

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

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

«На правах рукопису»
УДК 681.5

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Юлія ЯМНЕНКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)
“ ” 2021р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальністю 171 Електроніка
(код і назва)

освітня програма Електронні прилади та пристрої

на тему: Система інтерактивного освітлення фасаду

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ДЕ-01мп
(шифр групи)

Тоценко Валентин Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник зав. кафедри, д.т.н., проф. Юлія ЯМНЕНКО _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант ст. викладач Сарибоба Г.В. _____
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент доц.каф. АМЕС, к.т.н., доц. Кирило ТРАПЕЗОН _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант
по нормоконтролю доц., к.т.н., доц. Лариса БАТРАК _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет Електроніки

(повна назва)

Кафедра Електронних пристроїв та систем

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо - професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва)

Освітня програма Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

Юлія ЯМНЕНКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

«02» листопада 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Тоценка Валентина Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система інтерактивного освітлення фасаду

науковий керівник дисертації Юлія ЯМНЕНКО д. т. н., проф.

(ім'я ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 04 » листопада 2021 року № 3674-с

2. Термін подання студентом дисертації 13 листопада 2021 року

3. Об'єкт дослідження Об'єктом дослідження є системи зовнішнього освітлення

4. Вихідні дані Розробка цифрового інтерактивного керуючого пристрою.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Огляд предметної області і літератури

з теми дослідження; 2. Аналіз характеристик і конструкції систем керування освітленням; 3. Розробка системи інтерактивного освітлення фасаду на базі мікроконтролера з можливістю участі у керуванні третіх осіб.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Схема електрична принципова елементів системи, алгоритм роботи системи,

макет

фасаду будівлі в мініатюрі.

7. Орієнтовний перелік публікацій Totsenko, V.O., Saryboha, H.V., & Bevza, O.M. – (2020). Автоматична система освітлення території підприємства. Електронна та Акустична Інженерія, 3(4), 28-33. <https://doi.org/10/20535/2617-0965/2020.3.4.200283>

8. Консультанти розділів дисертації

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

9. Дата видачі завдання 2 листопада 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури з теми дослідження	11.10.2021	
2	Написання основної частини дисертації	21.10.2021	
3	Розробка програмного забезпечення	01.11.2021	
4	Вибір пристроїв та компонентів	02.11.2021	
5	Розробка практичної частини дисертації	12.12.2021	
6	Оформлення магістерської дисертації	31.11.2021	

Студент

(підпис)

Валентин Тоценко

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Юлія Ямненко

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Тема, розглянута в роботі є актуальною, оскільки основною метою проекту є аналіз існуючих систем керування освітлення приміщення, і зовнішнього освітлення фасаду певної будівлі без інтерактиву, так і з використанням інтерактиву за допомогою Wi-Fi або Bluetooth, які вже існують, або ще розроблюються.

Інтерактивна система освітлення – це так зване розумне освітлення, яке є економічним рішенням, яке включає передові методи керування сигналами (бездротовий зв'язок для керування), достатньо недорога ціна світлодіодних світильників та датчиків.

Призначена дана система для значної економії витрат енергії, порівнюючи з простим варіантом «Ввімкнути/вимкнути», для автоматичного врегулювання та керування кольору світла, інтенсивності освітлення фасаду певної будівлі, та програмовані сценарії роботи системи відповідно до пори року та часу доби. Або вручну для створення комфортного освітлення для відпочинку та праці людей.

Проведений огляд технічних характеристик і конструкцій систем фасадного освітлення; розроблена структурна та принципова схеми системи керування.

Дана система представляє наступне функціонування:

1. контроль рівня освітленості навколишнього середовища.
2. можливість керування параметрами світла вручну.
3. автоматичне ввімкнення підсвічення фасаду за допомогою прив'язки до часу доби або прогнозованого часу заходу та сходу сонця.
4. адаптація яскравості до рівня затемненості.
5. присутність декількох мов програмного забезпечення: англійська та українська.

Ключові слова: Розумне керування освітленням, світлодіодне світло, мобільний додаток, фасад будівлі, датчики, енергозбереження, Wi-Fi мережа.

ANNOTATION

The topic is relevant because the main goal is to analyze the existing control systems for lighting and exterior lighting of a building without interactivity, and with the use of interactivity via Wi-Fi or Bluetooth, which already exist or are still being developed.

Interactive lighting system is a so-called smart lighting, which is an economical solution that includes advanced methods of signal control (wireless communication control), a fairly inexpensive price of LED lamps and sensors.

This system is designed to significantly save energy costs compared to the simple On / Off option, to automatically adjust and control the color of light, the intensity of the facade of a building, and programmable scenarios of the system according to season and time of day. Or manually to create comfortable lighting for people to relax and work.

Technical characteristics of constructions of facade lighting systems are considered; the structural and basic schemes of the control system are constructed.

This system represents the following operation:

1. Control of the level of ambient light.
2. Ability to control light parameters manually.
3. Automatic activation of the facade lighting by reference to the time of day or the estimated time of sunset and sunrise.
4. Adaptation of brightness to the level of darkness.
5. Presence of several software languages: English and Ukrainian.

Key words: Smart lighting control, LED light, mobile application, building facade, sensors, energy saving, Wi-Fi network.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ: ОГЛЯД, СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ, ПРИНЦИПИ РОБОТИ	7
1.1 Штучне освітлення та сфери його застосування.....	7
1.2 Зовнішнє архітектурне освітлення будівель і споруд	9
1.3 Аварійне освітлення.....	11
1.4 Охоронне та чергове освітлення.....	13
1.5 Огляд існуючих рішень системи управління освітленням	14
1.5.1 Lon Works протокол.....	14
1.5.2 GSM –канал та його характеристики	16
1.5.3 Контролер керування освітлення DMX-512.....	16
1.5.4 Стандарт DALI	19
1.5.5 Бездротові системи керування освітленням.....	21
1.5.6 Приклади систем освітлення які популярні сьогодні.....	22
1.6 Освітлення фасадів, їх функції та аспекти	24
1.6.1 Функції фасадного освітлення	24
1.6.2 Найбільш популярні рішення дизайну підсвічення	25
1.6.3 Залежність освітлення від типу фасаду	27
Висновки до розділу 1	29
2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНТЕРАКТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ФАСАДУ ..	30
2.1 Розробка структурної схеми СІОФ	30
2.2 Вибір, огляд та обґрунтування вибору компонентів	34
2.2.1 Вибір мікроконтролера керування	34
2.2.2 Вибір адресних світлодіодів	39
2.2.3 Вибір адресного підсилювача сигналу	42
2.2.4 Вибір RGB підсилювача.....	44
2.2.5 Вибір блоки живлення для зони 2-6.....	45

2.2.6 Вибір світлодіодної RGB стрічки для зон 3-6.....	47
2.2.7 Вибір сенсору рівня зовнішньої освітленості	49
Висновки до розділу 2	52
3. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	54
3.1 Розробка та розрахунок принципової схеми блоку живлення	54
3.2 Схема електрична принципова блоку живлення	57
3.3 Схема електрична принципова адресного підсилювача сигналу керування	61
3.4 Схема електрична принципова підсилювача RGB світлодіодної стрічки	62
3.5 Схема електрична принципова мікроконтролера ESP – 32	63
3.6 Розробка алгоритму роботи СІОФ	64
Висновок до розділу 3.....	66
4. Інтерактив та управління роботою системи.....	68
4.1 Приклад роботи програмного забезпечення для 3-ї особи	68
4.2 Програмна реалізація системи інтерактивного освітлення фасаду будівлі	72
Висновок до розділу 4.....	75
5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	76
5.1 Можливість запуску проекту	76
5.2 Технологічний аудит.....	77
5.3 Розроблення ринкової стратегії проекту	77
5.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	81
Висновок до розділу 5.....	83
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
ABSTRACT	1

ВСТУП

Актуальність теми. Впровадження та широке розповсюдження систем фасадного освітлення та освітлення інтер'єру, в тому числі з різними сценаріями освітлення та інтерактивним керуванням, обумовлює концентрацію зусиль розробників та виробників в напрямку пошуку нових креативних, інноваційних рішень. Тому тема магістерської дисертації, присвяченої розробці динамічної інтерактивної системи керування освітленням фасаду будівлі, є актуальною.

Розробці сучасних електронних систем керування освітленням присвячено багато розробок – як наявних на ринку [39,41], так і дослідницьких [40].

В даній роботі акцент зроблено саме на фасадне підсвічування будівель, яке виконує не тільки і не стільки власне функцію освітлювального приладу, але й дозволяє реалізувати світлові ефекти, підкреслити архітектурні деталі, виділити будівлю на загальному урбаністичному тлі, підкреслити її унікальність і акцентувати увагу на особливостях конструкції, а інколи навіть перетворити до невпізнання, простими словами - створити на темний час доби новий об'єкт. Належним чином організоване підсвічування будівлі привертає до неї увагу, що часто використовується з рекламною метою [42].

Можливість зміни сценаріїв та реалізації додає таким системам функціональності, а впровадження інтерактивного керування дозволяє користувачам або спостерігачам приймати безпосередню участь у формуванні світлових сцен. Архітектурне підсвічування фасадів є невід'ємною частиною процесу проектування будівлі.

Розробка системи керування освітленням розглянута на прикладі будівлі навчального корпусу факультету електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені

Ігоря Сікорського». Розглядання в якості прикладу навчального корпусу створює додаткові можливості, пов'язані з можливістю впровадження у навчальний процес під час вивчення здобувачами вищої освіти відповідних курсів.

Мета роботи: Розробка системи інтерактивного освітлювання фасаду будівлі з реалізацією інтерактивних сценаріїв керування світловими сценами.

Задачі дослідження:

1. Огляд предметної області і літератури з теми дослідження.
2. Огляд технічної характеристики і конструкції фасадного освітлення.
3. Для структурної схеми розробити системи керування.

Об'єкт дослідженням - процес розробки цифрової системи керування для системи інтерактивного освітлення фасаду.

Методи дослідження: аналіз, порівняння, дослідження, проектування.

Наукова новизна результату полягає в отриманні в розробленій системі керування, що розроблена в сучасній елементній базі.

Результати отриманих досліджень: розроблену систему освітлення можна застосовувати для аналогічних будівель, та мають можливість подальшої модернізації.

Публікації. 1. Totsenko, V. O., Saryboha, H. V., & Bevza, O. M. (2020). Автоматична система освітлення території підприємства. Електронна та Акустична Інженерія, 3(4), 28–33. <https://doi.org/10.20535/2617-0965.2020.3.4.200283>

Структура та обсяг дисертації. Магістерська дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку літератури з 42 найменувань. Загальний обсяг роботи – 87 сторінок, які містять 41 рисунок та 17 таблиць.

1 СУЧАСНІ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ: ОГЛЯД, СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ, ПРИНЦИПИ РОБОТИ

1.1 Штучне освітлення та сфери його застосування

Функціональне призначення штучного освітлення поділяється на робоче, для аварійних випадків, для охорони та чергове.

За типом розміщення освітлювальних приладів розрізняють загальні, місцеві та комбіновані системи.

Для загального штучного освітлення правильно використовувати розрядні та світлодіодні джерела світла, які за однакової потужності з тепловими джерелами (світлодіодні лампи) мають більшу світлову віддачу та з більшим терміном експлуатації. Світлова віддача світла для штучних джерел освітлення приміщень при мінімально допустимому індексі не повинна бути менше значень, наведених у табл. 1.1 [1].

