.

- Можливість налаштувати швидкість запалення підсвічування.
- Автоматичний режим нічного підсвічування дозволяє системі автоматично ввімкнутись при зникненні основного освітлення і робить підсвічування більш приглушеним. Крім того, система реагує на присутність людини та регулює яскравість світла залежно від цього.
- Система враховує напрямок руху людей і при взаємному зустрічі активує підсвічування назустріч, що покращує безпеку та зручність користування.

Мабуть головною перевагою системи Skad KOL-020, є можливість налаштувати освітлення міжповерхових сходів зі смартфона, зображення інтерфейсу програми показано на рис. 1.20.

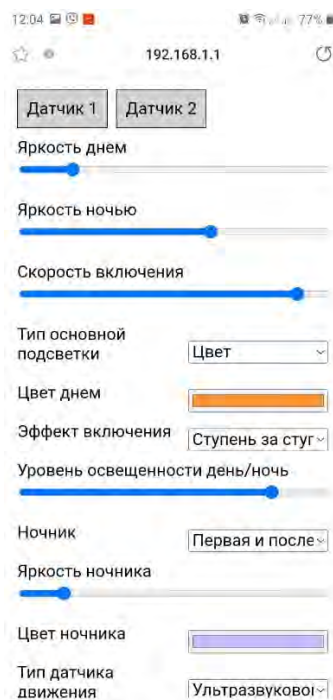


Рис. 1.20 - Інтерфейс програми налаштування системи освітлення міжповерхових сходів Skad KOL-020

Ця система має такі можливі налаштування зі смартфона користувача:

- Вибір кольорів для денного підсвічування.
- Регулювання яскравості денного підсвічування.
- Контроль яскравості нічного підсвічування, щоб уникнути

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засліплення вночі.

- Налаштування ефекту увімкнення/вимкнення освітлення.
- Вибір кольорів для нічного режиму.
- Регулювання яскравості освітлення нічного режиму.
- Використання трьох різних режимів нічного режиму.
- Встановлення рівня освітленості, при якому пристрій автоматично переходить у нічний режим.
- Налаштування швидкості запалення та згасання підсвічування.

Але одним із головних недоліків цієї системи є її ціна, яка починається від 7000 Гривень.

- **Автоматизована система освітлення міжповерхових сходів SEQUA HOME-12-60** (див. рис. 1.21). [8]

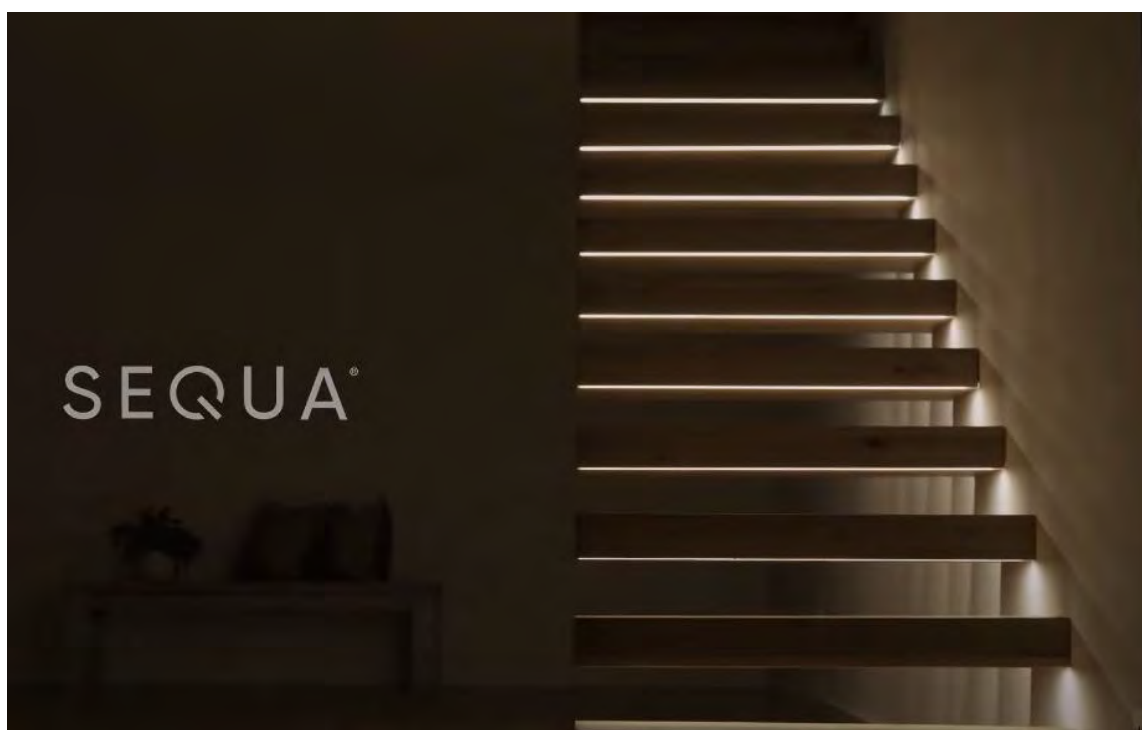


Рис. 1.21 - Зображення вмонтованої системи SEQUA HOME-12-60

Блок управління Home-12-60 відрізняється простотою використання, оскільки він поставляється повністю налаштованим і в комплекті з двома відповідними датчиками руху та потужним блоком живлення.

До переваг цієї системи можна віднести наступне:

- Забезпечення поступового ходового світла з плавним перемиканням і

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматичним сенсорним керуванням.

- Система підходить для міжповерхових сходів до 16 східців, незалежно від типу освітлення, чи то маленькі світлодіоди, розташовані в кутках східців, або довгі світлодіодні стрічки, які охоплюють всю довжину сходів.
- Можливість регулювання швидкості увімкнення, або вимкнення та часу очікування між ними залежно від вибору користувача.
- Стандартизований корпус, який зображено на рис. 1.22, дозволяє зручно монтувати блок в шафах керування та невеликих розподільних коробках.
- Низьке споживання енергії, всього 0,4 Вт під час роботи, включаючи споживання датчиків.



Рис. 1.22 - Корпус системи автоматизованого освітлення міжповерхових сходів SEQUA HOME-12-60

До комплекту даної системи автоматизованого освітлення сходів входить:

- Блок живлення, який зображено на рис. 1.23, має потужність 60 Вт і підтримує напругу 12 В або 24 В. Він працює безшумно завдяки пасивному охолодженню і відповідає директиві EuP. Виробник випробував його під повним навантаженням, що робить цей блок

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

живлення рекомендованим для використання зі світлодіодними стрічками на 12 або 24 В та точковими світлодіодами загальною потужністю до 55 Вт.



Рис. 1.23 - Блок живлення автоматизованої системи освітлення сходів SEQUA HOME-12-60

- Сенсор руху SEQUA, який зображено на рис. 1.24. розміром 73 мм призначений для прихованого монтажу в розподільних коробках шириною 60 мм. Сенсор доступний у варіантах з алюмінієвим або білим пластиковим корпусом. В комплекті поставляються відповідні гвинти і шестигранний ключ.



Рис. 1.24 - Сенсор руху SEQUA для автоматизованої системи освітлення сходів

- Кабелі для підключення до мережі та 10 метровий кабель для підключення сенсорів та світлодіодних стрічок, які зображено на рис. 1.25.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рис. 1.25 - Кабелі для підключення автоматизованої системи освітлення сходів SEQUA HOME-12-60

- Світлодіоди або світлодіодні стрічки, враховуючи бажання замовника по підключенню джерел світла.

Данна система має безліч переваг, має гарний сучасний дизайн, але все це нівелюється ціною. Ціна за автоматизовану систему освітлення міжповерхових сходів SEQUA HOME-12-60 складає приблизно 12 000 Гривень.

Висновки до першого розділу

Наразі, визнано, що якісне освітлення є вирішальним фактором у нашому повсякденному житті і часто вважається самоочевидним. Однак, в наші дні, інженери-конструктори часту нехтують автоматизованими системами освітлення, тим більше, забувають про це на міжповерхових сходах сучасних котеджів. Автоматизована система освітлення допоможе ефективно використовувати електроенергію та задовольняти потреби користувачів, як в естетичному плані, так і в плані безпеки.

У цьому розділі було розглянуто актуальність теми освітлення міжповерхових сходів котеджу та представлено основні проблеми цієї теми, а також ми провели огляд існуючих видів освітлення міжповерхових сходів та проаналізували аналоги автоматизованих систем освітлення для котеджів.

Крім актуальності освітлення міжповерхових сходів котеджу, було досліджено його проблематику. Одна з головних проблем, виявлених у дослідженні, полягає у енергозберігаючому факторі. У сучасному світі, де екологічні проблеми стають все

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більш важливими, системи освітлення неухильно розвиваються, а розробники технологій приладобудування в галузі освітлення неперервно працюють над їх вдосконаленням. В наші дні цей аспект є критичним. Так як заощадження електроенергії наймовірно важливе як в економічному так і в екологічному плані.

Не мало значуща проблема полягає в недостатньому рівні освітленості, який може призводити до падінь та травм. Враховуючи ці проблеми, необхідно розглянути ефективні стратегії та рекомендації для покращення освітлення міжповерхових сходів котеджу з метою забезпечення безпеки та комфорту для користувачів.

Разом з тим, важливо врахувати естетичну складову освітлення міжповерхових сходів котеджу. Візуальна привабливість освітлення може покращити загальний вигляд простору, створюючи затишну атмосферу і додатковий комфорт для користувачів.

Узагалі, розробка та застосування ефективних стратегій освітлення міжповерхових сходів котеджу враховує не лише безпеку та комфорт, але й економічність, екологічність та естетичні аспекти. Це важливий крок у створенні просторів, що задовольняють потреби та очікування користувачів, прискорюючи розвиток сучасного житлового середовища.

Зокрема, оглянувши різноманітні види освітлення міжповерхових сходів, було виявлено, що традиційні методи, такі як загальне освітлення з використанням лампочок або люстр, можуть не задовольняти вимоги енергоефективності, безпеки та комфорту.

Аналізуючи аналоги автоматизованих систем освітлення, було встановлено, що такі системи надають багато переваг. Вони забезпечують автоматичне керування освітленням з урахуванням руху та освітленості, що призводить до енергозбереження та зручності для користувачів.

Важливо враховувати розмір та конструкцію міжповерхових сходів при виборі автоматизованої системи освітлення. Більшість систем розрахована на середню кількість сходинок в 14-16 штук, але є і деякі, до яких можна під'єднати, за бажанням та потребою, до 48 сходинок.

Також дуже важливо враховувати економічний аспект. Цінова політика на

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматизовані системи освітлення дуже різні. Кожен користувач може обрати ту систему, яка підходить йому з урахуванням бюджету на забудову.

Ефективне використання автоматизованих систем освітлення може покращити безпеку використання сходів, зменшити споживання електроенергії та покращити загальний комфорт у котеджі.

На основі проведеного огляду та аналізу, можна зробити висновок, що впровадження автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів у котеджі є перспективним та доцільним кроком. Для успішної реалізації проекту необхідно враховувати особливості будинку, вибрати підходящу систему та забезпечити належну установку та налаштування системи.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

У цьому розділі перейдемо до практичної частини дипломного проєкту, яка передбачає розробку автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. На попередніх етапах роботи було проаналізовано проблематику, визначено актуальність теми і проведений детальний огляд існуючих видів освітлення та аналогів автоматизованих систем освітлення.

В ньому буде обґрунтовано вибір виду автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу; огляд комплектуючих системи; розробка та представлення структурної, функціональної та електрично-принципової схем.

Автоматизована система освітлення міжповерхових сходів представлятиме собою світлодіодні стрічки на кожній з 16 сходинок, які будуть автоматично вмикатись під час поганого освітлення ззовні, рівень якого буде перевірятись за допомогою датчику рівня освітлення. Коли датчик зафіксує що рівень освітлення недостатній, тільки після цього зможе увімкнутись вся система. Світлодіодні стрічки будуть плавно вмикатись після того, як користувач перетне інфрачервоне випромінювання від одного з датчиків руху, які будуть розміщені на першій і на останній сходинках. Порядок увімкнення та вимкнення світлодіодних стрічок залежатиме від того, який з датчиків подав сигнал на мікроконтролер. Якщо людина підіймається нагору, то нижній датчик спрацює і подасть сигнал на мікроконтролер, після цього із заданою затримкою почнуть плавно вмикатись світлодіодні стрічки з першої по останню сходинку. Вони світлитимуться до тих пір, поки користувач не замкне інфрачервоні промені верхнього датчику руху, тобто допоки користувач не підніметься наверх. Тоді верхній датчик подасть сигнал на мікроконтролер і світлодіодні стрічки вже з іншою заданою затримкою почнуть вимикатись з першої сходинки по останню. Так само система працює і в зворотному напрямку.

					<i>ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1. Обґрунтування вибору автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Проаналізувавши різні види освітлення та ознайомившись з аналогами систем, можна зробити висновок, що вибір правильної вимагає уважного розгляду різних нюансів і факторів.

З самого початку потрібно проаналізувати який вид та будова у сходів котеджу. Адже, як вже було написано в попередніх розділах, не кожна система освітлення підходить до будь-якого типу сходів в будинку.

Далі, потрібно робити висновки, враховуючи бюджет на автоматизовану систему освітлення міжповерхових сходів. Бо проаналізувавши різні аналоги автоматизованих систем освітлення на ринку, можна зробити висновок, що цінова політика дуже різна. Все залежить від комплектації та якості комплектуючих.

Наступним кроком слід врахувати потреби користувачів. Міжповерхові сходи в котеджі використовуються не тільки для переміщення, але й як елемент дизайну та естетичної композиції. Оскільки кожен користувач може мати власні вимоги до освітлення, система повинна бути гнучкою та можливою до вдосконалення.

Враховуючи всі ці фактори, потрібно зробити вибір автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу, таким, який задовольнятиме потреби користувачів, забезпечуватиме безпеку та комфорт, відповідатиме технічним вимогам та бути енергоефективним рішенням.

2.1.1. Огляд виду та будови сходів котеджу

Перед тим як розроблювати автоматизовану систему освітлювання міжповерхових сходів, потрібно визначитись з видом та будовою сходів в будинку.

Для цього можна скористатись програмою SketchUp. SketchUp є комп'ютерною програмою для 3D-моделювання та проектування, розробленою компанією Trimble. Вона широко використовується в архітектурній, дизайнерській та будівельній галузях для створення візуалізацій, розробки концепційних проектів, моделювання об'єктів та структур.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

SketchUp надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє швидко створювати 3D-моделі засобами Push/Pull («Тягни/Штовхай»). Крім того, вона має ряд інструментів для редагування та трансформації об'єктів, дозволяючи створювати складні форми і деталі. Програма також підтримує додаткові розширення та плагіни, що розширюють її функціональні можливості.

SketchUp дозволяє реалістично візуалізувати проекти, додавати текстури, матеріали та освітлення до моделей. Вона також підтримує імпорт та експорт моделей в різних форматах, що спрощує співпрацю з іншими програмами та платформами.[9]

Основним чинником в виборі цієї програми послужив простий інтерфейс та легкість в роботі з моделюванням. Тривимірна модель першого поверху котеджу зі сходами на другий поверх, яка реалізована в програмі SketchUp pro, представлена на рис. 2.1.

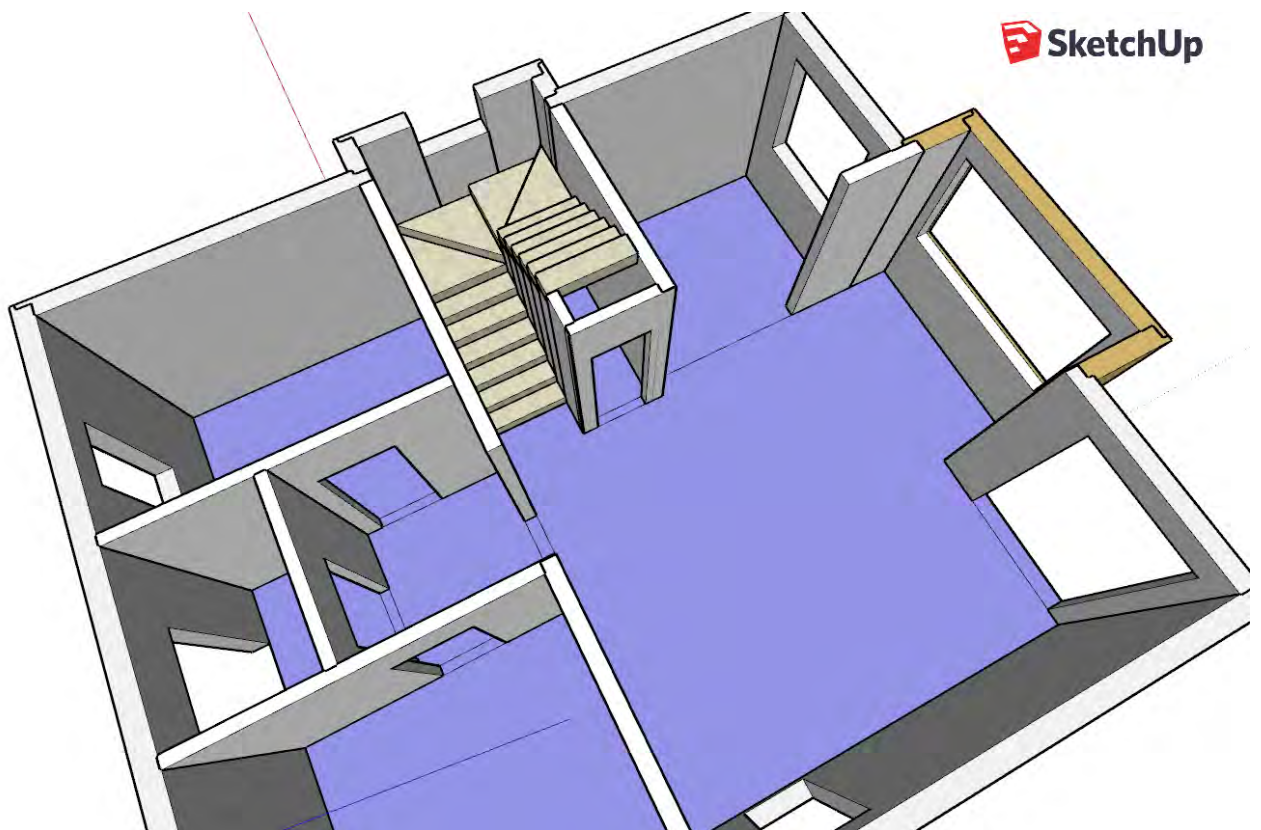


Рис. 2.1 - Тривимірна модель першого поверху котеджу зі сходами

Для більш зрозумілого вигляду та зручності у визначеності розмірів, перенесемо тривимірну модель на кресленик, для цього використаємо додаток до програми SketchUp SketchUp Layout. SketchUp Layout є додатком до програми SketchUp, який спеціалізується на створенні двовимірних креслень, схем, планів та

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

документації на основі тривимірних моделей, створених у SketchUp. Layout надає користувачам можливість розміщувати та оформлювати моделі, додавати текст,

мітки, розміри, символи, графіку та інші елементи, необхідні для створення професійних технічних документів.

Отже, після перенесення, маємо кресленик першого поверху, який представлений на рис. 2.2.

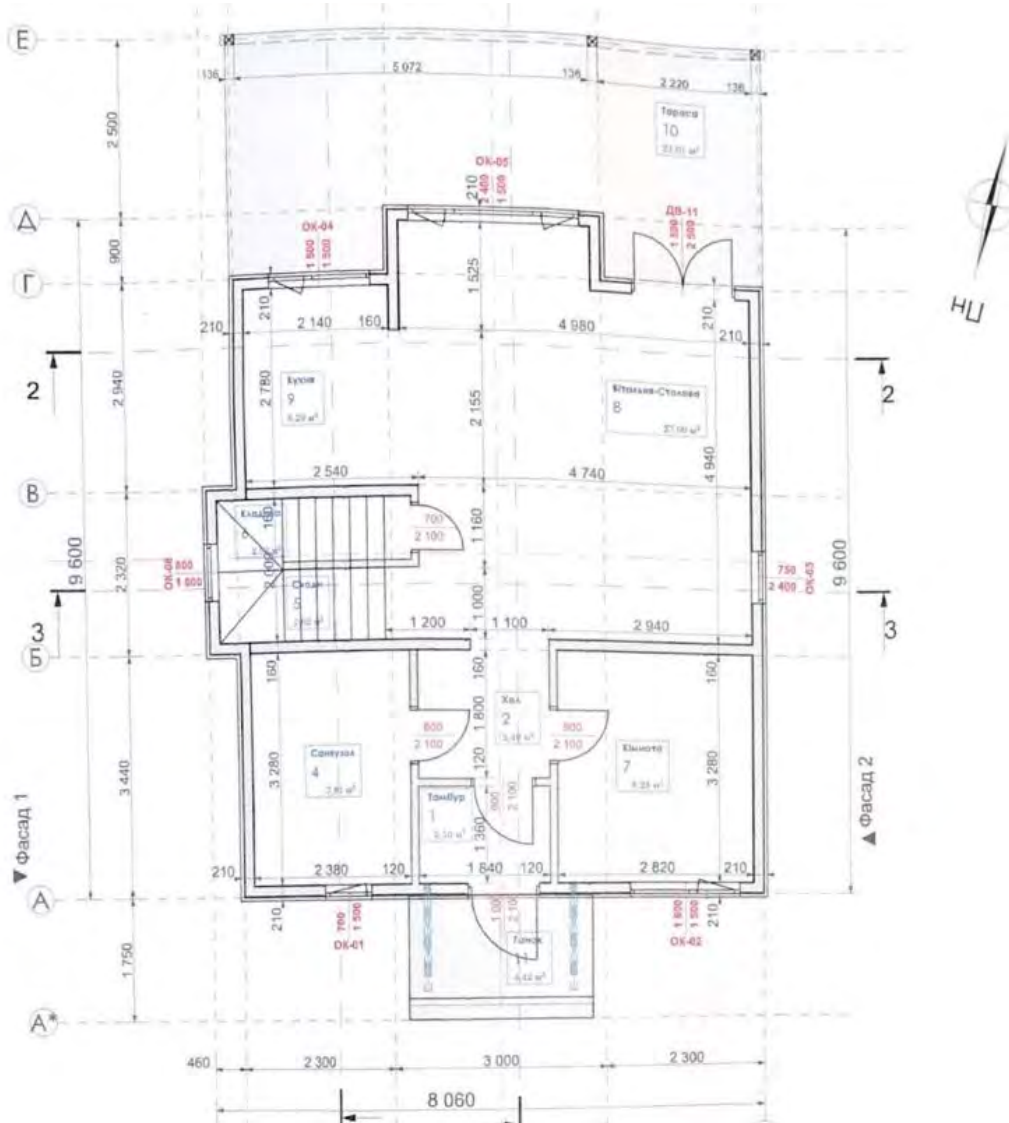


Рис. 2.2 - Кресленик першого поверху котеджу, реалізований в додатку SketchUp Layout

На основі тривимірної моделі та креслення першого поверху котеджу можна зробити висновок, що міжповерхові сходи цього будинку мають типову конфігурацію U-подібних сходів. Східці складаються з 16 сходинок, кожна сходинка яких має такі габарити: 960 мм. ширина, 250 мм. довжина та 175 мм. висота кожної

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

сходинок. Площа сходової конструкції складає 2,62 квадратних метри.

Детальний аналіз тривимірної моделі та креслення дозволяє отримати інформацію про розміри, форму та конфігурацію сходів, що є важливим для подальшого проектування та вибору автоматизованої системи освітлення.

Отже, проаналізувавши все вище написане, можна зробити висновки, що найбільш доцільним буде використання освітлення під кожною сходиною, за допомогою світлодіодних стрічок на декілька світлодіодів. Так як такий метод призначений для не дуже габаритних сходинок, які і є в нашому плані котеджу.

2.1.2. Обґрунтування режимів роботи системи автоматизованого освітлення міжповерхових сходів

Економічне обґрунтування вибору автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу є важливим аспектом розробки проекту. У зв'язку з обмеженим бюджетом, необхідно здійснити раціональний вибір системи, яка б задовольняла вимоги ефективності та функціональності, не перевищуючи фінансові рамки.

Після проведеного аналізу видів освітлення та аналогів систем, було вирішено обрати автоматизовану систему освітлення з датчиками руху та датчиком рівня освітлення на сходах. Вона демонструє переваги, які відповідають поставленим цілям вимогам, і при цьому вплив на загальну ціну не є значним, порівняно з використанням додаткових компонентів.

Вибір автоматизованої системи з датчиками руху має свої економічні переваги. По-перше, така система дозволяє ефективно використовувати електроенергію, оскільки світильники будуть вмикатись лише в присутності людей та за необхідних умов рівня освітлення, що забезпечує економію електричної енергії. По-друге, вона подовжує термін роботи світильних елементів, оскільки вони не працюватимуть постійно, а лише при необхідності.

Але вибір системи яка працює тільки з датчиками руху та датчиком рівня освітлення не є остаточним, адже вона може в будь-який момент бути покращеною

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та доукомплектованою додатковими засобами автоматизації для полегшення експлуатації.

Отже, обрана автоматизована система освітлення з датчиками руху та датчиком рівня освітлення відповідає вимогам ефективності та функціональності, а також знаходиться в межах обмеженого бюджету. Це раціональне економічне рішення, яке дозволяє досягти балансу між фінансовими обмеженнями та вимогами проєкту.

2.1.3. Обґрунтування вибору параметрів освітлення

Розглянувши в попередніх розділах аналоги автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів котеджу, можемо зробити висновок, що найбільш популярні види освітлення з постійним світінням та поступовим вмиканням і поступовим згасанням світільних елементів.

В даному проєкті була обрана система з поступовим вмиканням та поступовим згасанням світільників. Однією з причин такого вибору є естетичний аспект, оскільки цей тип освітлення виглядає більш природним та гармонійним. Це важливо для підтримки загального дизайну будинку та створення комфортної атмосфери. Такі системи часто використовують в поєднанні зі світлими стінами та яскравою підлогою. Приклад такої реалізованої системи представлено на рис. 2.3.

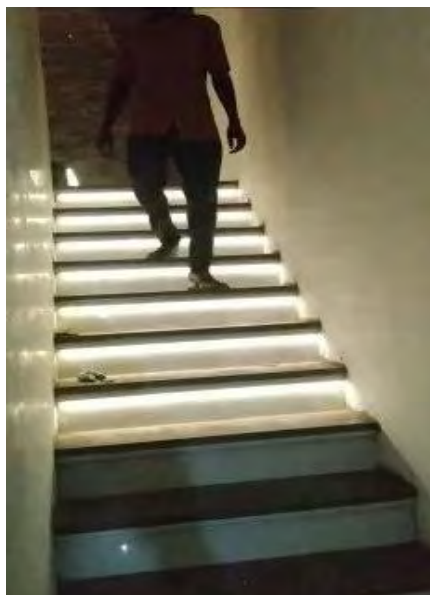


Рис. 2.3 - Реалізація автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу з поступовим вмиканням світлодіодів

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, система з поступовим вмиканням та поступовим згасанням світильників є безпечною для користувачів. Вона дозволяє уникнути різкого освітлення в обличчя людині, яка підіймається по сходах. Поступове згасання світла дозволяє очам адаптуватися до змін освітлення, забезпечуючи комфортні умови руху по сходах.