Таблиця 1.1

Мінімальна світлова віддача джерел світла для штучного освітлення приміщень
при мінімально допустимих індексах кольоровій передачі

Тип джерела світла	Колірна температура	Світлова віддача e , лм/Вт, не менше, при мінімально допустимих індексах кольоропередачі R_a^*				
		≥ 90	90-80	80-60	≥ 45	≥ 25
Люмінесцентні лампи	2700-6500	-	70	75	-	-
Компактні люмінесцентні лампи	2700-6500	-	65	-	-	-
Металогалогенні лампи	2700-6500	-	75	90	-	-
Дугові ртутні лампи	4000-6500	-	-	-	55	-
Натрієві лампи високого тиску	2100-2400	-	-	75	-	100
Світлодіодні лампи	2700-3500	75	98-75	144-98	-	-
Світлодіодні лампи	4000-5700	75	98-75	144-98	-	-
Світлодіодні лампи	5700-6500	75	98-75	144-98	-	-
Світлодіодні світильники з розсіювачами елементами та вторинною оптикою	2700-3500	75	98-75	144-98	-	-
Світлодіодні світильники з розсіювачами елементами та вторинною оптикою	4000-5700	75	98-75	144-98	-	-
Світлодіодні світильники	5700-6500	75	98-75	144-98	-	-

У житлових будинках, будівлях та спорудах, адміністративних і побутових будівель підприємств, як правило, використовують систему загального освітлення. Для приміщень виробничого характеру, де виконується зорова робота I-IV розрядів (ювелірні і гравірувальні роботи, ремонт годинників, телевізорів, радіоапаратури, комп'ютерів, мобільних телефонів, пральних машин, взуття, металовиробів тощо), необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Для приміщень, де присутні зони з різними умовами природного освітлення та різні режими роботи, треба передбачити окреме управління освітленням відповідних зон.

Для загального та місцевого освітлення приміщень необхідно використати джерела світла з температурою світіння від 2300 К до 6700 К. Інтенсивність ультрафіолетового опромінення спектрального діапазону $\sim 300\text{--}400$ нм та не має перевищувати $0,03 \text{ Вт/м}^2$. Випромінювання з довжиною хвилі менше 320 нм не допускається [1].

Для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати енергозберігаючі джерела світла, віддаючи перевагу при рівній потужності джерелам світла з більшою світловіддачею та строком служби з виконанням вимоги не знижувати якість освітлювального устаткування для зниження енерговитрат. Світлова віддача світлодіодних ламп має відповідати вимогам [2].

Рівень ефективності споживання електроенергії електричними лампами та світильниками має відповідати «Технічному регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників» [3]. За відсутності відповідного маркування підтвердження дотримання вимог повинно бути отримано за результатами вимірювань.

Світлова віддача джерел світла для загального освітлення приміщень при мінімально допустимих індексах кольорової передачі не повинна бути менше значень, наведених в табл. 1.1.

1.2 Зовнішнє архітектурне освітлення будівель і споруд

Зовнішнє архітектурне підсвічування має давати у вечірній час добру видимість і оглядовість найважливіших об'єктів і підвищувати комфортність міста. Задля безпеки установки архітектурного освітлення не повинні давати світлових відблисків водіям транспорту і пішоходам.

При проектуванні устаткування архітектурного освітлення коефіцієнти відбиття освітлення від поверхні фасадів приймаються за даними натурних вимірювань або відповідно до табл. 1.2.

Якщо брати рівномірне освітлення фасаду, то відношення максимальної освітленості до мінімальної при цьому повинно бути не більше ніж 3 до 1, а у випадку рельєфних та багатокольорових фасадів – 5 до 1. При цьому максимальна освітленість повинна створюватись на основних композиційно-пластичних елементах.

Таблиця 1.2.

Розрахункові коефіцієнти відбивання поверхні фасадів освітлювальних об'єктів

Матеріали поверхні або колір фасаду	Середньозважений коефіцієнт відбиття матеріалу поверхні
Білий: атмосферостійкі фасадні фарби, гіпс, керамічна плитка, матовий алюміній, нержавіюча сталь	0,7
Світлий: фарби, мармур, білий камінь (вапняк, доломіт, піщаник), бетон і декоративні штукатурки на білому цементі та світлих наповнювачах, керамічні плитки, силікатна цегла, латунь матова, травертин, черепашник	0,6
Середньо-світлий: фарби, мармур, камінь (туф, піщаник, вапняк), бетон, кольорові штукатурки, керамічна цегла, блоки, плитка, дерево (дошки)	0,5
Темний: фарби, мармур, граніт, глиняна цегла, декоративні штукатурки і керамічні плитки, потемніле дерево, мідь, листя дерев	0,3
Чорний: фарби, камінь (габро, лабрадорит, діорит, базальт, граніт), чавун, платинована бронза, декоративні штукатурки, листя дерев	0,15

Середньозважений коефіцієнт відбивання фасаду ρ_{ϕ} з урахуванням зашкленних прорізів слід розраховувати за формулою:

$$\rho_{\phi} = \frac{\rho_M * S_M + \rho_B * S_B}{S_M + S_B},$$

де ρ_{ϕ} , ρ_B – коефіцієнт відбивання матеріалу обробки фасаду і коефіцієнт відбиття зашкленних вікон в фасаді, та з урахуванням їх рам, S_M , S_B – площа фасаду без світлових прорізів і площа світлових прорізів відповідно.

При нерівномірному освітленні фасаду, а саме заливному освітленні, відношення максимальної і мінімальної освітленості приймається не менше ніж 10 до 1 та не більше ніж 3 до 1, максимальна освітленість при цьому створюється на акцентованому елементі.

При проектуванні світлових архітектурних ансамблів вибирається яскравість головного фасаду домінуючого об'єкта. Середня яскравість освітлюваних фасадів інших пов'язаних з ним об'єктів єдиного ансамблю повинна бути, як правило, знижена не менше ніж на два рази [4].

Об'ємні монументи, пам'ятники, малі архітектурні форми, що мають всебічний огляд, слід освітлювати з двох-трьох сторін з чітко вираженим основним спрямуванням світлового потоку, який визначає розрахункову площину, яка композиційно повинна бути зв'язана з головним спрямуванням сприйняття об'єкта.

В освітлювальних приладах призначених для архітектурного освітлення використовуються розрядні джерела світіння. При локальному підсвічуванні допустимо використання ламп розжарювання, переважно галогенних, а також джерел хроматичного випромінювання або кольорових світлофільтрів.

Для освітлення об'єктів, які мають "холодні" кольорові відтінки поверхонь, і зелених насаджень слід приймати розрядні джерела світла з кольоровою температурою більше ніж 4000 К. Для освітлення об'єктів, які пофарбовані в "теплі" кольори, застосовуються джерела світла з кольоровою

температурою до 3500 К. При освітленні поліхромних об'єктів, особливо декоративно-образотворчих елементів на фасадах (мозаїчні і мальовничі панно та фриз, кахлі, кольорові рельєфи і скульптури, графіті тощо), слід використовувати джерела білого світла із загальним індексом кольорове передавання R_a не менше ніж 80. При художньо-декоративному освітленні об'єктів ландшафтної архітектури допускається використання джерел кольорового світла.

Прилади архітектурного освітлення повинні розташовуватися так, щоб їх вихідні отвори не потрапляли в поле центрального зору водіїв і пішоходів на головних напрямках руху або екранувалися світлозахисними пристроями.

При проектуванні установок архітектурного освітлення коефіцієнт запасу приймається залежно від світлового отвору освітлювального приладу, де застосовується джерело світла: при розрядній лампі $K_3 = 1,5$, якщо скло приладу орієнтовано вертикально або в нижню півсферу (в межах кута $90^\circ - 270^\circ$) і $K_3 = 1,7$ при орієнтуванні скла у верхню півсферу, світлодіодні відповідно $K_3 = 1,3$ і $1,5$.

В світі більш поширене застосування коефіцієнта експлуатації MF (Maintenance Factor), який пов'язаний з коефіцієнтом запасу, як: $K_3 = 1 / MF$ [4].

1.3 Аварійне освітлення

Аварійне освітлення поділяється на два типи:

- евакуаційне;
- резервне .

Евакуаційне освітлення в свою чергу поділяється на: освітлення шляхів евакуації, антипанічне освітлення і освітлення зон підвищеної небезпеки.

Освітлення для аварійних випадків підключається незалежного від джерела живлення робочого освітлення. Індекс передавання кольору R_a

застосовуваних джерел світла для аварійного освітлення повинен бути не менше ніж 40.

Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати безпечний вихід людей з приміщення в разі надзвичайної події, наприклад, відмові робочого освітлення, пожежі і т.п.

Освітлення шляхів евакуації має забезпечувати створення прийнятних візуальних умов для евакуації людей з будівлі, а у місцях виконання робіт зовні будівлі - у безпечне місце, створюючи при цьому умови для надійного виявлення засобів безпеки і обладнання для пожежогасіння [4].

Освітлення шляхів евакуації має забезпечувати протягом не менше 1 год:

- 50% нормованої освітленості через 5 секунд після порушення живлення робочого освітлення;
- 100% нормованої освітленості через 60 с.

Освітлення зон, де здійснюються операції з високим рівнем ризику, має забезпечувати безпеку людей, залучених в процес, пов'язаний з потенційною загрозою їхньому здоров'ю і життю, і створювати умови щодо належного припинення робіт.

Мінімальну тривалість освітлення визначають часом, протягом якого існує небезпека для людей. Освітлення повинне забезпечувати 100% рівня нормованої освітленості постійно або перериватися не більше ніж на 0,5 с. Норми евакуаційного освітлення повинні мати значення, вказані в табл. 1.3

При аварійному освітленні (освітлення безпеки і евакуаційного) застосовується:

- а) світлодіодне світло;
- б) люмінесцентні лампи – але не у всіх приміщеннях, у приміщеннях з мінімальною температурою не менше ніж 5 °С і при умові живлення ламп в усіх режимах напругою не нижче 90 % 220 вольт;
- с) розрядні лампи високого тиску.

Таблиця 1.3

Норми евакуаційного освітлення

Види, об'єкти евакуаційного освітлення	Освітленість E_{min} на горизонтальній поверхні, лк, не менше	Нерівномірність E_{max}/E_{min} освітленості, не більше
Освітлення шляхів евакуації шириною до 2 м – по осі проходу – по проходу	1,0 0,5 ²⁾	40:1 40:1
Антипанічне освітлення	0,5 ³⁾	40:1
Освітлення зон підвищеної небезпеки (не менше 10% норми освітленості робочого освітлення)	15	10:1
Освітлення сходових маршів в будівлях з постійним перебуванням маломобільних груп населення та дітей дошкільного віку	5	40:1
Поблизу пункту першої допомоги, місця з протипожежним обладнанням, місця розміщення плану евакуації, місця включення аварійної сигналізації, перед кожним евакуаційним виходом, зовні перед кожним евакуаційним виходом з будівлі	5	40:1

Світлові покажчики (знаки безпеки) встановлюються:

- над кожним евакуаційним виходом;
- на шляхах евакуації, однозначно вказуючи напрямки евакуації;
- для позначення поста медичної допомоги, пожежного поста;
- для позначення місць розміщення первинних засобів пожежогасіння;
- для позначення місць розміщення засобів екстреного зв'язку та інших засобів, призначених для оповіщення про надзвичайну подію[4].

1.4 Охоронне та чергове освітлення

Охоронне освітлення (за відсутності спеціальних технічних засобів охорони) має передбачатися уздовж кордонів територій, що охороняються у нічний час. Освітленість повинна бути не менше ніж 0,5 лк на рівні землі в горизонтальній площині або на рівні 0,5 м від землі на одному боці вертикальної площини, перпендикулярній до лінії кордону.

Для охоронного освітлення можуть використовуватися будь-які джерела світла, окрім випадків, коли охоронне освітлення функціонує ненормально і автоматично вмикається від дії охоронної сигналізації або інших технічних засобів.

Для таких випадків застосовуються:

- світлодіодні джерела світла;
- компактні люмінісцентні лампа з електронним пускорегульований апарат (ПРА);
- розрядні лампи високого тиску за умови їх миттєвого запалювання і швидкого повторного запалювання як в гарячому стані, після короткочасного відключення, так і в холодному стані швидкого пуску;
- лампи розжарювання при неможливості використання інших джерел світла.