Таким чином, обраний варіант системи з поступовим вмиканням та поступовим згасанням світильників відповідає естетичним вимогам дизайну будинку та забезпечує безпеку користувачів. Це раціональне рішення, що допоможе створити комфортні та естетично збалансовані умови освітлення міжповерхових сходів котеджу.

2.2. Вибір комплектуючих автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

У роботі над автоматизованою системою освітлення міжповерхових сходів котеджу важливо ретельно підібрати всі компоненти, які гармонійно співпрацюватимуть між собою і забезпечать оптимальну роботу системи. Один з найважливіших компонентів, на якому базуватиметься робота системи, - мікроконтролер. Мікроконтролер виконуватиме функцію керування освітленням сходів, отримуватиме сигнали від датчиків руху та забезпечуватиме належну роботу параметрів освітлення, які ми обрали в попередньому пункті цього розділу, тобто послідовне вмикання та вимикання світлодіодів.

Також, одним з ключових елементів, який необхідно ретельно підібрати для реалізації автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів, є МДН-транзистори (MOSFET-транзистори). Вони відіграють важливу роль у керуванні живленням світлодіодів та забезпечують оптимальну роботу системи. Враховуючи те що в проєкті 16 сходинок, необхідно забезпечити наявність щонайменше 16 світильних елементів. Для правильної роботи світлодіодів також необхідні транзистори для обмеження струму, які вже будуть йти в комплекті в світлодіодній стрічці, стабілізатор напруги та конденсатори для стабілізації постійного струму.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для роботи системи тільки при низькому рівні освітлення, потрібен датчик, який буде визначати цей рівень освітлення. Для цього використовуються датчики на фоторезисторах.

Оскільки вибрана система базується на датчиках руху та поступовому вмиканні та вимиканні світлодіодів, необхідно використати щонайменше два датчики руху, які будуть реагувати на рух людей на сходах. Один датчик буде встановлено на першій сходинці, а інший – на останній. Це дозволить забезпечити оптимальну автоматизацію системи та енергозбереження.

Важливим кроком є також аналіз цінових можливостей, оскільки проект має обмежений бюджет. Під час вибору компонентів слід враховувати ціни на аналоги, що дозволить забезпечити економічну обґрунтованість системи.

У цьому пункті проекту будуть детально розглянуті всі вибрані компоненти, їх властивості та принципи роботи.

2.2.1. Вибір та огляд основних характеристик мікроконтролеру автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

Мікроконтролери є компактними інтегральними схемами, які включають в себе процесор, пам'ять і периферійні пристрої, які виконують функції керування та обробки даних в електронних системах. Вони широко використовуються в автоматизації різноманітних пристроїв, включаючи системи освітлення. [10]

Види мікроконтролерів можуть варіюватися за їх характеристиками та архітектурою. Одним з найпоширеніших видів є мікроконтролери на базі архітектури ARM, які володіють високою продуктивністю та ефективністю енергоспоживання. Інші види мікроконтролерів включають AVR, PIC, MSP430 та багато інших.

Мікроконтролери відіграють важливу роль у автоматизованих системах освітлення. Вони забезпечують керування і контроль над світлодіодами або іншими джерелами світла, включаючи вимикання, вмикання, регулювання і програмування освітлення. Важливість мікроконтролерів полягає в їх здатності працювати з великою кількістю сенсорів і датчиків, що дозволяє реалізувати функціональні можливості,

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

такі як виявлення руху, регулювання яскравості світла або встановлення розкладу освітлення згідно з потребами користувачів.

Мікроконтролери також забезпечують можливість програмного керування, що дозволяє налаштовувати та змінювати параметри освітлення відповідно до вимог та умов. Вони дозволяють створювати імітацію природного освітлення, програмувати затримки вмикання та вимикання світла, а також інші додаткові функції, які покращують комфорт і ефективність системи освітлення.

Отже, мікроконтролери відіграють важливу роль в автоматизованих системах освітлення, забезпечуючи керування, програмовану функціональність та можливість інтеграції з різними компонентами системи. Їх використання дозволяє створити ефективну та гнучку систему освітлення, яка відповідає потребам користувачів та забезпечує оптимальні умови освітлення в міжповерхових сходах котеджу.

У даному дипломному проєкті було обрано мікроконтролер ATMEGA328P, який зображено на рис. 2.4, оскільки він демонструє переваги над іншими аналогами та повністю відповідає вимогам проєкту з точки зору функціональності, ефективності та доступності.

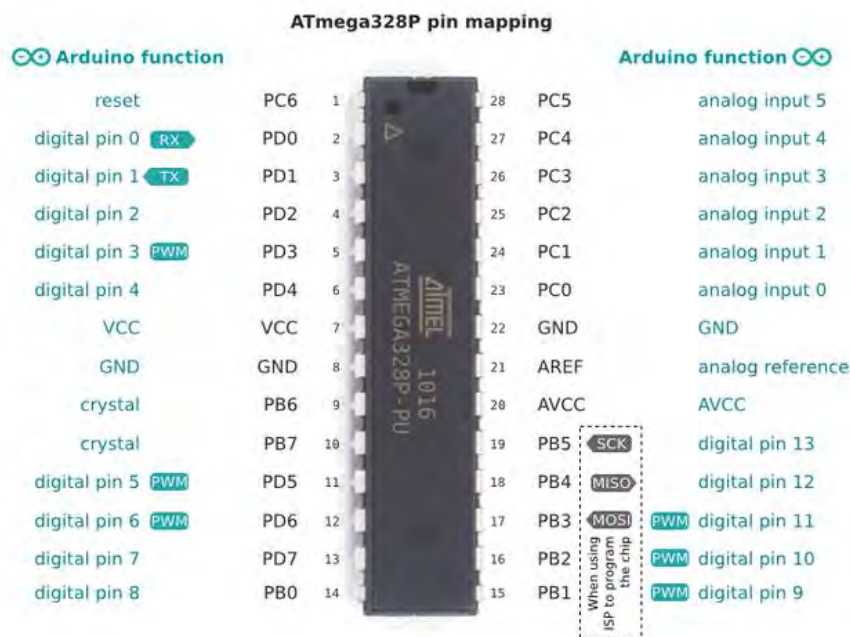


Рис. 2.4 - Зображення мікроконтролеру ATMEGA328P, та визначення його підключень

Одна з основних переваг ATMEGA328P полягає у його широкій популярності

та розповсюдженості. Це означає, що знайдення інформації, ресурсів та підтримки для цього мікроконтролера є відносно легким завданням. Багата спільнота розробників існує навколо ATMEGA328P, що сприяє обміну досвідом в розробці.

Другою перевагою ATMEGA328P є його висока функціональність та розширені можливості програмування. Мікроконтролер має достатньо потужний процесор, а також різноманітні вхідні та вихідні порти, що дозволяють легко керувати світловими елементами системи освітлення.

Окрім того, ATMEGA328P володіє низьким енергоспоживанням, що дозволяє ефективно використовувати електроенергію в автоматизованій системі освітлення. Це особливо важливо для довготривалого функціонування системи та забезпечення енергоефективності будинку.

Однією з ключових переваг ATMEGA328P є його доступна ціна, яка складає 200–250 Гривень. Цей мікроконтролер відносно недорогий, що відповідає обмеженому бюджету даного проекту. Така доступність дозволяє знизити вартість реалізації автоматизованої системи освітлення.

Основні характеристики мікроконтролеру ATMEGA328P представлені в таблиці 2.1. Мікроконтролер також підтримує різні комунікаційні протоколи, такі як UART, I2C та SPI, що дозволяє забезпечити взаємодію з іншими пристроями. [11]

Таблиця 2.1 - Основні характеристики мікроконтролеру ATMEGA328P

Корпус	DIP28
Флеш-пам'ять	32 Кбайт
Пам'ять ОЗУ (оперативна пам'ять)	2 Кбайт
Пам'ять ПЗУ (енергозалежна пам'ять)	1 Кбайт
Вхідно-вихідні порти	23 (6 з яких є каналами для 10-бітної ADC, каналами аналого-цифрового перетворення)
Тактова частота	20 МГц
Робоча напруга	Від 1,8 В до 5 В

На рис. 2.5 представленні характеристики змінного струму мікроконтролеру ATMEGA328P, при температурі роботи від -40°C до 85°C та при різних

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочих напругах.

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
I_{CC}	Power Supply Current ⁽¹⁾	Active 1MHz, $V_{CC} = 2V$		0.3	0.5	mA
		Active 4MHz, $V_{CC} = 3V$		1.7	2.5	
		Active 8MHz, $V_{CC} = 5V$		5.2	9	
		Idle 1MHz, $V_{CC} = 2V$		0.04	0.15	
		Idle 4MHz, $V_{CC} = 3V$		0.3	0.7	
		Idle 8MHz, $V_{CC} = 5V$		1.2	2.7	
	Power-save mode ⁽³⁾	32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 1.8V$		0.8		μA
		32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 3V$		0.9		
	Power-down mode ⁽³⁾	WDT enabled, $V_{CC} = 3V$		4.2	8	
		WDT disabled, $V_{CC} = 3V$		0.1	2	

Рис. 2.5 - Характеристики змінного струму мікроконтролеру ATMEGA328P

На рис. 2.6 представленні характеристики постійного струму мікроконтролеру ATMEGA328P, при температурі роботи від $-40^{\circ}C$ до $105^{\circ}C$ та при різних робочих напругах.

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ. ⁽²⁾	Max.	Units
I_{CC}	Power Supply Current ⁽¹⁾	Active 1MHz, $V_{CC} = 2V$		0.3	0.5	mA
		Active 4MHz, $V_{CC} = 3V$		1.7	2.5	
		Active 8MHz, $V_{CC} = 5V$		5.2	9.0	
		Idle 1MHz, $V_{CC} = 2V$		0.04	0.15	
		Idle 4MHz, $V_{CC} = 3V$		0.3	0.7	
		Idle 8MHz, $V_{CC} = 5V$		1.2	2.7	
	Power-save mode ⁽³⁾	32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 1.8V$		0.8		μA
		32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 3V$		0.9		
	Power-down mode ⁽³⁾	WDT enabled, $V_{CC} = 3V$		4.2	10	
		WDT disabled, $V_{CC} = 3V$		0.1	5	

Рис. 2.6 - Характеристики постійного струму мікроконтролеру ATMEGA328P

Далі, зробивши розрахунки від характеристик обраного мікроконтролеру, на рис. 2.7 – 2.8 буде представлено різні залежності напруг, частот роботи та робочих струмів мікроконтролеру ATMEGA328P.

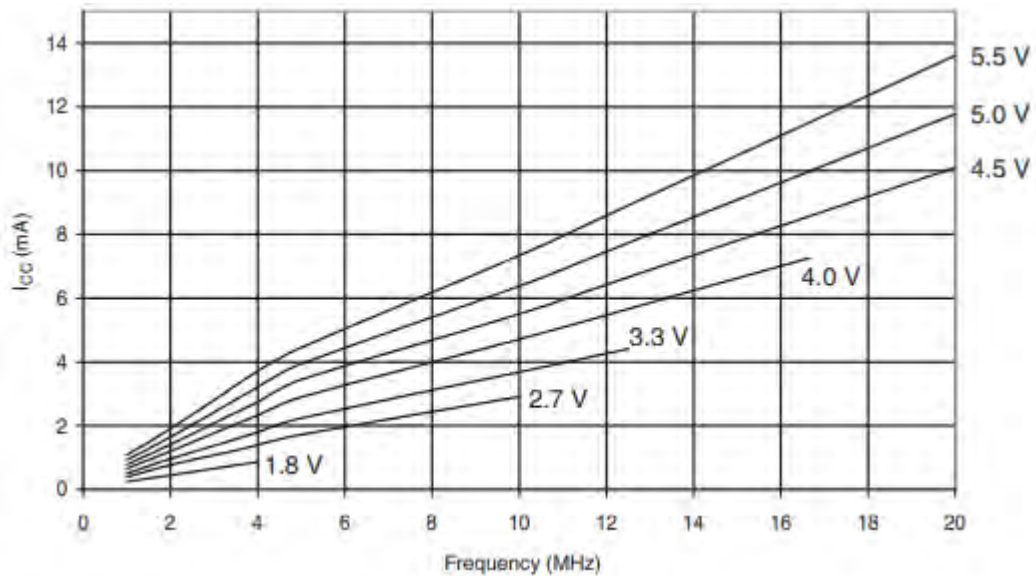


Рис. 2.7 - Графік залежності струму живлення від частот роботи мікроконтролера ATMEGA328P

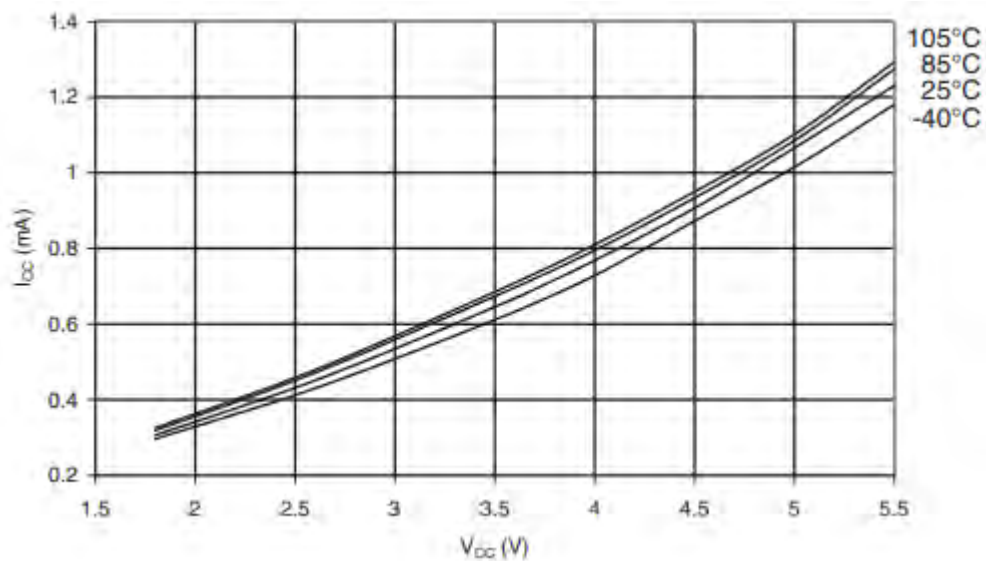


Рис. 2.8 - Графік залежності активного струму живлення від робочої напруги V_{CC} (при роботі RC-генератору з частотою в 128 кГц) мікроконтролера ATMEGA328P

Отже, обраний мікроконтролер ATMEGA328P має ряд переваг, включаючи широкую популярність, високу функціональність, низьке енергоспоживання, доступну ціну та розширені можливості програмування. Кількість його цифрових та аналогових виходів повністю задовольняють технічні потреби автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу на 16 сходинок, так як на кожен сходинку буде використано по одному входу мікроконтролера, на датчики руху на

кожний по одному аналоговому входу та на датчик рівня освітлення також виділено один аналогових пін. Ці характеристики роблять його ідеальним варіантом для реалізації автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.