Область застосування, величини освітленості, рівномірність та вимоги до якості для чергового освітлення не нормуються [4].

1.5 Огляд існуючих рішень системи управління освітленням

1.5.1 Lon Works протокол

В існуючих системах управління освітленням використовують різні рішення та мережеві протоколи, найпопулярнішими у використанні є DMX-512, Lon Works, DALI, DCI.

LON – це аббревіатура від “Local Operating Network” (локальна оперативна мережа). Стандарт польової шини LON використовується в

першу чергу для автоматизації будівель. Оскільки ця технологія є стандартною відповідно до вимог ISO/MEK 14908, LonWorks можуть використовувати всі учасники ринку. Ця технологія розрізняє датчики, виконавчі механізми та контролери. Обмін даними здійснюється на основі подій. Завдяки високій складності LonWorks підходить для вирішення цілої низки завдань у сфері автоматизації будівель (наприклад, для реалізації систем контролю доступу, систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, пожежної сигналізації, керування освітленням або ліфтом) [5].

Для транспортування середовища LonWorks може використовувати кабель, який подає йому живлення. Таким чином забезпечується енергозбереження, збільшення ресурсу та передача сигналу, оскільки в даному протоколі визначені методи адресації з маршрутизацією та їх управлінням. Найчастіше для подання сигналу ввімкнення та вимкнення освітлення використовується датчик рівня освітленості території. Робота даного датчика полягає в тому, що при зниженні рівня освітленості, вмикається штучне освітлення, і вимикається при перевищенні порогу природного освітлення.

Дана система має і недоліки, а саме, це проблеми в калібруванні датчиків, чутливості збудженості і неможливості приписання алгоритму роботи для енергозбереження.

Що ж до ефективності методів, це метод автоматичного управління освітлення з використанням прописаного графіка вмикання/вимикання, що реалізований контролером, що на підставі дати, днів та часу доби дає сигнал чи то на ввімкнення, чи на вимкнення [6].

Автоматичне керування освітленням на вулиці працює за системою, під управлінням «зонального» контролера, або ж сервера керування. Контролер, в залежності від послідовності управління, формує сигнали для включення або виключення тієї чи іншої групи ліхтарів. Передача даних сигналів використовується за допомогою таких засобів як :

- радіоканал.
- GSM – сигнал.
- Сигнальні лінії малих струмів (лінії витої пари).

Передача сигналу силовим кабелем [7].

1.5.2 GSM –канал та його характеристики

В сучасному світі системи автоматичного керування вуличним освітленням за допомогою GSM модему побудовані за трьох рівневою архітектурою. Самі рівні складаються з:

- блок безпосереднього управління елементом світіння в ліхтарі або ліхтарях освітлення.
- шафа зонального рівня керування.
- центральний сервер території.

Дана система дозволяє сигналом з центрального сервера ввімкнути/вимкнути будь-яку лампу. Це досягається застосуванням блоків безпосереднього управління лампою. Але для реалізації даної системи потрібна достатньо висока витрата фінансів на апаратну частину.

Система управління індивідуально кожною лампою за допомогою GSM-каналу на практиці не застосовується, оскільки має доволі високу вартість. Тому GSM-канал використовують тільки на рівні зональної шафи управління [8].

1.5.3 Контролер керування освітлення DMX-512

Даний вид контролю розроблений для цифрових мереж передачі даних, який використовуються для керування світлодіодними джерелами світла а також пристроями іншого типу. В даному протоколі використовуються диференціальні сигнали EIA 485 та пакетна передача. Обмін проходить тільки в одному напрямку і не має перевірки з виправленням помилок.

Контролер елементами освітлення DMX-512 передає послідовно та асинхронно данні, і має швидкість 250 кБод. Передача даних по 512 каналам займає ~22 мс, що відповідає швидкості 44Гц.

Широке поширення протоколу DMX-512 пояснюється такими причинами:

- в основі лежить інтерфейс EIA485;
- простий у виконанні;
- достатньо високий у надійності;
- можливість керування декількома мережами світлових приладів по трьох проводах;
- невисока вартість елементної бази;
- можливість підключення 512-ти пристроїв при одному каналі керування.

Типова структура даної мережі DMX показана на рис 1.1. До контролера відбувається послідовне підключення світлових приладів.

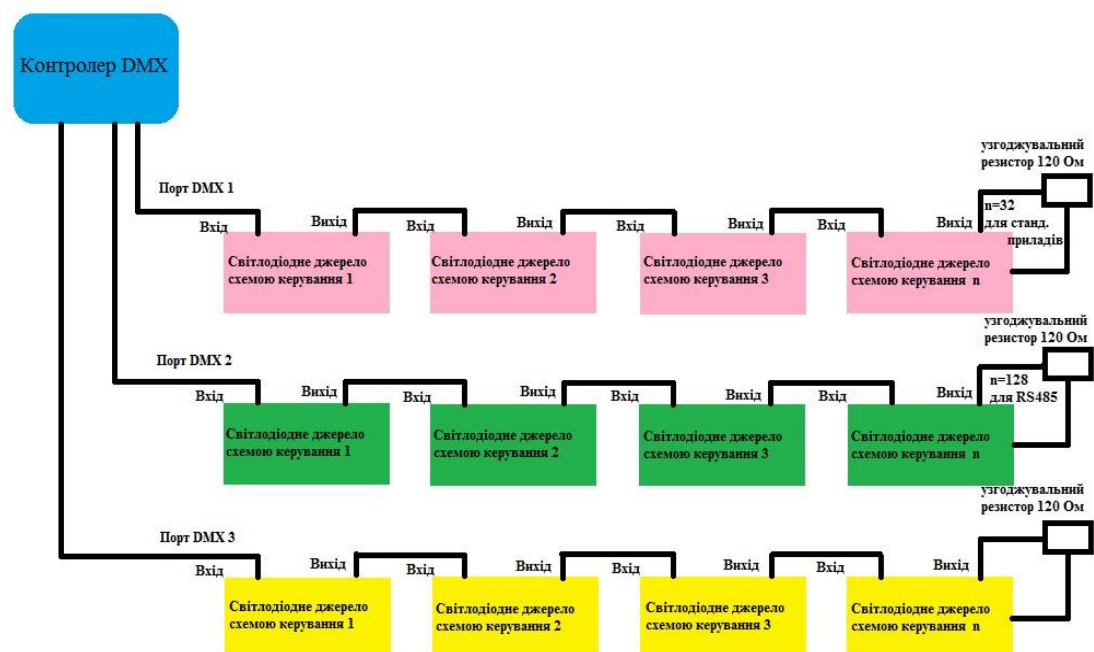


Рис. 1.1 Система освітлення з інтерфейсом DMX

Виробники драйверів світлодіодів висувають таку версію, що до одного порту DMX можливе підключення будь-якої кількості драйверів. Та офіційно це не підтверджено. В таких драйверах на виході йде відновлення такого ж сигналу, який прийшов на вхід. При цьому маємо затримку, яка проявляється в великих кількостях підключених елементів. Присутній один недолік, збій, що виник в одному драйвері, буде повторений усіма подальшими [9].

Перевагою DMX - це вільне призначення адресів для світильників. Наприклад, для другого світильника, який підключений до першого порту (рис. 1.1), потрібно чотири канали для управління сигналами червоного, зеленого, блакитного і білого кольорів (RGBW). Для другого – три канали (RGB).

Для третього світильника може бути досить одного каналу для керування одним світлодіодом.

У протоколі DMX маємо пакетну передачу. Перший байт інформаційного поля містить «стартовий код». Він використовується в якості прапора для індикації типу переданих даних. Значення 0 вказує на те, що пакет містить інформацію про інтенсивність світлового потоку. Решта 255 кодів не визначені. Вони використовуються в протоколі RDM.

Кожен порт DMX передає до п'ятсот дванадцяти 8-розрядних значень. На передачу повного пакета йде 22 мс, що відповідає частоті поновлення 44 рази в секунду. Така частота не сприймається людським оком.

Єдиний недолік протоколу DMX - одностороння передача від контролера до джерела світла. Відповідно, неможливо проводити моніторинг стану світильників і відстеження збоїв.

Перетворювачі DMX набули широкого поширення в архітектурному освітленні, де з'єднувальні лінії можуть бути занадто довгими. Хоча бездротові мережі DMX512 можуть працювати на відстані до 1000 м, більшість з'єднань з міркувань надійності не можуть бути довгими 300-450 м. [9].

1.5.4 Стандарт DALI

DALI розроблено продовженням аналогового інтерфейсу AVC 1-10 В. Це відкритий стандарт для люмінесцентних ламп з баластом. В кінці 2009 р стандарт був розширений. Зокрема з'явилася можливість управління світлодіодними інсталяціями. Протокол передбачає передачу даних по двох лініях (рис. 1.2.).

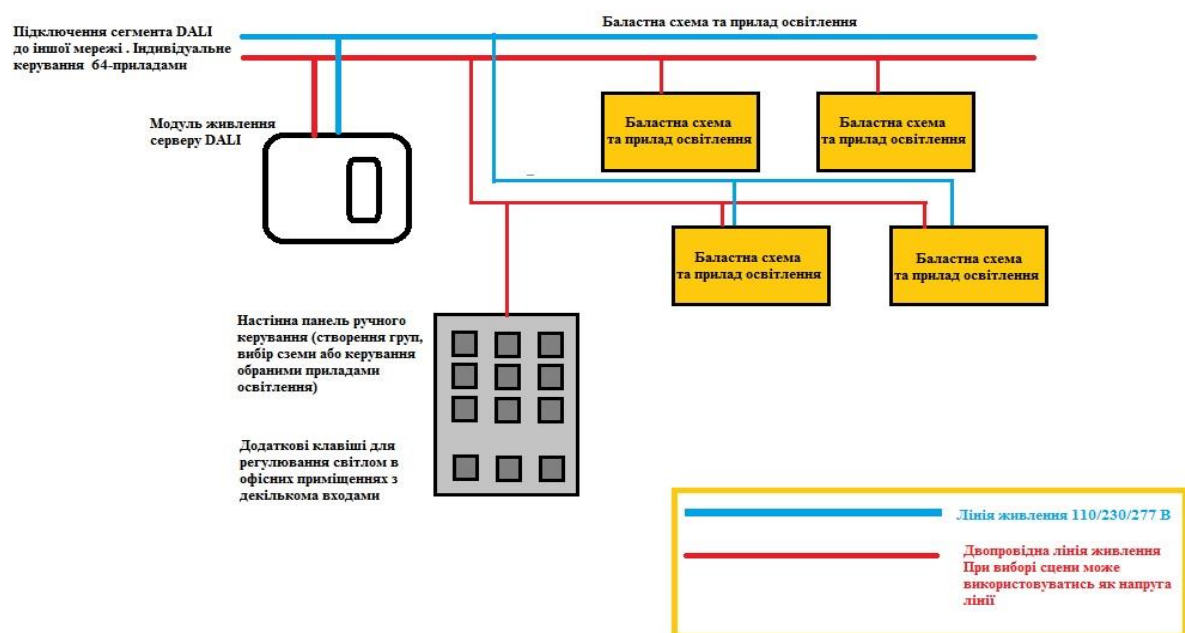


Рис. 1.2 Передача даних по мережам DALI

Переваги DALI:

- Керування 64 пристроями однією лінією.
- Один пристрій дозволяє створити 16 сцен.