2.2.2. Вибір та огляд основних характеристик стабілізатора напруги автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

Стабілізатор напруги - це електронний пристрій, призначений для забезпечення постійної напруги на виході незалежно від коливань напруги живлення. Він складається зі спеціальних елементів, таких як вхідний конденсатор, вихідний конденсатор, потужний стабілізуючий транзистор та опори. Вхідний конденсатор використовується для згладжування вхідної напруги, а вихідний конденсатор - для стабілізації вихідної напруги. [12]

У процесі розробки автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу, одним із важливих кроків є вибір підходящих компонентів для забезпечення стабільного живлення системи. Одним з ключових елементів, що забезпечують стабільну напругу, є стабілізатор напруги. У даному випадку, для нашої системи був обраний стабілізатор напруги LM7805, який зображено на рис. 2.9. Стабілізатор LM7805 забезпечує сталу вихідну напругу 5 вольт.

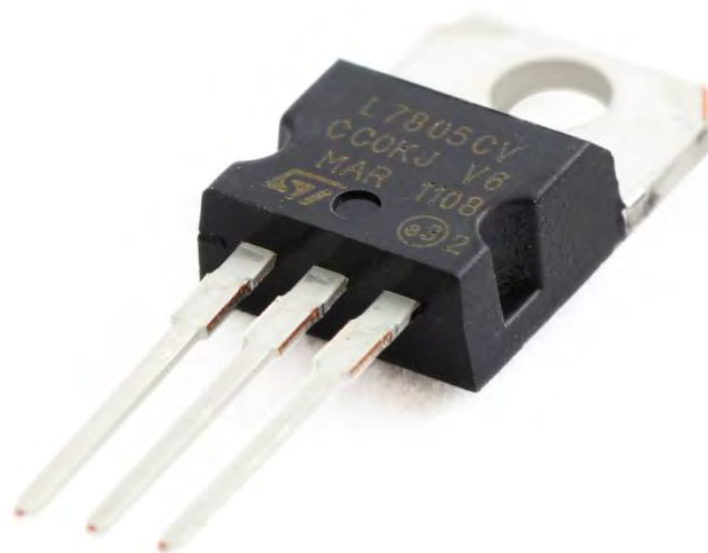


Рис. 2.9 – Зображення стабілізатора напруги LM7805

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Використання стабілізатора напруги є надзвичайно важливим у системі автоматизованого освітлення міжповерхових сходів котеджу. Воно гарантує стабільне живлення для всіх компонентів системи, у тому числі світлодіодів, мікроконтролерів та датчиків. Стабільна напруга впливає на надійність та тривалість роботи системи, а також допомагає запобігти можливим пошкодженням електронних компонентів.

Стабілізатор напруги LM7805 має деякі переваги, які зробили його оптимальним вибором для нашої системи. Він має високу точність стабілізації та добре захищений від перенапруги. Крім того, він має широкий діапазон вхідних напруг і може працювати з високою ефективністю. Ці переваги забезпечують надійну та стабільну роботу нашої автоматизованої системи освітлення. Для досягнення стабільної роботи стабілізатора, рекомендується встановити на його вході та виході конденсатори. На вході рекомендується використовувати керамічний конденсатор ємністю 0,1 мкФ, а на виході - електrolітичний конденсатор ємністю від 100,0 мкФ до 1000 мкФ. При цьому, обрані конденсатори повинні мати напругу, яка не менше напруги відповідного ланцюга.

Ціна стабілізатора LM7805 є відносно доступною, близько 10 Гривень, що робить його економічно вигідним варіантом для нашого проєкту. Основні характеристики цього стабілізатора включають вхідний діапазон напруг від 7 до 35 вольт, вихідну напругу 5 вольт, максимальну вихідну струмову силу 1 ампер, температурний діапазон роботи від 0°C до 125°C.

Вибір стабілізатора напруги LM7805 для нашої автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу є обґрунтованим з огляду на його переваги, надійність, доступну ціну та відповідність потрібним характеристикам.

2.2.3. Вибір та огляд основних характеристик кварцового тактового резонатора автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

У розробці автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів котеджу, одним із важливих компонентів є тактовий кварцовий резонатор. В даному проєкті

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

було обрано резонатор ECS-160-20-4X; X1103-ND, який відповідає вимогам системи та забезпечує необхідну точність та стабільність.

Кварцовий резонатор є п'єзоелектричним пристроєм, який складається з кристалічного елемента з кварцу. Вирізана пластинка, кільце або брусок з кварцу має свою власну резонансну частоту механічних коливань. Шляхом подачі напруги на електроди резонатора виникає п'єзоелектричний ефект, що призводить до згину, стискання або зсуву пластинки в залежності від її конструкції. Пластинка, яка починає коливатися, створює змінну електричного поля на зовнішньому колі резонатора, аналогічну роботі котушки індуктивності в коливальному контурі. Коли частота поданої напруги наближається до резонансної частоти пластинки, затрати енергії на підтримку коливань стають значно нижчими, ніж при значній різниці частот. Цей феномен відповідає поведінці коливального контуру. [13]

Використання кварцевого резонатора має велику важливість в автоматизованій системі освітлення міжповерхових сходів котеджу. Він використовується для генерації стабільної тактової частоти, яка визначає робочу частоту всієї системи. Це дозволяє забезпечити синхронізацію роботи різних компонентів, точність виконання комутацій та управління освітленням. На рис. 2.10 зображено еквівалентну схему кварцевого резонатора.

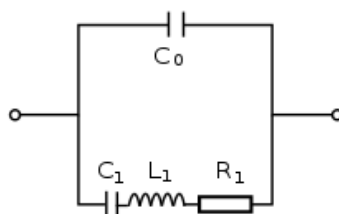


Рис. 2.10 – Зображення еквівалентної схеми кварцевого резонатора

Кварцовий кристал можна уявити як електричну систему з двома резонансними точками - низькоомною і високоомною, які знаходяться близько одна до одної. З математичної точки зору, використовуючи перетворення Лапласа, повний опір цієї системи може бути записаний наступним чином:

$$Z(s) = \frac{s^2 + s \frac{R_1}{L_1} + \omega_s^2}{(S \cdot C_0) \cdot \left(S^2 + s \frac{R_1}{L_1} + \omega_p^2 \right)}$$

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}}$$

$$\omega_p = \sqrt{\frac{C_1 + C_0}{L_1 \cdot C_1 \cdot C_0}}$$

де $s = j\omega$ – комплексна частота, ω_s - послідовна резонансна кутова частота, а ω_p - паралельна резонансна кутова частота.

Обраний резонатор ECS-160-20-4X; X1103-ND, який зображено на рис. 2.11, має кілька переваг порівняно з іншими аналогічними пристроями. Він відрізняється високою точністю та стабільністю роботи, що є важливим для забезпечення правильного функціонування системи освітлення. Крім того, він має широкий діапазон робочих температур, що дозволяє використовувати систему в різних умовах. Також він має довгий термін служби та низький рівень споживання енергії.



Рис. 2.11 – Зображення кварцового резонатор ECS-160-20-4X; X1103-ND

Ціна резонатора ECS-160-20-4X; X1103-ND складає приблизно 25 гривень та є конкурентною та відповідає його характеристикам і якості. Основні характеристики обраного резонатора представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні характеристики кварцового тактового резонатору ECS-160-20-4X; X1103-ND

Частота робочих коливань	16 МГц
Робоча температура	Від -10°C до 70°C
Стабільність частоти	±50 ppm
Ємність навантаження	20pF
Еквівалентний послідовний опір	40 Ом

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Вибір ECS-160-20-4X X1103-ND кварцевого резонатора для автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу є обґрунтованим, забезпечуючи необхідну точність, стабільність та надійність роботи системи.

2.2.4. Вибір та огляд основних характеристик МДН-транзисторів автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

МДН-транзистори (MOSFET-транзистори) є електронними пристроями, що використовуються для керування струмом у електронних пристроях, включаючи автоматизовані системи освітлення. Вони є ключовими компонентами в електронних схемах, які забезпечують комутацію великих струмів живлення.

МДН-транзистори мають такі основні елементи: затвор (gate), стік (drain) і витік (source), поперечний переріз n-канального МДН-транзистора зображено на рис. 2.12. Застосування напруги на затвор дозволяє керувати струмом, який протікає між дренажем і джерелом. Це дає змогу управляти потужністю, яку споживають підключені до транзистора пристрої, такі як світлодіоди. [14]

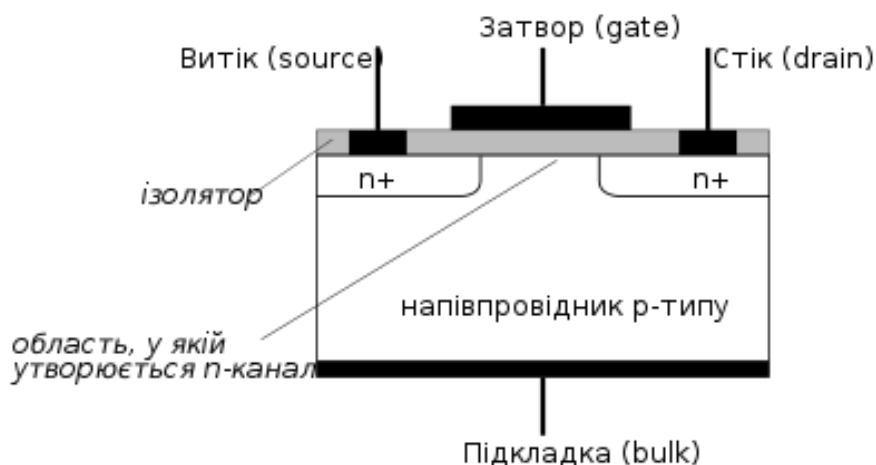


Рис. 2.12 - Поперечний переріз n-канального МДН-транзистора

У випадку автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів, МДН-транзистори відповідають за комутацію струму, який живить світлодіоди. Вони забезпечують точне керування освітленням шляхом зміни стану транзисторів, що впливає на струм, що протікає через світлодіоди. Це дозволяє регулювати яскравість освітлення і забезпечити оптимальну роботу системи.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливість використання МДН-транзисторів у автоматизованій системі освітлення міжповерхових сходів полягає у декількох аспектах.

По-перше, МДН-транзистори забезпечують точне та ефективне керування струмом, що протікає через світлодіоди, що використовуються в системі освітлення. Це дає змогу забезпечити сталу яскравість світлодіодів та ефективно використовувати електроенергію, що є важливим аспектом енергоефективної роботи системи та зменшення споживання електроенергії.

По-друге, МДН-транзистори, зокрема обрані IRLR7843 MOSFET n-канальні транзистори, один з яких зображено на рис. 2.13, мають переваги над іншими аналогами. Вони відрізняються низьким внутрішнім опором каналу, що призводить до зниження втрат енергії та підвищення ефективності конвертації електроенергії. Крім того, ці транзистори мають високу швидкість комутації, що дозволяє швидко вмикати та вимикати світлодіоди, що важливо для реалізації динамічних ефектів та режимів освітлення.



Рис. 2.13 – Зображення МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET

Основні переваги обраних МДН-транзисторів IRLR7843 MOSFET n-канальні також включають високу надійність та довгий термін служби. Це забезпечує стабільну та безперебійну роботу системи освітлення, що є критичним для забезпечення безпеки та комфорту користувачів.