- Керуючі дроти підключаються до баласту або схемою керування, що спрощує підключення, при наявності багатьох груп або зон.
- Нелінійне затемнення до 0,1% (теоретична межа)

Крива затемнення в логарифмічному масштабі показана на рис. 1.3. Більшість видів драйверів не можуть затемнити світлодіод до такого рівня, оскільки мінімальний струм 4,5-6 мА, тобто 1,5% для драйверу, який розрахований на 350 мА. Незабаром з'явиться драйвер з прямим струмом менше 1 мА (0,3%), що містить сигнальний процесор. Він затемнюватиме з «ідеальним» візуальними характеристиками.

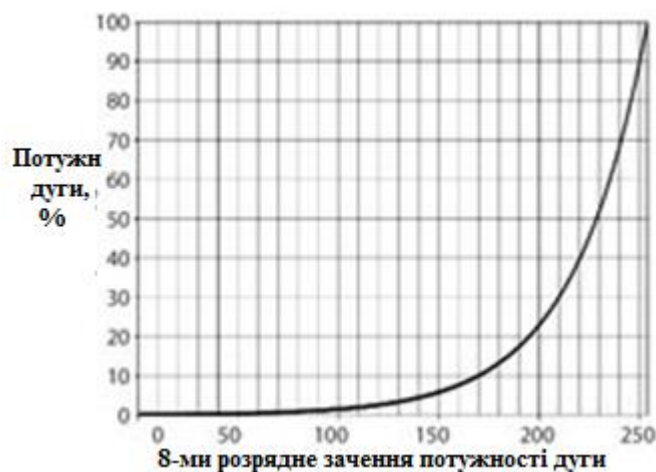


Рис. 1.3 Крива затемнення

Стандарт DALI користується шифрування з використанням коду Manchester для корегування помилок. Максимальна швидкість передачі складає 1200 бод. Максимальний сегмент має складати 300 м для кабелю перерізом 1,5 мм², 100 м для кабелю 0,5 мм² перерізу, і 150 м для кабелю перерізом в 0.75 мм².

Протокол DALI не має широкого продажу, адже має високу вартість [9].

1.5.5 Бездротові системи керування освітленням

Дані системи керування освітлювальними приладами передають сигнал за допомогою радіоканалу.

Перевагами є :

- Достатньо швидкий монтаж.
- Відсутність сигнального дроту для керування.
- Передача сигналу між освітлювальними приладами відбувається по «ланцюгу».

Недоліки:

- Достатньо висока вартість.
- Є обмеження у відстані розміщення.
- Можливість зустрічі з перешкодами.

Існують різні види бездротовим керування протоколів, а саме:

RF (радіохвилі) – Приймає хвилі керування, як побутовий радіоприймач. Радіус роботи приладів обмежений, особливо в приміщенні з перешкодами, це в середньому складає 25 метрів. Дальність дії такого приладу можна збільшити спеціальним підсилювачем сигналу.

Zigbee – доволі популярний бездротовий стандарт, за допомогою якого прилади можуть обмінюватись інформацією між собою. Дані передаються між приладами так званим «ланцюгом», а при виході з ладу одного з приладів, система сама перебудовує «ланцюг» передачі інформації, та продовжить свою роботу.

Blue Light Link – протокол європейського виробника блоків живлення TCI. Основним напрямком розвитку компанії є mesh-мережа – дуже компактне рішення для встановлення в світловий прилад. BLL має підтримку мобільного додатку керування. Перевага його в тому , що йому не треба додаткових пристроїв керування світловим приладом, сам передавач вже є вбудованим в блок живлення [10].

1.5.6 Приклади систем освітлення які популярні сьогодні

Система Casambi – є розробкою призначеною більше для офісних приміщень. Сучасний офіс – це не просто робоче місце, де людина сидить за робочим місцем, працівники пересуваються між офісами, зустрічами, семінарами та зоною відпочинку. Тому правильне освітлення є необхідним елементом створення комфорту та продуктивності в офісному середовищі. Доведено що освітленість орієнтована індивідуально до кожної людини, а саме відтінком та реакцією на природне освітлення збільшує продуктивність до 12%. Розробниками було створене розумне освітлення, яке забезпечує різні рівні освітлення для хорошої видимості. Схеми освітлення можуть враховувати потреби людей, наприклад різниця у віці, необхідність більшої або меншої видимості для різних демографічних груп [11].

Система Levotin – складається з розумних датчиків Wallbox. Розумне та просте зондування і регулювання для затемнення або перемикавання. Розумні датчики Wallbox поєднують визначення зайнятості вільних місць з затемненням 0-10 В або перемикають між включити/виключити, забезпечуючи просте рішення для невеликої економії електроенергії. Дані датчики мають можливість простого програмування та налаштування. За замовчуванням є стандартний режим для автоматичного ввімкнення та автоматичного вимкнення з тайм-аутом в 10 хвилин, зручне програмування кнопок для налаштування загальної кімнати. Приклад роботи додатку можна побачити на рис. 1.4

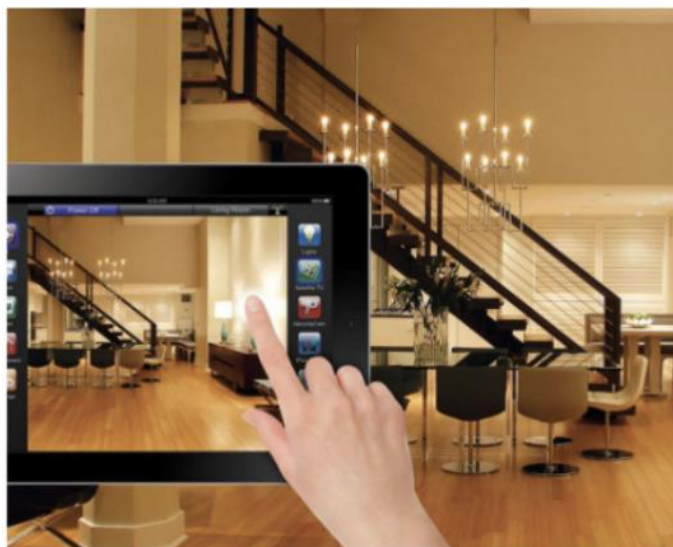


Рис. 1.4 Приклад роботи системи Leviton

Система HealWell – це система, розроблена завдяки дослідженням, підвищує комфорт в приміщенні лікарні. HealWell використовує новітнім освітлення для забезпечення здорового сну, знизити ймовірність доставляння тривожності та підвищення настрою пацієнтів і персоналу. Спираючись на наукові дані формується висновок, що світло доволі сильно впливає на людське здоров'я. Ще не тільки впливає на настрій, а вносить зміни в природний біоритм. На лікарняному ліжку люди проводять добу безперервно, тому імітуючи природне чергування дня і ночі штучним освітленням підтримується здоровий цикл сну. З цією метою і розроблена ця система, яка автоматично змінює яскравість і відтінок світла протягом дня відповідно до зовнішнього освітлення.

Випробуваннями доведено позитивний вплив на пацієнтів. Порівнявши палати зі звичайним освітленням і палати, оснащені системою HealWell, були виявлено такі переваги даної системи :

- Поліпшення настрою.
- Покращення якості та збільшення сну пацієнтів.
- Зменшення часу засипання пацієнтів.

– Поліпшення самопочуття пацієнтів за лікарняною шкалою тривога/депресія [10].

1.6 Освітлення фасадів, їх функції та аспекти

Будь-яка будівля, незалежно від її функціонального призначення – громадська, житлова чи комерційна - має фасад, вигляд якого визначається у денний час архітектурними характеристиками, видом та кольором покриття, у в темний час доби – здебільшого освітленням.

Розробка систем освітлення фасадів містить як інженерні аспекти (в тому числі електротехнічні та електронні), так і дизайн. Фасадне освітлення має бути одночасно практичним та привабливим. Вибір освітлення фасаду залежить від багатьох факторів. Розглянемо їх детальніше.

1.6.1 Функції фасадного освітлення

Фасадне освітлення вирішує два основних завдання: власне функціональне та декоративне.

Функціональне освітлення призначене для покращення видимості прилеглих до нього ділянок. До функціонального освітлення відноситься також підсвічування вивісок, банерів, логотипів.

Декоративне освітлення, яке зображене на рис. 1.5 дозволяє органічно вписати перетворений зовні фасад будівлі в ландшафт прилеглої території. З комерційної точки зору, декоративні світлові прилади виконують маркетингову (рекламну) функцію, привертаючи увагу до об'єкту.



Рис. 1.5 Приклад декоративного освітлення

Потрібно врахувати, що функціональне і декоративне освітлення фасадів повинно бути:

- Енергоефективним.
- Безпечним.
- Комфортним для оточення.

Ці вимоги є обов'язковими, тому перед монтажем освітлювальних приладів виконується великий обсяг проектних робіт, заздалегідь вирішити місця розташування та напрямок світлового потоку.

1.6.2 Найбільш популярні рішення дизайну підсвічення

Світловий дизайн фасадів будівель – напрямок в дизайні, який існує вже кілька десятиків років. Будь-який фасад можна радикально змінити на краще, інтегрувавши в його обробку освітлювальні прилади.

По сьогоднішній день використовують кілька типових схем освітлення, які при бажанні комбінуються:

Фонове освітлення є одним з найпопулярніших рішень через достатньо просту реалізацію. Освітлювальні прилади розміщуються так, щоб основна частина фасаду була висвітлена в повному обсязі або частково. Як правило, центральна частина висвітлюється фоновим способом, а крила або прибудови лишаються затемненими.

Акцентне освітлення - для цього варіанту використовується точкові або спрямовані світильники, які дозволяють висвітлити певні архітектурні деталі. Зазвичай акцентне підсвічення спрямовують на колони, ротонди, вікна. На сучасних будівлях, фасади яких оздоблені металевими панелями, центром уваги є логотип фірми на фасаді, вивіска, на яких і робиться акцент освітлення.

Контурне освітлення реалізується за допомогою гірлянд і світлодіодних стрічок. Освітлювальні прилади монтуються по периметру будівлі і по краях його окремих елементів, формуючи світловий «каркас». При декоруванні фасаду, обробленого сталевими касетами, допускається закладка світлодіодних стрічок в зазори між елементами фасадної обшивки.

Художнє підсвічування представлене на рис. 1.6 передбачає комбінування описаних схем з використанням різнокольорового або динамічного мінливого освітлення.



Рис. 1.6 Приклад художнього підсвічування фасаду будівлі

Воно є найбільш складним в реалізації та застосовується в основному для декорування пам'ятників архітектури або комерційних будівель, в першу чергу торговельно-розважальних центрів [12].

1.6.3 Залежність освітлення від типу фасаду

Для різних будівель та різних задач принципи побудови освітлювальних систем відрізняються кардинально, тому при проектуванні і монтажі фасадного освітлення потрібно враховувати тип будівлі та вимоги до освітлення.

Приватний будинок, освітити фасад якого незалежно від розміру водночас завдання і просте і складне. З однієї сторони, невелика площа дає можливість використання не яскраві світлові прилади, а з іншої при великій площі яку треба освітити вимагає доволі яскраві світлові прилади. І все ж таки приватні будинки мають складну конфігурацію фасаду, і в такому випадку знадобиться встановлення безлічі точок світіння заздалегідь правильно вибраних для місця встановлення. Приклад підсвічення фасаду приватної будівлі можна спостерігати на рис. 1.7.



Рис. 1.7 Приклад підсвічення приватного будинку

Для освітлення фасадів приватних будинків найчастіше використовують:

- точкові світильники для карнизів;
- софіти і спотлайт, встановлені на ґрунті;
- функціональні світильники, встановлені біля входу/виходу на виносних консолях.

Для Історичних споруд, так зване декоративне підсвічення будівель, яке можемо спостерігати на Рисунку 1.8 з історичною цінністю завдання не легке. Світло має підкреслити важливі особливості архітектури, при цьому прилади підсвічення не мають попадати в поле зору.



Рис. 1.8 Приклад підсвічення історичної споруди

Найчастіше використовують:

- акцентне підсвічення фасаду спрямованими софітами;
- підсвічування верхньої частини побудови по контуру покрівлі;
- фонову підсвічування розташованими окремо від будівлі прожекторами.

Щодо функціонального освітлення історичних будівель, то найчастіше використовуються настінні і класичні ліхтарі, зовнішній вигляд яких гармонійно поєднується із архітектурою будівлі (вантажні рішення «під старину»). В таких світлових приладах використовують доволі потужні світлодіоди з теплим спектром світіння.

Для сучасних будівель, до фасадних конструкцій яких використовується сталеві та скляні елементи, фасадні касети з полімерним покриттям, проектування фасадного освітлення передбачає наступне:

- освітлення проектується на етапі роботи над обшивкою фасаду, що дає можливість приховати деяку частину електричної проводки;

- функціональне освітлення потребує використання потужних світильників, які можуть розміститись відкрито;
- при використанні касет-жалюзі освітлювальні прилади розміщуються за ними [12].

Висновки до розділу 1

В сучасному світі якісне освітлення є дуже важливим аспектом повсякденного життя людини і часто сприймають як належне. Контролюючи освітлення – людина регулює яскравість і якість світла, тим самим створюючи для себе комфортні умови перебування і виконання завдань або ситуацій. Такий контроль за освітленням дає можливість економити енергію, використовуючи світло тільки там де воно в той чи інший час потрібно.

Керування освітленням завжди використовували так би мовити для створення емоцій і настрою. На сьогоднішній день керування освітленням також використовують як спосіб енергоефективності системою освітлення, та щоб забезпечити комфорт середовища для мешканців.

Керувати освітленням можна у багатьох приміщеннях, як в кімнатах приватного будинку, офісних приміщеннях, так і концертних залах і навчальних аудиторіях. Поєднавши їх з денним освітленням, забезпечується гнучкість, економія електроенергії та екологічні переваги. Також керування освітленням використовується у комерційних потребах, з кожним днем вони часто використовуються в житлових приміщеннях.

Якщо елементи керування правильно використані, то це приведе до значної економії електроенергії, а термін служби елементів системи збільшиться.

Що ж до переваг системи керування освітленням перед автономним керуванням чи ж то звичайним ручним вимикачем є можливість керування індивідуально кожним світильником , чи то групою світильників з одного пристрою користувача. Контролювання декількох приладів світіння від

одного пристрою користувача дозволяє створити складні сцени для підсвічення. Для одного приміщення можна створити декілька сцен , чи то буде відпочинок, сон, чи праця. Напевно головна з переваг керування освітленням є зниження використання електроенергії. Термін служби особливо ламп розжарювання збільшується завдяки плавному вмиканню та вимиканню.

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНТЕРАКТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ ФАСАДУ

2.1 Розробка структурної схеми СІОФ

Структурну схему системи, яка розробляється можемо побачити на рис. 2.1

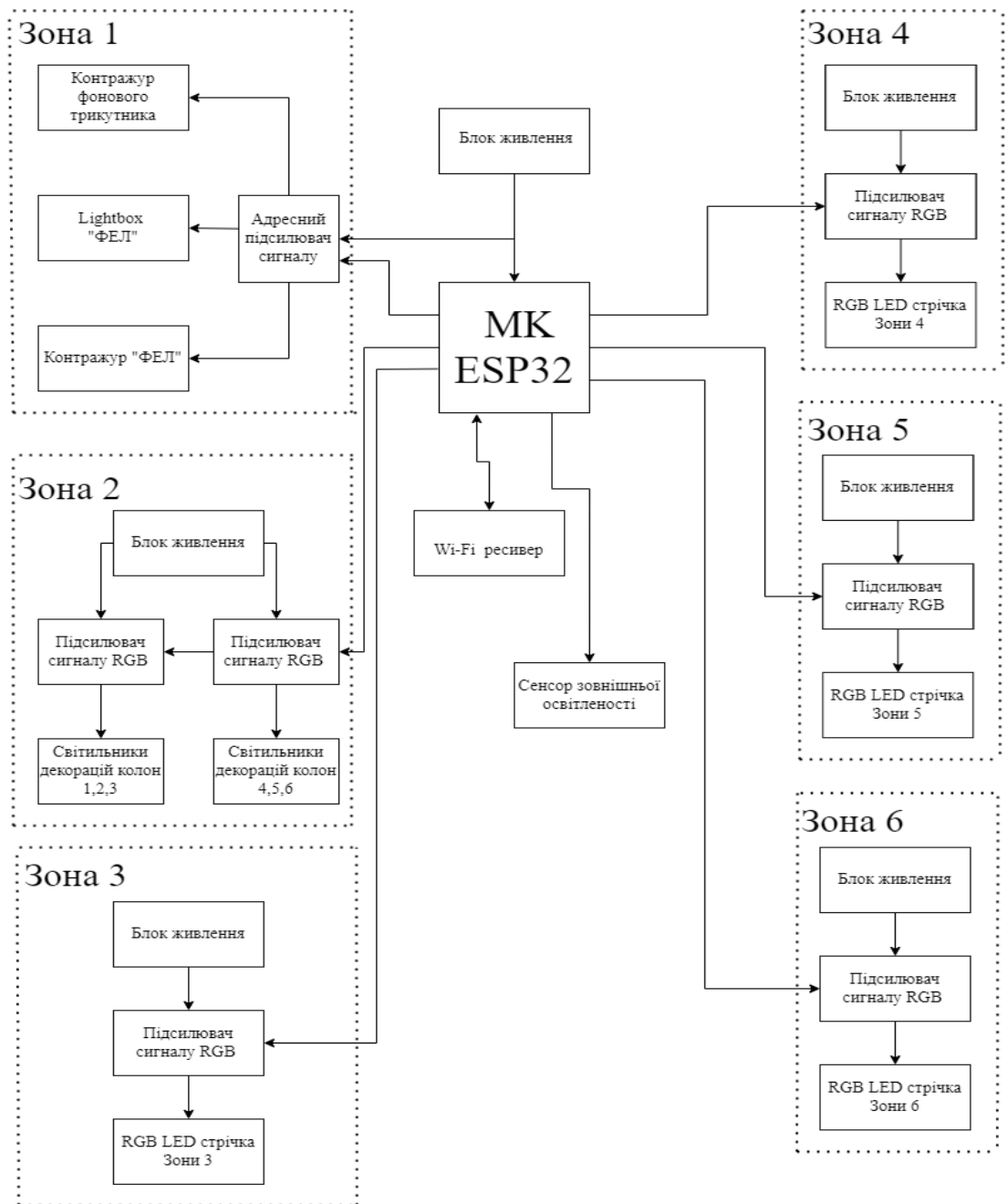


Рис. 2.1 Структурна схема системи інтерактивного освітлення фасаду

Розроблена структурна схема складається з шести зон:

- Зона 1 – Light box та контражур фасад лицьової частини даху
- Зона 2 – Декоративна частина колон фасаду
- Зона 3 – Light boxes колон фасаду, частина 1
- Зона 4 – Light boxes колон фасаду, частина 2
- Зона 5 – Light boxes колон фасаду, частина 3
- Зона 6 – Light boxes колон фасаду, частина 4

З розробленої структурної схеми бачимо, що побудована зональна система інтерактивного керування освітленням фасаду за допомогою мікроконтролера ESP32.

До складу системи керування входить:

- Блок живлення 5 вольт;
- Мікроконтролер керування ESP32 (МК ESP32) ;
- WI-Fi ресивер;
- Сенсор зовнішнього освітлення;
- Адресний підсилювач сигналу 5 вольт;
- Адресна LED стрічка;
- Підсилювач сигналу RGB 5-24 вольт;
- Блок живлення 12 вольт;
- RGB LED стрічка 12 вольт.

Що собою представляє мікроконтролер керування ESP32 – це серія мікроконтролерів типу система на кристалі, які мають інтегровані Wi-Fi та Bluetooth контролери та антенами, досить низьке енергоспоживання та невисока вартість. Встановлений BLE модуль компанією Espressif, призначений для широкого спектру застосування, починаючи від мікропотужних мережевих датчиків, до найважливішого додатку, наприклад – кодування голосу, потокове переміщення музикальних файлів та MP3 кодування. В модулі зібрано досить велику периферію якої достатньо для досить швидкого запуску роботи ESP32. У серії ESP32 використовується мікроконтролерне ядро Tensilica Xtensa LX6, існують варіанти з одним або двома ядрами [13].

Система має вбудовані антенні перемикачі, радіочастотний балун, підсилювач потужності, фільтри, модуль керування живлення, завдяки яким покращується функціональність та універсальність до програм, і це потребує мінімальних вимог друкованої плати [14].

Система має запропонований оптимальний стандартний алгоритм функціонування. Блок живлення подає струм до нашого МК ESP32, і відбувається запуск системи та відбувається діагностика всієї системи задля виявлення елементів, що вийшли з ладу. Дану перевірку проходить послідовно кожна зона. Якщо є відмова роботи від елемента або зони світіння, то система надсилає оповіщення користувачу системи, який має права адміністратора, або так званому технічному оператору, який підтримує та відповідає за працездатність всієї системи. При надходженні оповіщення про непрацездатний елемент чи зону, технічний оператор приступає до налагодження виявлених проблем, для повноцінної роботи системи. Завершивши перевірку на наявність несправності, система переходить до наступного етапу, перевірка рівня природного зовнішнього освітлення. Сенсор зовнішньої освітленості може надіслати сигнал «так» або «ні», тобто у випадку «так» - рівень зовнішньої освітленості зависокий, то система проводить діагностику повторно. У випадку «ні» - рівень зовнішньої освітленості занижений, система пропускає сигнал далі, який і сповіщає МК про необхідність ввімкнення освітлення фасаду за запрограмованим адміністратором стандартним сценарієм. Відбувається ввімкнення деяких елементів зони 1 (фасад лицьової частини даху), які вказані в сценарії роботи, а саме контражур фоновому трикутника та лайтбоксу «ФЕЛ». Окреме керування окремо кожним елементом зони 1 дозволяє використання адресної світлодіодної стрічки. Одразу вмикається зона 2 (декоративна частина колон фасаду) та зона 3 – 6 (Light boxes колон фасаду). Стандартний сценарій призначений для автоматичної роботи елементів освітлення, та система має інтерактивне керування, він дозволяє будь-якій особі «керувати» системою, а саме запрограмувати індивідуальний сценарій порядку світіння елементів системи. Для цього людина має підключитися до мережі Wi-Fi самої системи і про сканувати QR-код, після чого його направить на сторінку керування з правами користувача. Користувач має можливість змінити

порядок та час засвічення та змінити потужність світіння індивідуально кожної з зон на $n\%$ (обрану користувачем). Час керування системою для користувача обмежений X хвилинами (запрограмоване адміністратором). По завершенню запрограмованого часу, користувач буде автоматично відключений системою, і наступне підключення буде можливе через Y хвилин (запрограмованих адміністратором).

Наступний крок системи – повторна діагностика, де із сенсору зовнішньої освітленості надійде сигнал «так» до мікроконтролера, а це значить що рівень зовнішньої освітленості завищений, і система пропускає сигнал далі, який сповіщає МК про необхідність вимкнення освітлення фасаду.

2.2 Вибір, огляд та обґрунтування вибору компонентів

2.2.1 Вибір мікроконтролера керування

В межах даного розділу зробимо огляд та вибір мікропроцесора або мікроконтролера, який можна реалізувати для системи керування.

Мікроконтролер – виконаний у вигляді мікросхеми спец мікропроцесорна система, яка містить мікропроцесор, пам'ять, порт вводу-виводу та деякі блоки для спеціальних функцій (АЦП та ін.) [15].

Простими словами – це комп'ютер з одним кристалом, який може виконувати доволі прості завдання. Складається він з невеликої однієї мікросхеми , що знижує енергоспоживання та в додаток має невисоку вартість.