Основні характеристики МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET представлено в таблиці 2.3. [15]

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 2.3 - Основні характеристики МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET

Вага	4 г.
Корпус	TO252 DPAK
Тип каналу	Enhancement
Структура	n-канальний
Схема з'єднання	Одиночна
Напруга пробою стік-витік	30 В
Напруга затвор-витік	± 20 В
Постійний струм стоку при роботі в 25°C	161 А
Постійний струм стоку при роботі в 75°C	113 А
Опір стік-витік відкритого транзистора	0,0033 Ом
Порогова напруга затвор-витік	Від 1,4 В до 2,3 В
Потужність розсіювання при роботі в 25°C	140 Вт
Затримка включення	25 нс
Час наростання при включенні	42 нс
Затримка вимкнення	34 нс
Час спаду при вимкненні	19 нс

Далі, зробивши розрахунки від характеристик обраного транзистора, на рис. 2.14 – 2.17 буде представлено різні залежності напруг, температур, робочих струмів, вихідних характеристик, ємності та інших характеристик МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET.

Але перед тим як розглянути графіки залежностей, в тому числі і ВАХ характеристики, потрібно визначитись із стоковими характеристиками струму МДН-транзисторів. [16]

В загальному випадку, струм дрейфу стоку I_D може бути виражений таким

способом:

$$I_D = Z \int_0^{x_d} j(x, y) dx,$$

де j є густиною струму, а x_d є товщиною інверсійного каналу. Враховуючи, що густина струму може бути виражена як чисто дрейфовий струм, то маємо:

$$j(x, y) = -q\mu_n \frac{dV(y)}{dy},$$

а інверсний заряд апроксимується двовимірним (поверхневим) інверсним зарядом з ефективною рухливістю:

$$\int_0^{x_d} q\mu_n n dx = \mu_n^* Q_n(y),$$

то маємо:

$$I_D = -\mu_n^* Z Q_n(y) \frac{dV(y)}{dy},$$

де n та μ_n - концентрація електронів та їхня рухливість, відповідно; $Q_n(y)$ - заряд інверсного шару, виражений на одиницю площі; $V(y)$ - потенціал поверхні каналу відносно електрода джерела; Z - ширина каналу. У рамках даного підходу реальна товщина інверсного каналу не враховується, а залежність рухливості від глибини ігнорується шляхом введення її ефективного значення.

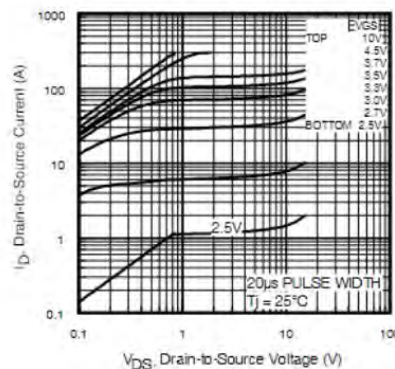


Рис. 2.14 - Вольт-амперна характеристика. Графік вихідних характеристик залежності струму стік-витік від напруги стік-витік при роботі в 25°C МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET

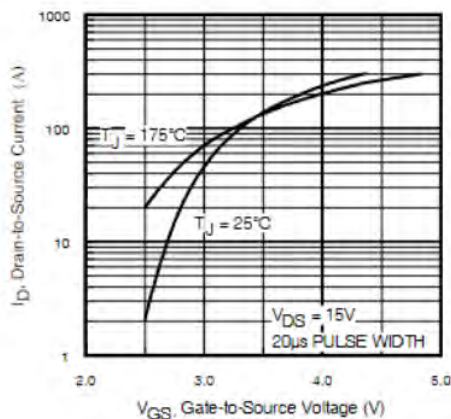


Рис. 2.15 - Вольт-амперна характеристика. Графік залежності струму стік-витік від напруги затвор-витік при напруги стік-витік $V_{DS} = 15 \text{ В}$ та при різних температурах роботи МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET

Перед тим як розглянути графік на рис. 2.16, потрібно зрозуміти що таке температура переходу транзистора яку можна представити як:

$$T_j = T_A + (R_{\theta JA} P_D),$$

де T_A - температура навколишнього середовища (°C); $R_{\theta JA}$ – тепловий опір переходу (°C / W), P_D – втрати потужності (W).

Тепловий опір може бути розрахований за такою формулою:

$$R_{\theta} = \frac{\Delta T}{V_f I_f}.$$

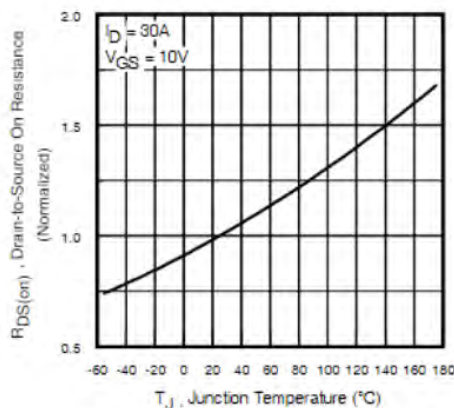


Рис. 2.16 - Графік залежності опору стік-витік від температури переходу при струмі стік-витік $I_D = 30 \text{ А}$, та при напрузі затвор-витік $V_{GS} = 10 \text{ В}$ МДН-транзистора IRLR7843 MOSFET.

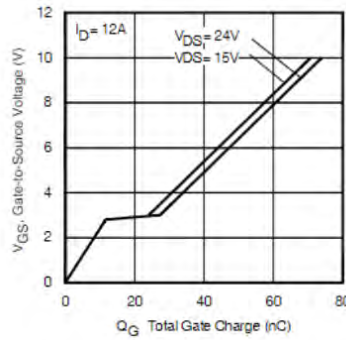


Рис. 2.17 - Графік залежності напруги затвор-витік від ємності затвору, струмі стік-витік $I_D = 12$ А, та при різних напругах стік-витік $V_{DS} = 24$ В та $V_{DS1} = 15$ В транзистора IRLR7843 MOSFET.

Отже, вибір МДН-транзисторів є ваговою складовою успішної реалізації автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Обрані МДН-транзистори IRLR7843 MOSFET n-канальні забезпечують оптимальне керування струмом, мають переваги у порівнянні з аналогами, та відповідають вимогам ефективності, надійності та економічності системи, ціна кожного такого транзистора складає приблизно 15 Гривень.

2.2.5. Вибір та огляд основних характеристик датчика рівня освітлення автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

Одним з важливих елементів автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів котеджу є датчики освітлення, які вимірюють рівень освітленості навколишнього середовища і передають сигнали до керуючої системи для автоматичного регулювання освітлення. Вони відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного використання електроенергії та безпеки користувачів. Однією з ключових переваг використання датчиків освітлення є забезпечення енергоефективності системи. Датчики дозволяють автоматично регулювати освітлення в залежності від рівня освітленості. Коли рівень освітленості стає недостатнім, система автоматично вмикає світло, що сприяє зручності та безпеці під час сходження або спуску по сходах. При наявності достатнього природного освітлення система може вимкнути світло, що знижує споживання електроенергії та витрати.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного плану автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу було обрано датчик Light Intensity Sensor Detection Module на базі фоторезистору GL5528, який зображено на рис. 2.18. Обраний датчик освітлення, має кілька ключових характеристик, які роблять його ідеальним вибором для даної системи. По-перше, цей датчик відрізняється високою точністю вимірювання освітленості, що забезпечує надійність його роботи. Він також має широкий діапазон вимірювання, що дозволяє адаптувати систему до різних умов освітлення.

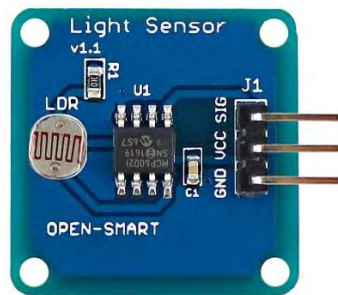


Рис. 2.18 – датчик рівня освітлення Light Intensity Sensor Detection Module на базі фоторезистору GL5528.

Датчик освітлення Light Intensity Sensor Detection Module GL5528 складається з фотодіода GL5528, який сприймає світло, внутрішнього оптоперетворювача, який генерує відповідний електричний сигнал та резистора на 10кОм. Датчик також має низьке споживання енергії, що забезпечує економічну ефективність системи.

Основні характеристики цього датчика зазначені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Основні характеристики датчика рівня освітлення Light Intensity Sensor Detection Module GL5528

Максимальна напруга	150 В
Діапазон робочих температур	Від -30°C до 70°C
Максимальний сприймаючий рівень освітлення	540 лк

Ціна такого модулю складає приблизно 35 Гривень. Отже, обраний датчик освітлення, Light Intensity Sensor Detection Module GL5528, відповідає вимогам енергоефективності, точності та надійності. Він складається з фотодіода та оптоперетворювача, а його доступна ціна робить його вигідним варіантом для даної системи. Застосування обраного датчика допоможе забезпечити ефективне

використання електроенергії та забезпечить комфорт та безпеку під час користування міжповерховими сходами.

2.2.6. Вибір та огляд основних характеристик датчиків руху автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

Автоматизована система освітлення міжповерхових сходів котеджу вимагає ретельного вибору компонентів, що забезпечують її ефективну та надійну роботу. Один з ключових компонентів, на якому ґрунтується функціонування системи, - датчики руху.

Датчики руху - це пристрої, які призначені для виявлення руху об'єктів в заданій зоні і передачі відповідного сигналу для подальшого виконання необхідних дій. Вони складаються з датчиків і схеми обробки сигналу, яка аналізує отримані дані і визначає наявність руху.

Використання датчиків руху в автоматизованій системі освітлення міжповерхових сходів котеджу має велику важливість. Вони дозволяють ефективно керувати освітленням, вмикаючи його тільки в тих випадках, коли є рух на сходах, і вимикаючи його, коли руху немає. Це забезпечує енергозбереження та покращує зручність користування системою.

Обраною моделлю датчиків руху для даного проєкту є E3F3-R11 від відомого виробника Omron, які зображено на рис. 2.19. Також, кресленик цього датчику зображено на рис. 2.20. Ці датчики відповідають вимогам проєкту та мають ряд переваг, які роблять їх привабливими варіантом для нашої системи освітлення. Вони характеризуються високою чутливістю, широким діапазоном виявлення руху і надійністю роботи. Крім того, вони прості у встановленні і мають компактний дизайн, що дозволяє їх легко і недорого впровадити в систему освітлення.



Рис. 2.19 – Зображення датчиків руху E3F3-R11

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

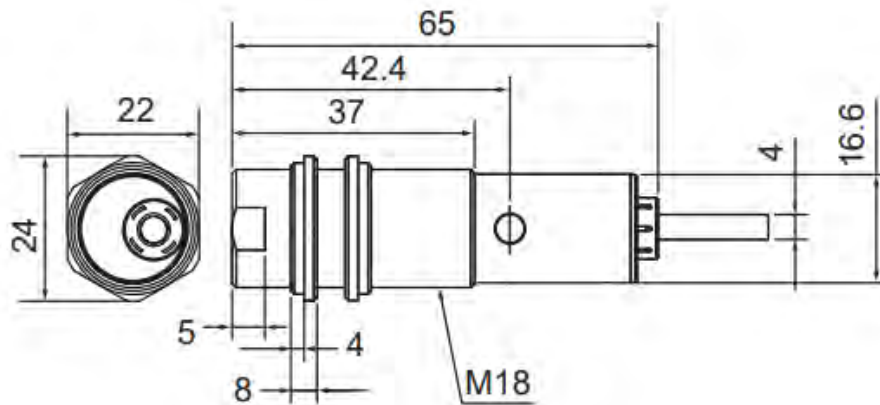


Рис. 2.20 – Кресленик датчика руху E3F3-R11

Ціна датчиків E3F3-R11 є конкурентною на ринку, що робить їх доступними для нашого проєкту. Основні характеристики цих датчиків, які представлені в таблиці 2.5, включають дальність виявлення руху, чутливість до руху, напругу живлення та вихідні параметри сигналу. Ці характеристики відповідають вимогам системи освітлення міжповерхових сходів та забезпечують її ефективну роботу.[17]

Таблиця 2.5- Основні характеристики датчика руху E3F3-R11

Вид лінзи	Поліметилметакрилат (PMMA)
Відстань спрацювання	3 м (без поляризації під час використання рефлектора E39-R1)
Джерело світла (довжина хвилі)	Червоний світлодіод (680 нм)
Напруга джерела живлення	Від 12 В до 24 В
Споживання струму	Макимум 25 мА
Керуючий вихід	Транзисторний вихід із відкритим колектором
Час спрацьовування	Макимум 1,0 мс
Температура навколишнього середовища Експлуатація	від -25 до 55 °С
Вологість навколишнього середовища Експлуатація	від 45% до 85 %

Далі, на рис. 2.21 – 2.22 будуть представленні графіки які описують різні залежності від основних характеристик датчика руху E3F3-R11.

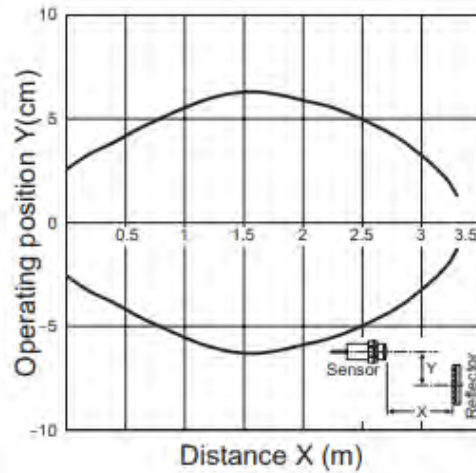


Рис. 2.21 - Графік залежності робочого положення від дистанції

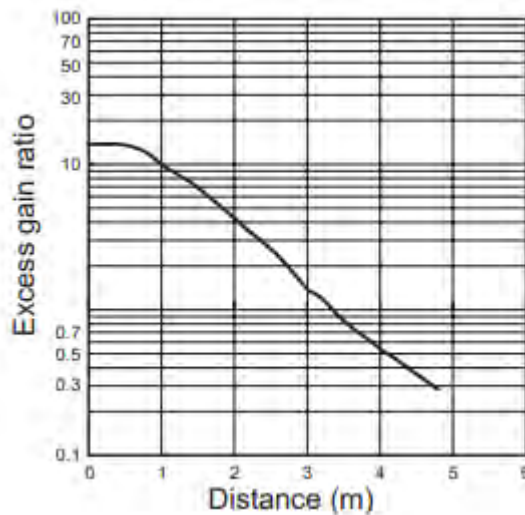


Рис. 2.22 - Графік залежності надлишкового підсилення від дистанції спрацювання

Обрані датчики руху E3F3-R11 від компанії Omron є оптимальним варіантом для автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Вони поєднують у собі високу чутливість, надійність та доступну ціну, приблизно 800 Гривень, що робить їх відмінним вибором для нашого проєкту.