МК зустрічаються в багатьох приладах сучасного світу, в таких як побутові прилади, частина керування сучасних автомобілів і тому подібне. Більшість процесорів в сучасному світі – це мікроконтролери.

Контролер ESP32 має досить широкий обсяг технічних характеристик, основні з яких [16]:

Процесор: Xtensa 32 розрядний LX6 мікропроцесор, який працює на 160МГц і виконує ~600 DMIPS.

Пам'ять : 520 Кб SRAM.

Бездротовий зв'язок : Wi-Fi: 802.11 b/gN;

Bluetooth: B4.2 БР/EDR і БЛЕ.

Інтерфейси периферії: дванадцяти розрядний АЦП до вісімнадцяти каналів;

2*8 біт Цапи;

4*СВО;

2*i2s для інтерфейсу;

2*I2C інтерфейсу;

3*UART;

SDIO/SPI підпорядкований контролер.

Перевагами ESP – 32 є значна перевага над аналогами, і це не тільки через низьку ціну, та доволі низьке споживання електроенергії. Особливістю є існування на базі мікроконтролера модулі SMT (surface mount technology) плати. За допомогою цього є можливість створення прототипів пристрою на базі даного мікроконтролера, і для цього не потрібно створювати саму плату.

Самі модулі SMT плати на базі ESP – 32 передбачались для інтегрування з іншими платами. Однією з таких плат є ESP – 32 Espressif ESP-WROOM-32. Вона включає в себе мікроконтролер ESP – 32, мікро USB порт, клавішу перезавантаження, цифровий та аналоговий порт. Зображення плати продемонстровано на рис. 2.2, призначення всіх портів на рис. 2.3 [17].



Рис. 2.2 Зовнішній вигляд плати ESP – 32

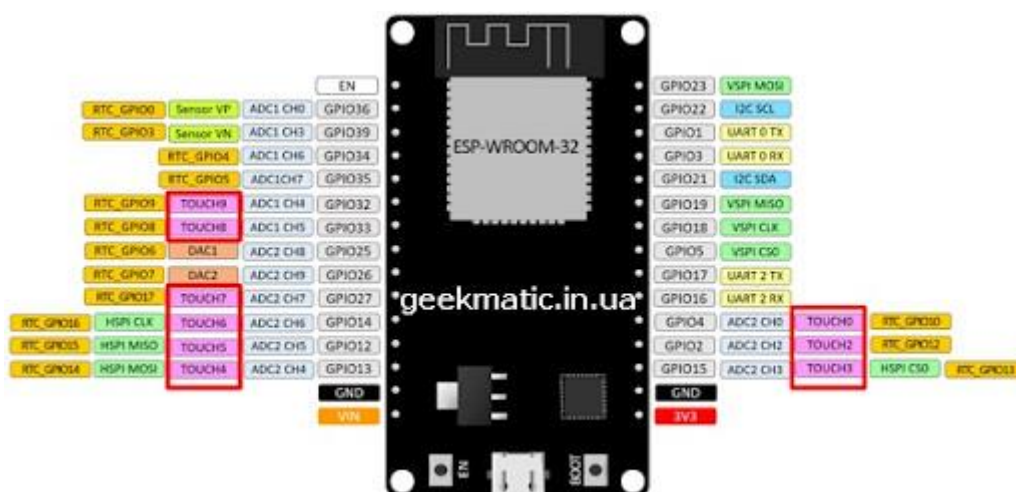


Рис. 2.3 Призначення портів на платі ESP – 32 Espressif ESP-WROOM-32

Перевагою при виборі в цій платі було те, що вона має певні елементи, керування, які не треба додатково встановлювати. На сьогоднішній день, плата ESP – 32 Espressif ESP-WROOM-32 є доволі популярною у використанні, і більшості користувачів вона буде зрозуміла, ще особливістю є наявність кнопок керування та світлодіодних індикаторів певних режимів роботи, що значно покращує розуміння людиною виконання роботи.

Для під'єднання датчиків та сенсорів до плати, важливим фактором являється обирання порту (роз'єму). Вибираючи його, потрібно враховувати

функціонал роз'єму, інтерфейс передачі даних, все це має вплив на тип того чи іншого датчику, які планується використовувати з платою.

Багато сучасних пристроїв використовують порти для датчиків серії DIN Connectors та MiniDin. Даний фактор пояснюється тим, що роз'єм дозволяє складні передачу даних, незалежно від напрямку передачі, тому їх використання є популярним [17].

Вирішення багатьох задач є створення системи збору даних, що дає низьку вартість вже готового виробу, і підходить до вирішення низки завдань. Досить просто масштабується та розширюється, є досить зручна можливість перепрограмування, та передачі інформації завдяки Wi-Fi.

За основу обрано мікроконтролер ESP-32, а конкретно плату ESP-32 Espressif ESP-WROOM-32. Дана плата надає можливість передачі інформації через вбудований Bluetooth та систему Wi-Fi. Вона є доволі розповсюджена, що і додає актуальності пристрою.

Вартість ESP-WROOM-32 доволі бюджетна, інструкції та інформація для роботи з нею є наявними в мережі інтернет, і в великому обсязі, декілька варіантів для програмування на багатьох мовах та у декільком програмних забезпеченнях [19].

Наступною розглянемо плату керування NodeMCU – плата на базі ESP8266 (версія ESP12E), яка зображена на рис. 2.4, та призначення портів зображено на рис. 2.5.



Рис. 2.4 Плата NodeMCU V2 LUA Wi-Fi на базі ESP8266 та CP2102

Він представляє собою Wi-Fi модуль з незначним споживанням. Дана плата спростовує розробку, оскільки вона має підключення по USB,

регулятор живлення і виводи з чіпа. Плата містить все необхідне для підтримки встановленого мікроконтролера. 11 портів введення/виведення загального призначення, які можна використовувати як ШІМ та АЦП – A0 (аналоговий), microUSB роз'єм, клавіші скидання налаштувань та клавіша налаштування. Ця платформа може користуватись середовищем розробки ESPloer IDE з мовами програмування LUA, Python та AT команди, або ж Arduino IDE з мовою програмування C/C++.

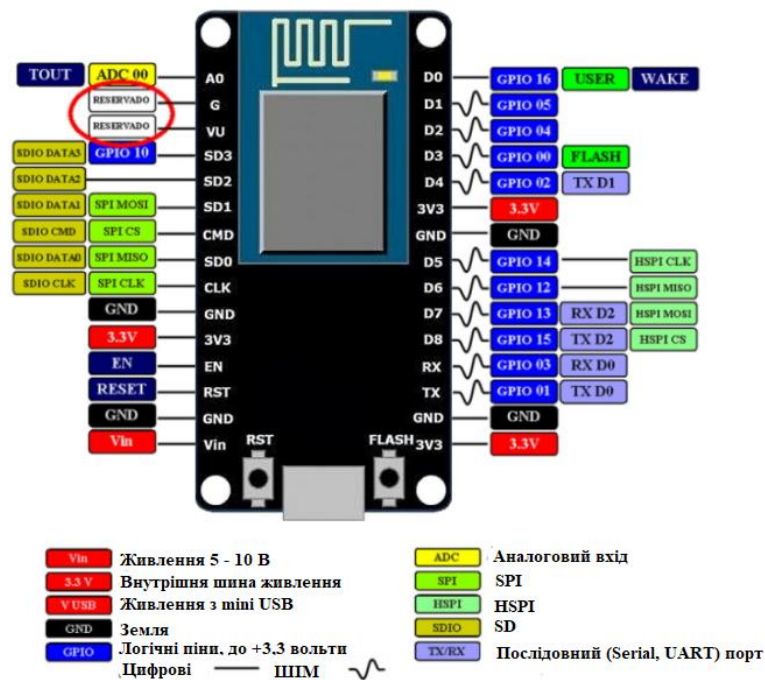


Рис. 2.5 Призначення портів на платі NodeMCU V2 LUA Wi-Fi на базі ESP8266 та CP2102

Основні характеристики:

- Мікроконтролер ESP8266.
- Частота: 80МГц (до 160 МГц).
- Інтерфейс бездротовий : Wi-Fi 802.11 b/g/n 2,4 ГГц.
- ОЗУ: 160 КБ.
- ПЗП: 4 МБ.
- Завантаж.: NodeMCU.
- Кількість портів введ./виведен.: 11 шт.
- Робоча напруга: 3,3 вольт.

- Вхідна напруга: 5 вольт.
- Струм який споживається: +- 220 мА [20].

Опираючись на вище згадане, параметри та популярність у використанні -оптимальний варіант вибору є плата ESP – 32 Espressif ESP-WROOM-32, оскільки дана плата не має проблем з сумісністю з іншими платами задля розширення, а технічних характеристик більш ніж вдосталь для виконання поставлених завдань.

2.2.2 Вибір адресних світлодіодів

Адресні світлодіодні компоненти – це «вершина» розробки світлодіодів. Адресні світлодіоди представлені у варіанті стрічки та окремих адресних світлодіодів, один такий світлодіод складається з RGB світлодіоду і контролера, який розміщений всередині або зовні самого діода. Звичайна світлодіодна стрічка на сигнал по зміні кольору відповідає по свій довжині однаково, то в адресній світлодіодній стрічці кожен світлодіод отримує індивідуальну команду керування, що дозволяє користувачу налаштувати колір або відтінок кожного світлодіоду індивідуально для створення світлових ефектів. Колір кодується 3-ма байтами, при цьому його глибина складається з 24 біт. Світлодіод має три кольори, кожен з яких кодується від 0 до 255, в сумі маємо $256^3 = 16777216$ кольорів в яких може засвітитись світлодіод [21].

Опираючись на ряд протестованих раніше в практичному застосуванні адресних світлодіодів, без сумніву було обрано світлодіод SMD RGB WS2812B SMD 5050 Neopixel з піксельною адресацією, зображення якого можна побачити на рис. 2.6, який зарекомендував себе на масовому і довгостроковому використанні без перебоїв у роботі.

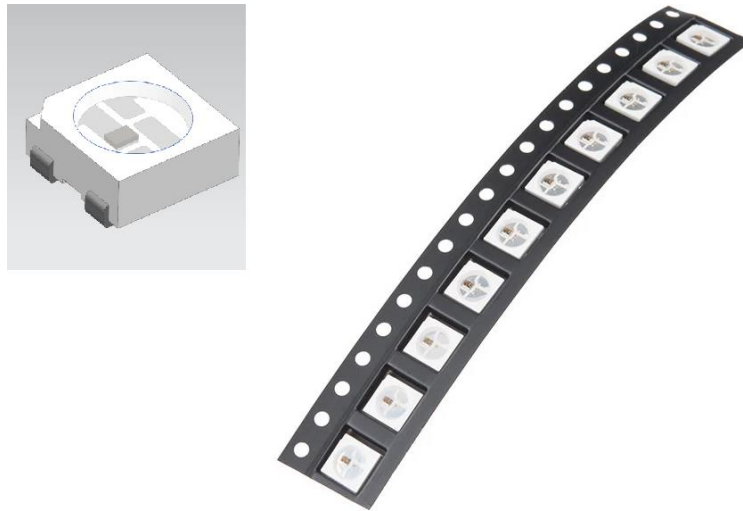


Рис. 2.6 світлодіод SMD RGB WS2812B

Технічна характеристика світлодіодної стрічки WS2812B:

- Розмір світлодіоду – 5*5 мм.
- Частота ШІМ ~400 Гц.
- Швидкість передавання інформації складає 800кГц.
- Розмір інформації – це 24 біта на один світлодіод.
- Напруга живлення – 5 вольт постійного струму.
- Споживання при нульовому значення яскравості складає 1 мА на один світлодіод.
- Споживання при максимальній яскравості – 60 мА на один світлодіод.
- Колір: RGB, 256 відтінків на один канал, ~16,5 млн кольорів [22].

WS2812B світлодіоди доволі енергоефективні, один світлодіод споживає до 60 мА при максимальній яскравості. Для стрічки довжиною в 100 діодів потрібно блок живлення всього на 6 ампер або більше. Мікроконтролер ESP – 32 можуть бути під'єднані до різних джерел живлення, але спільним має бути контакт “GND”, справа в тому, що контакт “GND” також бере участь у керування адресною стрічкою від плати керування.

Розумні світлодіоди WS2812B доволі популярні, і це виправдано декількома причинами:

- Компактність.
- Простий у керуванні, керування може бути реалізоване як послідовного інтерфейсу, який може реалізуватися програмно, так і інтерфейсами мікроконтролерів.
- Керування однією лінією. (всього три дроти, «+», «gnd» та дріт сигналу.)
- Не має кордонів кількості ввімкнених пікселів один за одним.
- Невелика ціна.

Фізично в WS2812B вбудовані три світлодіоди (червоний, зелений та синій) та ШІМ драйвер, який керує яскравістю кожного з кольорів. Протокол передачі інформації світлодіоду з однією лінією та фіксована швидкість. 1 та 0 інформації про яскравість кодується довжиною високого та низького рівня сигналу в лінії, що і зображено на рис. 2.7 [23].

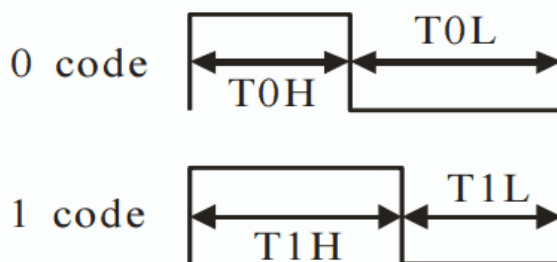


Рис. 2.7 Довжина високого та низького рівня сигналу в лінії

Світлодіод SMD RGB WS2812B SMD 5050 Neopixel – є найбільш оптимальним і практичним і фінансовим вибором , їх часто використовують в сучасних джерелах світіння, лампи, світлодіодні стрічки, світильники і таке ін. Завдяки низькому температурному опору та дуже хорошій герметичності – має доволі гарний відвід тепла, який сам і виробляє. Запобігає розриву провідних доріжок.

2.2.3 Вибір адресного підсилювача сигналу

Обраний SPI підсилювач сигналу для адресної світлодіодної стрічки SP901E, який зображений на рис. 2.8

Wiring Diagram For Individually Addressable LED Strip

Connect WS2812B And WS2813 LED Strip At The Same Time

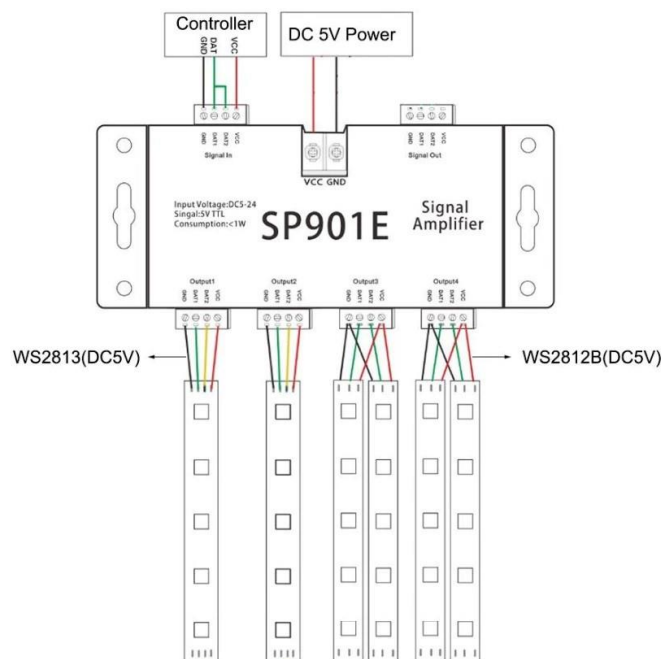


Рис. 2.8 Адресний SPI підсилювач сигналу

Даний підсилювач SPI сумісний з усіма видами сигналу 5В – TTL. Блок підсилення має один ввід сигналу, та при цьому має можливість виводити сигнал водночас на 4 або 8 каналів. Кожен канал при цьому має можливість керування тою ж кількістю світлодіодних пікселів, що і основний контролер який подає сигнал на ввід.

Він має можливість виводити вісім каналів для адресної світлодіодної стрічки з одним проводом даних, таких як WS2812B, який і було обрано для реалізації, WS2811, SK6812RGB, SK6812 – RGBW та SM16703.

Одним контролером, за допомогою даного підсилювача можливе одночасне керування широким діапазоном адресних світлодіодів, наприклад:

DC5V WS2812B та DC5V WS2813 світлодіодами одночасно або керування DC12V WS2811, DC12V WS2815, DC12V 1903, DC12V 6803, оскільки вони керуються одним і тим же сигналом.

Діапазон робочої напруги DC5V – 24V досить широкий, але при цьому блок підсилення не має можливості регулювання вихідної напруги для одночасного керування світлодіодом з напругою живлення DC5V та світлодіодом з напругою живлення DC12V, це означає, що вихідна напруга джерела живлення має бути такою самою, як і робоча напруга світлодіодів.

Існує можливість для синхронізації декількох підсилювачів задля проектів кольорового освітлення невеликих параметрів. SP901E може співпрацювати з SP105 E, SP108 E, SP107 E, Arduino X2 та ще декількома підсилювачами.

Параметри SP901E :

- Робоча напруга: 5-24 В.
 - Робоча температура: -20 - 60 °C.
 - Вихід: 8/4 каналів(-ли).
 - Сумісний IC тип: WS 2812B, WS 2811, SK 6812, SK 6812 - RGBW, SM16703, WS2813, WS2815, CS8812, AL2815, WS2801, APA102,
- Потужність споживання: <1Вт.

Перевагами ж використання підсилювача є:

- Зменшення навантаження на контролер керування.
- Можливість підключення більшої кількості світлодіодів.
- Однакова та одночасна робота світлодіодів, які підключені до підсилювача, без затримок [24].

Оскільки параметри для вибору підсилювача сигналу зменшують кількість варіантів вибору майже до одиниці, тому було обрано підсилювач сигналу для адресної світлодіодної стрічки SP901E, оскільки його більш ніж вистачає для поставлених завдань. Окрім цього, він має доступну ціну та доволі нормальну якість.

2.2.4 Вибір RGB підсилювача

Підсилювач RGB встановлюється в систему світлодіодного підсвічення в першу чергу для зменшення навантаження на мікроконтролер керування, який змінює кольори, при трьох кольоровій стрічці, або при одно каналному підсилювачі, який як і RGB змінює яскравість та інші налаштування стрічки. Всі відрізки світлодіодної стрічки підключені до одного мікроконтролера керування, і можуть працювати як синхронно, так різним запрограмованим варіантом. При цьому за стабільне живлення світлодіодної стрічки відповідає підсилювач, і тому контролер може бути зовсім малої потужності.

На рис. 2.9 приведена схема підключення світлодіодної стрічки RGB з використанням підсилювача RGB



Рис. 2.9 Схема підключення підсилювача RGB

Головним етапом вибору підсилювача, є правильний розрахунок потужності блоку живлення, та правильне навантаження на сам підсилювач. Тому обрано підсилювач RGB стрічки, який зображений на рис. 2.10, потужності якого більш ніж вистачає для тієї чи іншої зони системи освітлення.



Рис. 2.10 Підсилювач RGB стрічки

Параметри RGB підсилювача:

- Вхідна напруга: 12/24 В.
- Вихідна напруга: 12/24 В.
- Максимальне навантаження: 30 А (10 А/на канал).
- Ступінь захисту: IP20 [25].

2.2.5 Вибір блоки живлення для зони 2-6

За для досягнення стабільності і безперебійної роботи системи, необхідно подбати про напругу живлення яка подається до елементів системи, щоб вона відповідала напрузі, що заявлена виробником. У варіанті з даною системою підсвічення, перевагу надаємо імпульсним блокам живлення.

Імпульсний блок живлення (ІБЖ) – представляє собою пристрій, який перетворює один вид напруги в інший, користуючись при цьому принципом інвенторних схем.

Імпульсні блоки живлення мають ряд переваг перед блоками живлення іншого типу.

Невелика вага пристрою, його малі габарити та компактність досягається за рахунок скорочення ємності, що за собою скорочує і розміри конденсаторів.

Високий показник коефіцієнту корисної дії ІБЖ. ККД – є одним із основних показників пристрою. ККД в ІБЖ може досягати показника в 98%.

Політика цін та доступна вартість. З більшим використанням імпульсної технології, ціна постійно переглядається в сторону зниження.

Конструкція імпульсних блоків передбачає захист від аварійних режимів, а саме короткого замикання, що найчастіше і виводить з ладу такі прилади [26].

Тому для подачі живлення обрано імпульсний блок mean well LRS-350-12, який зображений на рис. 2.11. Блок живлення в ході використання та тестів вів себе без перебоїв, показував гарну стабільність вихідної напруги при різних етапах навантаження, і має точність навантаження 0,002 – 0,003 Вольт.



Рис. 2.11 Блок живлення mean well LRS-350-12

Даний блок живлення має захист від короткого замкнення, при якому йде вимкнення блоку, що захищає його від виведення з ладу. При великому навантаженні йде підвищення температури, яка регулюється вентилятором для регулювання температури.

Основні характеристики :

- Вхідна напруга має можливість зміни: 100-120 В / 200-240 В.
- Захист від короткого замкнення, перевантаження, високої напруги та високої температури.
- Додаткове охолодження вентилятором.

- Вихідна напруга: 12 В.
- Потужність: 348 Вт.
- Максимальний вихідний струм: 29 А.
- Коефіцієнт корисної дії: 85%.
- Робоча температура: -25~70 °С. [27,28]

На підставі раніше використовуваного блоку живлення, і протестованого для даних потреб – вибір є однозначним, так як до нього не виникає ніяких проблем при його використанні, не перевищуючи заданих характеристик.

2.2.6 Вибір світлодіодної RGB стрічки для зон 3-6

Розглядаючи даний розділ розглянемо і виберемо світлодіодну стрічку, яку можна реалізувати для підсвічення на вулиці, яка має захист від впливу вологи.

Світлодіодна стрічка Horoz Electric зображена на рис. 2.12.



Рис. 2.12 Зовнішній вигляд світлодіодної стрічки REN/RGB 12V DC IP65

Основні характеристики :

- Потужність: 24 Вт (5м).
- Напруга живлення: 12 В. DC.

- Світловий потік: 288 Lm (1m).
- Кут світіння: 120°.
- Ступінь захисту, IP: IP65 (захист від вологи).
- Колір: RGB.
- Термін служби: 30 000 годин.

З практичного використання даної світлодіодної стрічки, яка доволі широко застосовується в таких місцях як літні зони ресторанів, прикрашання фото зон на відкритих територіях і т.п. Але основною мінусом представленої до огляду світлодіодної стрічки, є пожовтіння силіконового захисту від вологи, що сприяє зменшенню яскравості самої стрічки [29].

Також широко використовуються світлодіодні стрічки Rishang.

Rishang 5050-60-IP65-RGB-10-12 RN6060AQ Premium, зовнішній вигляд стрічки зображено на рис. 2.13. Світлодіодна стрічка преміум класу, яка використовує світлодіоди підвищеної яскравості та цим підходить для підсвічення вітрин, лайт боксів, рекламних щитів, підсвічування стелі та будь-яких відповідальних місць або елементів, що потребують привернення уваги.