2.2.7. Вибір та огляд основних характеристик світільних елементів автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів

В попередніх пунктах ми розглянули та обрали керуючі елементи, тепер перейдемо до менш важливих, але не менш функціональних, до світільних елементів. На рис. 2.23 зображено ілюстраційну будову світлодіодних стрічок

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

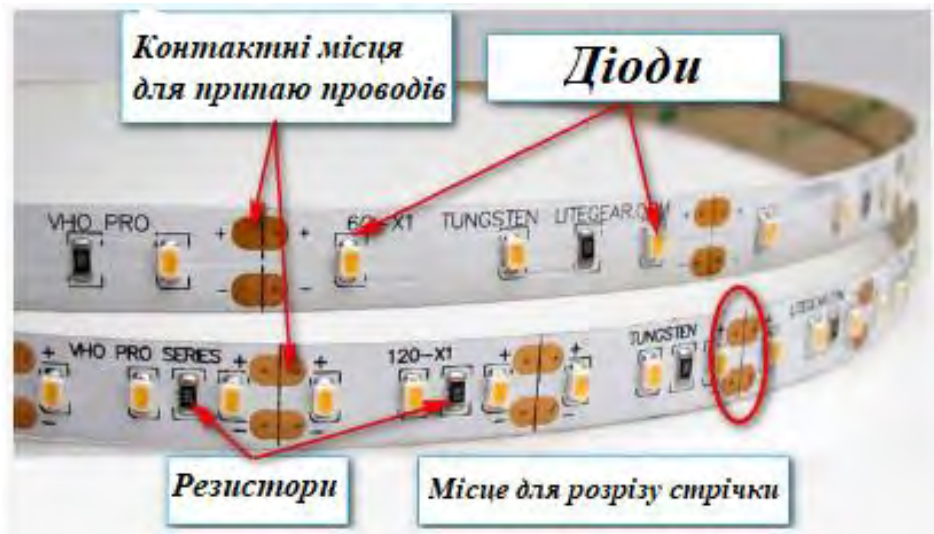


Рис. 2.23 – Ілюстрація будови світлодіодної стрічки

Рекомендується вибрати світлодіодні стрічки з загальною напругою 12 В, оскільки вони підходять для використання з нашими МДН-транзисторами і забезпечують ефективну роботу системи освітлення. У разі використання світлодіодних стрічок з нижчою напругою, таких як 4 В або 9 В, необхідно встановити відповідні резистори для обмеження струму, щоб забезпечити правильну роботу світлодіодів і запобігти можливим пошкодженням.

2.3. Розробка схем автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Вже визначившись з видом автоматизованої системи освітлення та обравши необхідні комплектуючі для нашої системи, далі, для досягнення успішної реалізації системи та забезпечення її ефективної роботи, необхідно розробити відповідні схеми, що включають структурну, функціональну та електрично-принципову схеми.

Структурна схема визначає загальну структуру системи, включаючи основні компоненти та їх взаємозв'язки. Вона грає важливу роль у структуруванні всіх компонентів системи та визначенні їх місця та ролі у системі автоматизованого освітлення міжповерхових сходів котеджу.

Функціональна схема деталізує роботу системи та вказує послідовність функцій, які виконуються в процесі роботи системи освітлення. Вона дозволяє краще

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

зрозуміти взаємодію компонентів та функції, які вони виконують. Функціональна схема є ключовим етапом у визначенні логіки роботи системи та встановленні необхідних функцій для автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.

Електрично-принципова схема надає детальну інформацію про електричні з'єднання та принципи роботи кожного компонента системи. Вона відображає схематичне зображення кожного елемента та його електричні зв'язки з іншими компонентами. Електрично-принципова схема дозволяє нам зрозуміти, яким чином електричний сигнал проходить через систему та які з'єднання необхідні для правильної роботи системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.

Розробка цих схем є необхідним етапом у процесі створення автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Вони допомагають нам структурувати всі компоненти системи, розуміти їх функції та забезпечувати правильне з'єднання між ними. Крім того, ці схеми є важливим джерелом інформації для подальшої розробки та налагодження системи.

2.3.1. Розробка структурної схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Структурна схема - це схема, що визначає основні функціональні частини виробу, їх взаємозв'язки та призначення. Вона призначена для відображення загальної структури пристрою, включаючи його основні блоки, вузли, частини та головні зв'язки між ними. Структурна схема надає зрозуміле уявлення про функціонування пристрою у його основних режимах роботи та взаємодію його частин. Важливо дотримуватись загальноприйнятих правил позначення елементів структурної схеми. [18]

На структурних електричних схемах, згідно з ГОСТ 2.702-75, основні частини виробу (елементи, пристрої, функціональні групи) зображаються у вигляді прямокутників або умовних графічних позначень, і вони показують взаємозв'язок між ними. Графічне побудова схеми має надавати наочне уявлення про послідовність

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взаємодії функціональних частин виробу, що відображається за допомогою стрілок на лініях зв'язку.

Якщо у схемі присутні прямокутники, то всередині них записують найменування функціональної частини, тип елемента та його позначення. У разі великої кількості функціональних частин можна застосовувати порядкові номери, що розміщуються поруч з зображенням або над ним, зазвичай у напрямку зліва направо, зверху вниз. Для цього використовується таблиця, яка містить найменування, типи та позначення, розташована на полі схеми.

Структурна схема, порівняно з принциповою та функціональною схемами, є менш деталізованою. Вона розробляється на початкових етапах проектування виробів або устаткування, перед розробкою інших типів схем, і використовується для загального ознайомлення з виробом або устаткуванням.

Розробка структурної схеми є важливим кроком у розробці автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Структурна схема дозволяє організувати та візуалізувати компоненти системи, їх взаємозв'язки та ієрархію. Вона допомагає зрозуміти логіку роботи системи, встановити зв'язки між компонентами та правильно розподілити функції. Це інструмент, що сприяє структуруванню проєкту, полегшує аналіз та моделювання системи. Розробка структурної схеми допомагає забезпечити ефективну та оптимальну роботу автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.

На рис. 2.24 представлено структурну схему нашої автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Також вона представлена в додатку А.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

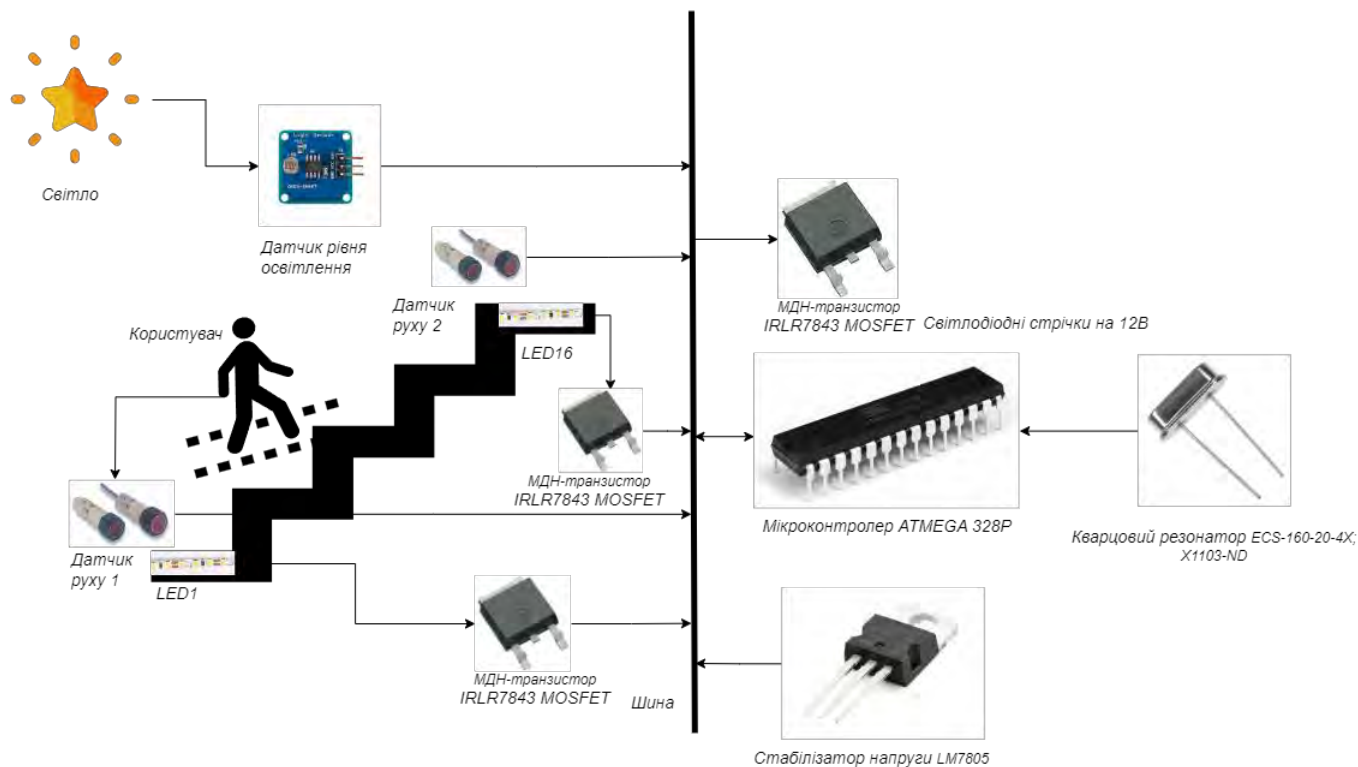


Рис. 2.24 - Структурна схема автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

На цій схемі представлено керування автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів. Система складається з 16 світлодіодних стрічок 12В, які підключені через 16 МДН-транзисторів до мікроконтролеру Atmega 328P. Двох датчиків руху, на які впливає рух користувача і вони подають сигнал на мікроконтролер. Датчику рівня освітлення, на який впливає освітлення навколишнього середовища і він також подає сигнал на мікроконтролер. Кварцового резонатору для коректної роботи мікроконтролеру. Та з стабілізатора напруги, який буде подавати на різні елементи від 12В до 5В.

Спочатку, датчик рівня освітлення порівнює граничне значення, яке буде задано, з рівнем освітлення на сходах. Якщо рівень освітлення нижчий за граничне значення, то датчик передає сигнал на мікроконтролер, що потрібно працювати. А якщо ж рівень освітлення достатній, система не увімкнеться.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

2.3.2. Розробка функціональної схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Функціональна схема є графічним представленням системи або пристрою, що відображає його функціональну структуру, взаємозв'язки між компонентами та послідовність виконання функцій. Основна мета функціональної схеми полягає в уявленні принципу дії системи та забезпеченні логічного та послідовного розподілу функцій між компонентами. [19]

Основні елементи функціональної схеми включають блоки (функціональні блоки), зв'язки між ними та вхідні-вихідні параметри. Блоки представляють окремі функції або операції, які виконуються в системі. Зв'язки вказують на взаємозв'язки та потоки даних між блоками. Вхідні-вихідні параметри вказують на дані, які вводяться або виводяться з системи.

Функціональна схема допомагає розробникам краще розуміти структуру системи та взаємодію її компонентів. Вона дозволяє виявити потрібні функції та їх взаємозв'язки, встановити послідовність виконання операцій та зрозуміти загальний принцип дії системи.

При розробці автоматизованих систем функціональна схема допомагає визначити логіку роботи системи, виявити можливі проблеми та забезпечити їх ефективне вирішення. Вона є важливим інструментом для структурування функцій та компонентів системи, планування проекту та забезпечення високої якості розробки.

Окрім того, функціональна схема дозволяє здійснити аналіз системи на етапі проектування, виявити можливі недоліки та зробити необхідні виправлення. Вона також допомагає забезпечити зручне управління системою та досягнення бажаного рівня функціональності.

У загальному розумінні функціональна схема є важливим інструментом для розробки та розуміння принципу дії системи, забезпечення її ефективності, надійності та функціональності.

Розробка функціональної схеми є важливим етапом у розробці автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Функціональна схема визначає

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основні функції, зв'язки та взаємодію компонентів системи. Вона надає загальне уявлення про роботу системи та дозволяє виявити потрібні функціональні блоки.

Правильно розроблена функціональна схема сприяє ефективності та надійності системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Вона дозволяє оптимально розподілити функції між компонентами, забезпечує точність роботи системи та її зручне управління. Функціональна схема є ключовим елементом у розробці автоматизованих систем освітлення, який допомагає досягти бажаного рівня функціональності та забезпечити комфорт та безпеку у приміщенні. На рис. 2.25 представлено функціональну схему нашої автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Також вона представлена в додатку В.

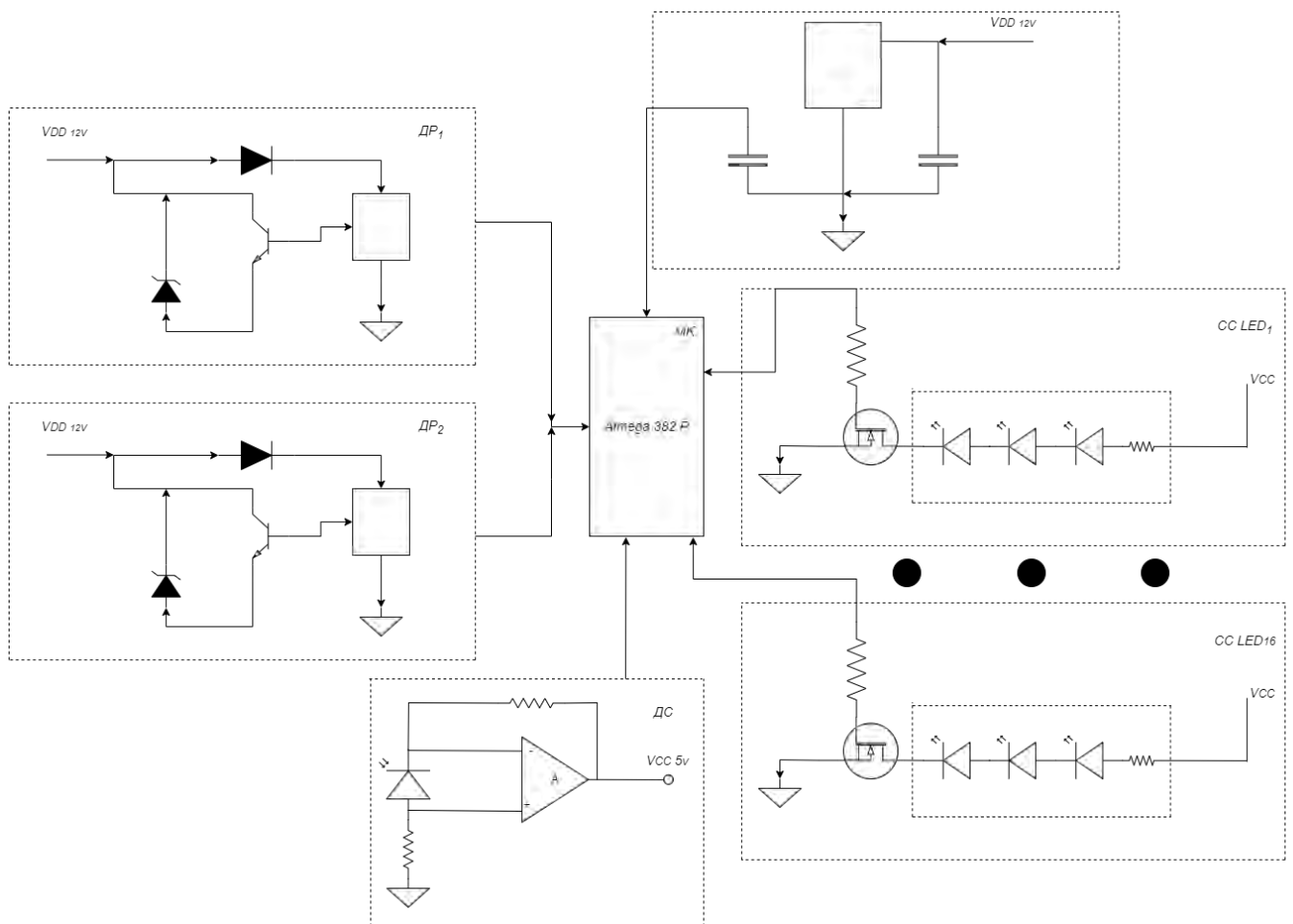


Рис. 2.25 – Функціональна схема автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

На даній функціональній схемі видно логіку роботи автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Структуру датчиків руху, ДР, та датчику рівня освітлення, ДС, їх підключення до мікроконтролера, МК, Atmega 382 P. Зверху

				ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					75	

зображений стабілізатор напруги. Світлодіодні стрічки, CC LED₁ – LED₁₆, підключені до МДН-транзистора та через резистор до мікроконтролера.

2.3.3. Розробка електрично-принципової схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Електрично-принципова схема, або принципова схема - це графічне зображення електричних з'єднань та компонентів в електричній системі, яке відображає принцип роботи системи без детального зображення фізичної реалізації.[20]

Розробка електрично-принципової схеми включає такі етапи:

- Визначення компонентів: Спочатку вибираються та ідентифікуються всі необхідні компоненти для системи. Це можуть бути резистори, конденсатори, індуктивності, транзистори, інтегральні схеми тощо.
- Позначення символів: Кожен компонент зображується за допомогою спеціального символу, який представляє його функцію та електричні характеристики. У стандартизованих схематичних символах використовуються певні конвенції та образцові зображення.
- Встановлення з'єднань: Компоненти з'єднуються за допомогою ліній, які показують електричні зв'язки між ними. Лінії зв'язку можуть позначати провідники, дроти або шини, в залежності від типу з'єднання.
- Позначення параметрів: На схемі можуть бути позначені значення опорів, напруг, струмів, частот та інших параметрів, що характеризують компоненти або зв'язки.
- Документація та комунікація: Електрично-принципові схеми є важливими документами для зберігання та передачі інформації про електричну систему. Вони використовуються для комунікації між розробниками, інженерами та технічними спеціалістами для забезпечення однорідного розуміння та співпраці під час розробки та впровадження систем.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрично-принципові схеми дозволяють розробникам аналізувати та моделювати роботу системи, виявляти можливі проблеми та здійснювати вдосконалення до фізичної реалізації. Вони допомагають забезпечити правильне підключення компонентів, перевіряти сумісність та взаємодію між ними, а також прогнозувати роботу системи за різних умов.

У розробці електрично-принципових схем можуть використовуватися різні типи схематичних представлень, включаючи блочні схеми, схеми зв'язку, схеми потоку сигналів тощо. Кожен тип схеми має свою специфіку та використовується для відображення конкретних аспектів системи.

Розробка електрично-принципової схеми є невід'ємною частиною розробки автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Електрично-принципова схема визначає з'єднання та взаємодію електричних компонентів системи. Ця схема включає в себе розташування та підключення датчиків, реле, вимикачів, джерел живлення та інших елементів.

Враховуючи важливість електрично-принципових схем, їхнє детальне розроблення та акуратне виконання є ключовими етапами у процесі розробки автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу.

Розглянемо та проаналізуємо нашу електрично-принципову схему до автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу частинами. Так як на повній електрично-принциповій схемі не буде з'єднань лініями, а лише символічне з'єднання на піни (входи) та клеми.

Почнемо з огляду електричної схеми мікроконтролеру, бо це один із найважливіших елементів в автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Схема мікроконтролеру Atmega 328 P представлена на рис. 2.26.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

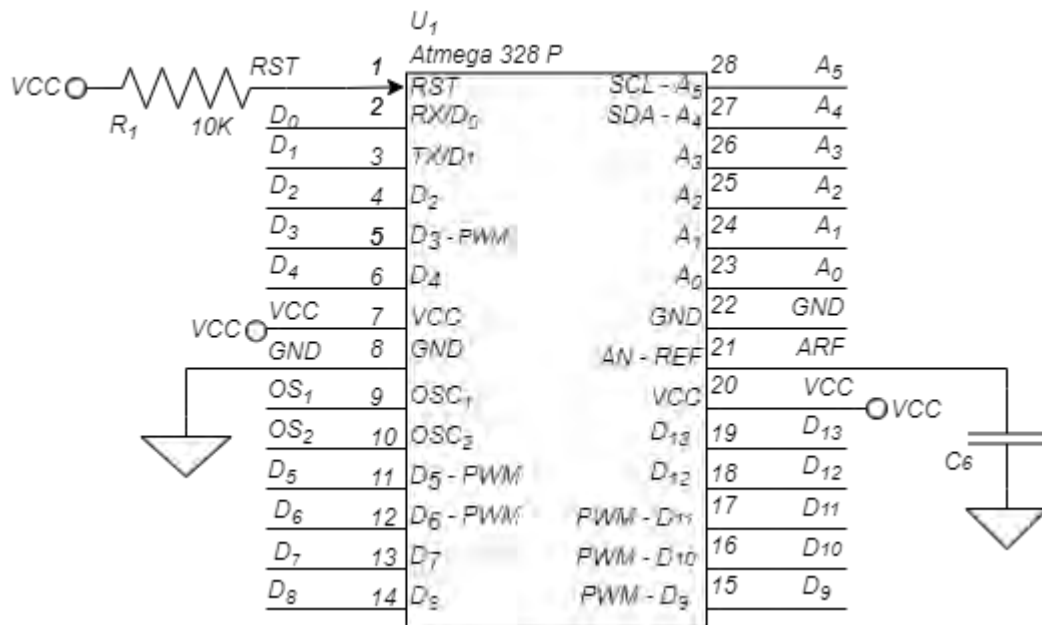


Рис. 2.26 - Електрично-принципова схема мікроконтролера Atmega 328 P

На цій схемі описаний мікроконтролер Atmega 328 P з усіма його пінами та підключенням до резистора R_1 та через 21 пін до заземлення через конденсатор C_6 . Також заземлений інший пін, 8, який призначений для заземлення.

На рис. 2.27 зображено підключення одного з 16 світельних елементів до системи.

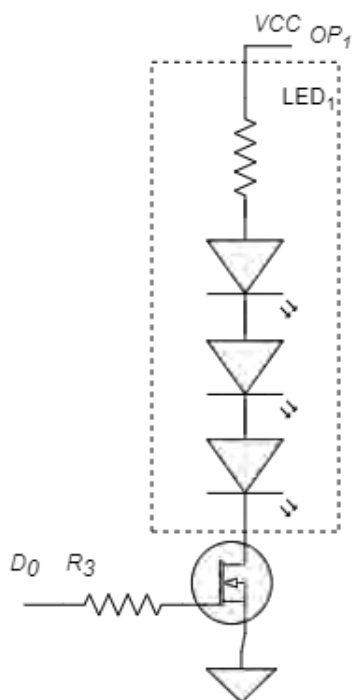


Рис. 2.27 - Електрично-принципова схема підключення світлодіодної стрічки через МДН-транзистор

Блоком LED₁ виділено світлодіодну стрічку на 12 В, яка підключена до напруги через клему OP₁, далі через МДН-транзистор, який заземлено, та через резистор R₃ до входу D₀, який йде до мікроконтролеру. Схематично зображено лише одну частину таких блоків, які будуть паралельно з'єднані в стрічці. Блок LED зображає лише частину від світлодіодної стрічки, яка буде складатись з декількох таких паралельно підключених модулів. Про напругу при збільшенні довжини стрічки хвилюватись не потрібно, так як при паралельному підключенні, напруга на кінцях елементів однакова:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n.$$

На рис. 2.28 зображено підключення одного з датчиків руху.

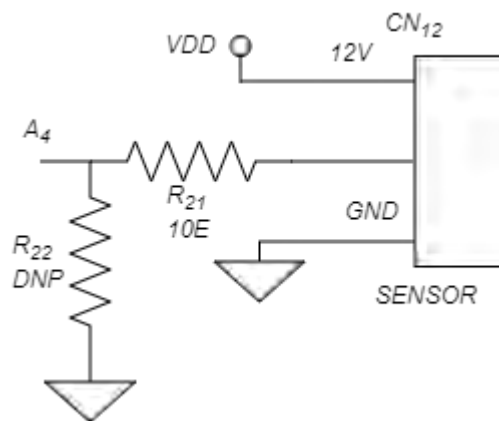


Рис. 2.28 - Електрично-принципова схема підключення одного з датчиків руху

Датчик підключено до напруги V_{DD} 12В через клему CN₁₂. Датчик заземлено через вихід земля, та підключено до мікроконтролеру через резистор R₂₁ та вхід A₄, також через цей вхід заземлено через резистор R₂₂.

На рис. 2.29 зображено електрично-принципову схему підключення стабілізатора напруги.

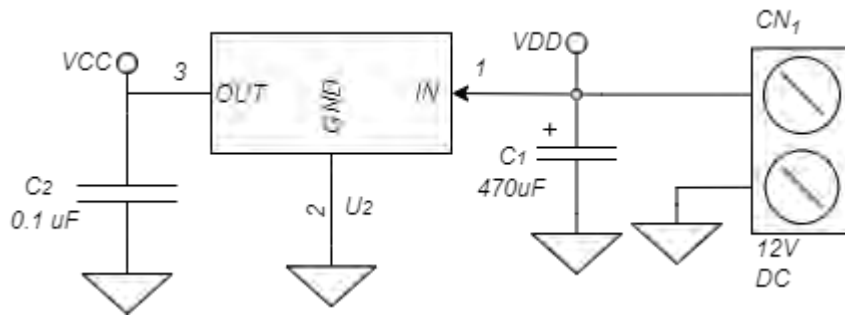


Рис. 2.29 - Електрично-принципова схема підключення стабілізатора напруги з 12В в 5В

Так як наш мікроконтролер ATMEGA 328 P на входах має напругу в 5В, то потрібен стабілізатор напруг. Він через клему CN₁ підключений до напруги в 12В, потім він стабілізує та перетворює напругу з 12В вхідних в 5В вихідних.

На рис. 2.30 зображено електрично-принципову схему підключення тактового кварцового резонатора ECS-160-20-4X; X1103-ND.

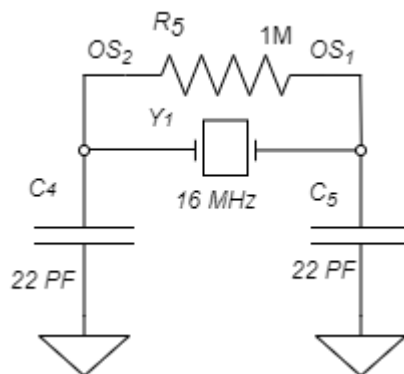


Рис. 2. 30 - Електрично-принципова схема підключення тактового кварцового резонатора для роботи мікроконтролера

Це резонатор на 16 МГц, який підключено до двох конденсаторів та заземлений з обох боків.

На рис. 2.31 зображено електрично-принципову схему підключення датчика рівня освітлення Light Intensity Sensor Detection Module на базі фоторезистору GL5528.

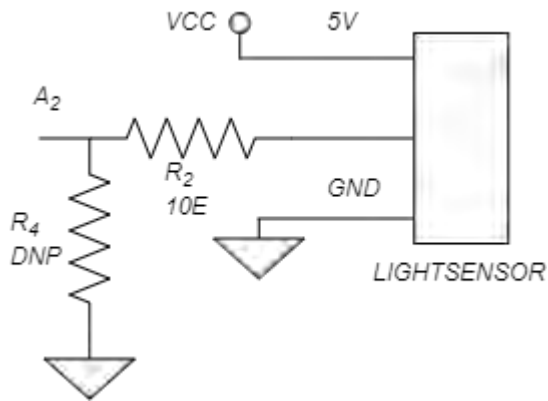


Рис. 2.31 - Електрично-принципова схема підключення датчика рівня освітлення Light Intensity Sensor Detection Module на базі фоторезистору GL5528

Датчик світла підключено до напруги в 5В, через резистор R_5 до заземлення та через аналоговий вхід A_2 до мікроконтролеру.

В цьому пункті було описано основні компоненти в електрично-принциповій схемі. В додатку С буде представлено повністю електрично-принципову схему системи автоматичного освітлення міжповерхових сходів котеджу.

Висновки до другого розділу

У результаті розробки автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу були отримані важливі висновки, які підкреслюють значущість та ефективність даного проекту.

Перш за все, було описано логіку роботи та обґрунтовано вибір автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу на підставі огляду виду та будови сходів. Виявлено, що встановлення автоматизованої системи дозволить забезпечити оптимальне освітлення на кожному рівні сходів, забезпечуючи безпеку та комфорт для користувачів. Опрацьований економічний вибір датчиків руху та датчика рівня освітлення, дослідження їх переваг. Та обрано параметри освітлення у вигляді поступового згасання та увімкнення світлодіодних стрічок, за для естетичного задоволення та безпеки.

Огляд комплектуючих автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу показав, що вдалося вибрати оптимальні компоненти. Мікроконтролер, датчики руху, датчик рівня освітлення, стабілізатор напруги, МДН-

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транзистори, резонатор та інші елементи були обрані з урахуванням їхньої надійності, функціональності та відповідності економічним потребам системи.

Розроблені структурна, функціональна та електрична принципові схеми системи дозволяють чітко розуміти її принцип роботи та взаємозв'язки між компонентами. Це сприяє ефективному процесу монтажу, налаштування та обслуговування системи.

					<i>ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ</i>	Арк.
						82
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 3. Програмна розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Автоматизована система освітлення міжповерхових сходів котеджу є складною інженерною системою, яка вимагає належного програмування для своєї ефективної роботи. Без належного програмного забезпечення, система не зможе виконувати свої функції з точністю і надійністю, не забезпечуючи оптимальне освітлення сходових приміщень. Також потрібно описати логіку роботи системи за допомогою блок-схем.

3.1. Розробка програмного коду для автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Один із ключових аспектів розробки автоматизованої системи освітлення є вибір мови програмування, у якій буде реалізовуватись програмне забезпечення. Мова програмування впливає на функціональність, ефективність та зручність розробки програмного забезпечення. У випадку автоматизованих систем керування освітленням, часто використовуються мови програмування з високим рівнем абстракції, такі як C, C++, або Java.

Ці мови програмування надають широкі можливості для розробки різноманітних функцій системи освітлення, таких як програмування розкладу включення/виключення світла, сенсорів руху, а також комунікації з іншими пристроями та системами у котеджі. Вони також підтримують розробку інтерфейсу користувача, що дозволяє зручно налаштовувати параметри освітлення та контролювати систему.

Для програмування автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу було обрано мову C++. Мова програмування C++ є загальнопризною та потужною мовою програмування. Вона підтримує об'єктно-орієнтовану та процедурну парадигми програмування. C++ є компільованою мовою, що дозволяє досягати високої продуктивності та ефективності програм. Вона має широке застосування у розробці програмного забезпечення, ігровій індустрії, вбудованих автоматизованих системах та багатьох інших сферах. C++ має велику кількість

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стандартних бібліотек, які надають різноманітні функціональні можливості. Вона підтримує розширення мови за допомогою власних бібліотек та фреймворків. Також C++ є основою для мови для програмування мікроконтролерів Arduino. Підключається фреймворк Wiring, який надає доступ до збільшеної кількості бібліотек для програмування мікроконтролерів. [21]

Спочатку програми потрібно задати контакти входів на мікроконтролері та деяких змінних таких як: порогове значення рівня освітлення на сходах, затримку увімкнення та вимкнення світлодіодних стрічок на сходах. Далі в функції setup проходить налаштування контактів як вихідних. Далі в функції loop йде зчитування даних з датчика рівня освітленості та перевірка їх з граничним значенням за допомогою оператора if, якщо значення більше за граничне – нічого не відбувається, система вимикається, якщо ж значення менше – йде перевірка на спрацювання датчиків руху. Через логічні оператори if відбувається перевірка на активність системи, та в залежності від активності, викликаються різні функції. Далі йде призначення функцій на увімкнення та вимкнення з різних боків по черзі кожної сходинки та з вже визначеною затримкою. Частина програмного коду з функціями зображена на рис. 3.1.

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.1 - Частина програмного коду

Повний програмний код автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів з коментарями наведено в додатку D.

3.2. Опис логіки автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Блок-схема (або блок-схема алгоритму) - це графічний метод представлення послідовності дій або кроків алгоритму. Вона використовується для візуального відображення логіки роботи програми або процесу. Блок-схеми забезпечують зручну та зрозумілу форму для аналізу, розробки та виконання алгоритмів. [22]

У блок-схемі використовуються різні графічні символи, такі як прямокутники,

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ромби, кола, стрілки тощо, кожен з яких відображає конкретний етап або операцію. Наприклад, прямокутники використовуються для позначення дій або кроків, ромби - для умовних операторів, кола - для початку або завершення алгоритму.

Блок-схеми дозволяють легко визначати послідовність дій, умови, цикли та логічні зв'язки між ними. Вони допомагають програмістам, аналітикам та іншим фахівцям візуалізувати алгоритм та зрозуміти його логіку перед тим, як переходити до фактичної реалізації.

Блок-схеми є потужним інструментом для проектування та аналізу алгоритмів у багатьох сферах, включаючи програмування, процеси виробництва, управління проектами, аналіз бізнес-процесів та багато іншого. Вони дозволяють структурувати і візуалізувати складні процеси, полегшуючи розуміння та комунікацію між учасниками проекту. Логіка програми, яка реалізована через блок-схему, наведено на Рис. 3.2.

Надається за запитом до авторів

Рис. 3.2 – Блок-схема роботи автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу

Логіка програми доволі проста. Спочатку перевіряється чи виконується умова по рівню освітлення, якщо так, то програма переходить до датчиків руху, якщо ні – нічого не відбувається. Якщо спрацював датчик руху знизу, він подає сигнал на мікроконтролер і той по черзі вмикає світлодіодну стрічку з першої сходинки по останню з певною виставленою затримкою. Допоки не спрацює верхній датчик руху, система працюватиме. Як тільки спрацює верхній датчик, він подасть сигнал на мікроконтролер і той по черзі з заданою затримкою вимкне світлодіодні стрічки, починаючи з першої сходинки і до останньої. Система так само працює і в зворотному напрямку, якщо людина спускатиметься з верхнього поверху на перший.

У цьому пункті ми розглянули процес розробки програмного забезпечення для автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу з використанням обраної мови програмування. Було створено код для програмування автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів, представлено його опис та логіку через

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

створення блок-схеми.

Висновки до третього розділу

У цьому розділі було розглянуто програмну розробку системи з використанням мови програмування C++. Було обрано мова програмування, розроблений код системи та наведена його частина, в якій використовуються датчик рівня освітлення та датчики руху. Також була створена блок-схема роботи системи та описана її логіка.

Розроблений код включає в себе використання датчика рівня освітлення та датчиків руху для забезпечення оптимального управління освітленням на сходах. Датчик рівня освітлення вимірює поточний рівень освітленості, а датчики руху сприймають рух людей на сходах. Завдяки цим датчикам система може автоматично реагувати на зміни в середовищі та реалізувати функцію автоматичного вмикання та вимикання освітлення.

Блок-схема роботи системи надає зрозумілий огляд послідовності дій, які відбуваються під час функціонування системи освітлення міжповерхових сходів. Описана логіка роботи системи дозволяє зрозуміти, як система реагує на вимоги користувачів та забезпечує ефективне та зручне освітлення.

Загалом, програмна розробка автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу на основі мови програмування C++ демонструє успішну реалізацію системи з використанням датчика рівня освітлення та датчиків руху. Вона забезпечує оптимальне використання електроенергії, покращує комфорт та безпеку для користувачів і відповідає поставленим цілям проєкту.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальні висновки

У результаті виконання дипломного проекту було розроблено автоматизовану систему освітлення міжповерхових сходів котеджу. Було проведено дослідження на виявлення існуючих проблем в системах освітлення та описано актуальність автоматизованих систем освітлення. Також виконано огляд існуючих видів автоматизованих систем освітлення міжповерхових сходів котеджу та було досліджено існуючі аналоги. Далі було проведено розробку автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів котеджу. Визначення виду сходів, вибір режиму роботи. Було проведено вибір комплектуючих та огляд їх основних характеристик. Розроблено схеми автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів таких як структурна схема, функціональна схема та електрична принципова схема та проведено їх опис роботи. Розроблено програмне забезпечення для контролю та коректної роботи автоматизованої системи освітлення міжповерхових сходів, описано логіку роботи.

В подальшому можливо виконати модернізацію конструкції, а саме розробити систему дистанційного керування за допомогою wi-fi модуля та паралельне підключення до контурного освітлення кімнат.

Отже, розроблена система повністю задовольняє всі потреби такі як конструкторські, економічні та естетичні.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 2023 р. – 162 с.
2. Природне і штучне освітлення. Київ : Держ. ком. України з буд-ва та архітектури, 2004.
3. ДСТУ ІСО 8995:2003. Принципи зорової ергономіки. Освітлення робочих систем усередині приміщень. Чинний від 2004-06-11. Вид. офіц. Київ, 2004.
4. Підвищення цін на електроенергію: у НКРЕКП розповіли, як зросте тариф. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tsn.ua/ukrayina/pidvischennya-cin-na-elektroenergiyu-u-nkrekp-rozpovili-yak-zroste-tarif-2313013.html>.
5. Population by world region, including UN projections. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ourworldindata.org/grapher/world-population-by-region-with-projections?time=1832..latest>.
6. Підсвічування сходів бездротове led stair s 5 з датчиками руху. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ohranivdome.net/izveschateli-i-opoveschateli/podsvetka-lestnicy-besprovodnaya-led-stair-s-5-s-datchikami-dvizheniya.html>.
7. Комплект автоматичного підсвічування сходів Skad KOL-020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.skad.com.ua/komplekt_avtomaticheskoy_podsvetki_lestnicy_kol-020/?gclid=cjwkcajw1majbhaceiwaagw9mfm9am-srwupz1ujd6x2zglcbkhxdyfltmcu8mqvxo5qa_bbbpulwxocboyqavd_bwe.
8. Home control unit - complete set for automatic LED stair lighting. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sequa-licht.de/en/6/home-control-unit-complete-set-for-automatic-led-stair-lighting?c=32>.
9. SketchUp. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SketchUp>.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

10. Що таке мікропроцесор, мікроконтролер та програмований логічний контролер. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php.
11. ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P megaAVR Data Sheet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328-P-DS-DS40002061B.pdf>.
12. Стабілізатор напруги. Вікіпедія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Стабілізатор_напруги.
13. Кварцові резонатори, що це таке та де вони застосовуються. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronoff.ua/academy/post/kvarczevye-rezonatory-cho-to-takoe-i-gde-oni-primenyayutsya.php>.
14. Що таке підсилювач MOSFET (мосфет). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://china-world.com.ua/ua/a188541-cho-takoe-usilitel.html>.
15. Транзистор IRLR7843 MOSFET N каналний 161A 30V TO252 DPAK. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blackchip.com.ua/tranzistori-moduli/tranzistor-irlr7843/>.
16. Транзистор метал-діелектрик-напівпровідник. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Транзистор_метал-діелектрик-напівпровідник.
17. Photoelectric Sensor E3F3 omron datasheet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheet.octopart.com/E3F3-R86-Omron-datasheet-13356746.pdf>.
18. Структурні схеми систем автоматичного управління. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/8/8-16/8-163750.html>.
19. Функціональна схема систем автоматичного управління [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.com.ua/160459/tehnika/funktsionalna_shema_sistem_avtomatich

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[nogo_upravlinnya.](#)

20. Вивчення правил оформлення конструкторської документації (Схеми електричні принципові) – Київ: НТУУ «КПІ», 2016.
21. Arduino основи програмування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://geekmatic.in.ua/ua/arduino_osnovyi_programmirovaniya.
22. Інформатика Основи алгоритмізації : Блок-схеми алгоритму [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://yevshan.com.ua/info/006/content/content3.html>.

					ДП ПМ-9116.000.000 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		