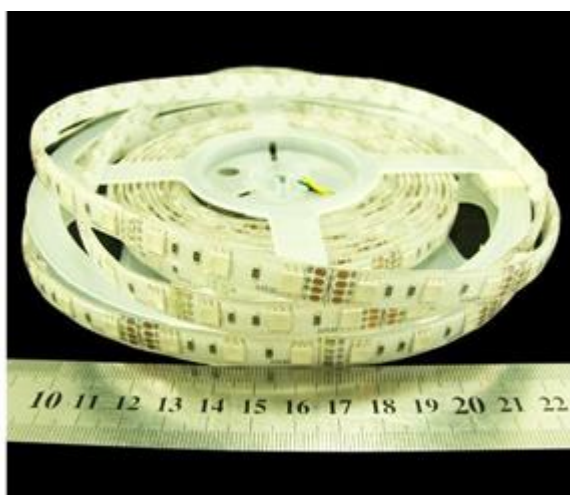


Рис. 2.13 Зовнішній вигляд світлодіодної стрічки Rishang -IP65-RGB-RN6060AQ Premium

Основні характеристики:

- Ступінь захисту, IP: AEZ (IP65).
- Напруга живлення: 12 В.
- Максимальна потужність: 14,4 Вт.
- Світловий потік: 324 лм.
- Мінімальна робоча температура: -25° .
- Максимальна робоча температура: +60°.
- Клас стрічки: преміум [30].

До порівняння було піднесено дві світлодіодні RGB стрічки, які зарекомендували себе в практичному застосуванні, та на підставі вищерозглянутих параметрів, оптимальним вибором є світлодіодна стрічка преміум класу Rishang -IP65-RGB-RN6060AQ Premium, так як вона має більшу потужність, більш стійка до сонячного світла і більший світловий потік. Ще однією перевагою є більша стійкість до зовнішніх впливів хоч і кожна з них має захист від впливу вологи.

2.2.7 Вибір сенсору рівня зовнішньої освітленості

Датчик (сенсор) освітленості, або ж сутінковий вимикач – це пристрій для автоматичного керування джерелом штучного електричного світла. Призначення цього пристрою в тому, що він визначає рівень освітленості, при низькому рівні сенсор надає сигнал для увімкнення освітлення, чи то підвищення його рівня на території чи в приміщенні. Правильно встановлене і запрограмоване обладнання може працювати взагалі без участі людини. При виникненні сутінок – освітлення вмикається, а при сході сонця – вимикає [31].

Розглянемо датчик F&F AWZ-30 – який має максимальний захист та високі експлуатаційні якості, зображення якого можна побачити на рис. 2.14



Рис. 2.14 Датчик зовнішньої освітленості F&F AWZ-30

Застосовується для встановлення на вулиці, рекламних щитах з підсвіченням, на автостоянках, нерегульованих залізничних переїздах та зупинках. Має гарний захист від різного типу пошкоджень та проникнення вологи. Для регулювання порогу спрацювання використовується потенціометр. Передбачена затримка для запобігання хибного спрацювання.

Основні характеристики:

- Тип – влаштований.
- Тип монтажу – відкрите встановлення.
- Можливість регулювання – так.
- Сутінковий поріг (мін/макс) – 2/100 люкс.
- Ступінь захисту – IP65.
- Робочий діапазон температур (мін/макс) t°C - -25°C/+50°C.

Даний датчик має гарну герметичність, міцний корпус та захист від хибних спрацювань. Але він має високу собівартість та потребує професійного підключення.

Наступним розглянемо датчик ІЕК ФР601 – бюджетний варіант з можливістю регулювання, який зображено на рис. 2.15.



Рис. 2.15 Датчик освітленості ІЕК ФР601

Навантаження комутує реле електромеханічного типу. Поріг спрацювання регулюється за допомогою перемикача «LUX» в сторону «+», чи «-».

Основні характеристики:

- Тип – влаштований.
- Тип монтажу – відкрите встановлення.
- Можливість регулювання – так.
- Сутінковий поріг (мін/макс) – 5-50 люкс.
- Ступінь захисту – IP44.
- Робочий діапазон температур (мін/макс) $t^{\circ}\text{C}$ - $-25^{\circ}\text{C}/+45^{\circ}\text{C}$.

Даний датчик має бюджетну вартість, просте настінне встановлення, чуйна реакція. Та є і мінуси, швидко виходить з ладу, не підтримують великого навантаження та бояться перепадів температур.

Розглянемо наступний датчик Navigator NS-PS03-B, який зображено на рис. 2.16.



Рис. 2.16 датчик освітленості Navigator NS-PS03-B

Універсальний датчик для зовнішнього встановлення. Працює з різними типами ламп. Максимальне навантаження ламп розжарювання – 1,3кВт, люмінесцентних та світлодіодних ламп – 0,8 кВт. Монтуюється у вертикальному положенні на металеве кріплення, яким датчик укомплектований.

Основні характеристики:

- Тип – виносний.
- Тип монтажу – відкрите встановлення.
- Можливість регулювання – так.
- Сутінковий поріг (мін/макс) – 5 - 15 люкс.
- Ступінь захисту – IP44.
- Робочий діапазон температур (мін/макс) t°C - -25°C/+45°C.

Датчик даного типу простий у встановленні та невибагливий до умов монтажу. При цьому з основних мінусів недостатня герметичність [32].

Вирішенням вибору буде датчик Navigator NS-PS03-B, хоч він має недостатню герметичність, проте цей мінус можливо виправити. Спірним питанням є малий сутінковий поріг, хоча цей невеликий мінус не буде помітний при правильно вибраному місці встановлення датчику.

Висновки до розділу 2

У даному розділі була побудована структурна схема системи. Визначено складові елементи системи, а саме розглянуто існуючі елементи, що найбільше підходять для даної системи, розглянуто їх параметри та обрано ті, які будуть використовуватись у складі системи.

3. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1 Розробка та розрахунок принципової схеми блоку живлення

Блок живлення має початок зі стабілізатору напруги, на основі LN7812. На виході отримуємо 5В. Зауважимо, що на виході, струм даної мікросхеми не перевищує 1,5 А.

Початкові параметри на виході:

- $U_{\text{вих}} = 5\text{В.}$
- $I_{\text{вих}} = 1,5\text{А.}$

Першим етапом є розрахунок напруги, $U_{\text{вх}}$, що подається на вхід стабілізатора для отримання необхідної напруги $U_{\text{вих}} = 5\text{В.}$

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{ж}},$$

де $U_{\text{ж}}$ – падіння напруги на мікросхемі КР142ЕН9 (приблизно 2,5 В.)

$$U_{\text{вх}} = 5 + 2,5 = 7,5 \text{ (В)}$$

Другий етап – розрахунок потужності розсіювання на мікросхемі стабілізатора, за формулою:

$$P_{\text{роз}} = (U_{\text{вх.ст}} - U_{\text{вих}}) * I_{\text{вих}}$$

$$P_{\text{роз}} = (7,5 - 5) * 1,5 = 3,75\text{Вт}$$

Вивчаючи технічну документацію мікросхеми LN7812, було виділено пункт до вимог щодо ємності конденсатору С1 та С2.

Конденсатор С1 – може використовуватись в ролі вхідної ємності стабілізатора, але при умові його розташування не менше 7 см., від самої мікросхеми. Конденсатор С1 повинен мати об'єм більше 2,1 мкФ якщо це керамічний, або більше 10 мкФ якщо це алюмінієвий конденсатор.

Вище було підмічено, що С1- конденсатор згладжувального фільтру, який можна розрахувати за формулою:

$$C1 = 3200 * \frac{I_{\text{н}}}{(U_{\text{н}} * k_{\text{п}})}$$

де k_{π} - коефіцієнт пульсації випрямленої напруги, U_{π} – напруга на навантаження, I_{π} – максимальний струм навантаження. Для даного випадку $U_{\pi} = U_{\text{вх.}}$, $I_{\pi} = 1.5\text{A}$.

Коефіцієнт пульсації випрямленої напруги візьмемо з умови до пульсації напруги у джерела живлення (не перебільшую 0,01)

$$C1 = 3200 * \frac{1,5}{(7,5 * 0,01)} = 64000 \text{ (мкФ)}$$

Розраховане значення є завищеним, пояснюється це високими вимогами до пульсації. Ємність допускається зменшити в кілька разів завдяки стабілізації напруги.

Конденсатор $C2$ – є вихідним конденсатором, його функцією зменшення опору на виході та згладжування пульсацій випрямленої напруги. В примітках до конденсатору $C2$ вказано про необхідність конкретно керамічних конденсаторів, ємність яких щоб не була менше за 1 мкФ, у випадку використання алюмінієвого конденсатору, то ємність не має бути менше 10мкФ.

За для стабільної роботи конденсаторів даного типу вибирають напругу на 25% більше за напругу U_{π} , розраховуються на напругу роботи більшу за

$$7,5 * 1,25 = 9,375 \text{ (В)}$$

Проведемо розрахунок напруги вторинної обмотки трансформатора U_2 , при цьому врахувавши дану залежність.

$$U_2 = U_{\text{випр}} + U_{\text{втр}}$$

Де: $U_{\text{випр}}$ – напруга на виході діодного мосту.

$U_{\text{втр}}$ – напруга яка втрачається на діодах

$$U_{\text{випр}} = U_{\text{вх.ст.}} / \sqrt{2}$$

Дана формула показує, що є збільшення значення напруги випрямлення конденсатором фільтру в 1,41 рази. В результаті на виході отримуємо рівну напругу, яка рівна:

$$U_{\text{випр}} = \frac{7,5}{\sqrt{2}} = 5,3 \text{ (В)}$$

Наступним етапом оцінимо втрати ($U_{\text{втр}}$). При р-п переході, йде зміщення падіння напруги приблизно 0,6 (В). В двопівперіодній мостовій схемі випрямляча є два діоди прямого зміщення одночасно, і результаті отримуємо:

$$U_{\text{втр}} = 0,6 * 2 = 1,2 \text{ (В)}$$

З отриманих даних визначимо U_2

$$U_2 = 5,3 + 1,2 = 6,5 \text{ (В)}$$

Далі розрахуємо струм вторинної обмотки I_2

$$I_2 = 1,5 * I_{\text{н}};$$

$$I_2 = 1,5 * 1,5 = 2,25 \text{ (А)}$$

Наступний крок – розрахунок потужності P_2 , яка споживається випрямлячем від вторинної обмотки:

$$P_2 = U_2 * I_2$$

$$P_2 = 6,5 * 2,25 = 14,6 \text{ (Вт)}$$

Розрахуємо потужність самого трансформатора:

$$P_{\text{тр}} = 1,25 * P_2$$

$$P_{\text{тр}} = 1,25 * 14,6 = 18,281 \sim 18,3 \text{ (Вт)}$$

Далі розрахуємо струм, що протікає в первинній обмотці:

$$I_1 = P_{\text{тр}} / U_1$$

$$I_1 = \frac{18,281}{220} = 0,083 \text{ (А)}$$

Переріз осердя магнітопроводу, а конкретно – площу, буде розраховано за формулами:

$$W_1 = 50 * \frac{U_1}{S}$$

$$W_2 = 50 * U_2 / S$$

$$W_1 = 50 * \frac{220}{7,5} \approx 1467 \text{ (од.)}$$

$$W_2 = 50 * \frac{6,5}{7,5} \approx 43 \text{ (од.)}$$

Щоб отримати параметри діаметру мідного дроту, скористаємось формулою:

$$d_1 = 0,7 * \sqrt{I_1}$$

$$d_2 = 0,7 * \sqrt{I_2}$$

$$d_1 = 0,7 * \sqrt{0,083} = 0,201 \text{ (мм)}$$

$$d_2 = 0,7 * \sqrt{2,25} = 1,5 \text{ (мм)}$$

З отриманих даних можемо розробити схему електричну принципову блоку живлення. Схема блоку живлення зображена на рис. 3.1. Дана схема електрична принципова побудована за допомогою спеціалізованого комп'ютерного додатку «sPlan 7.0»

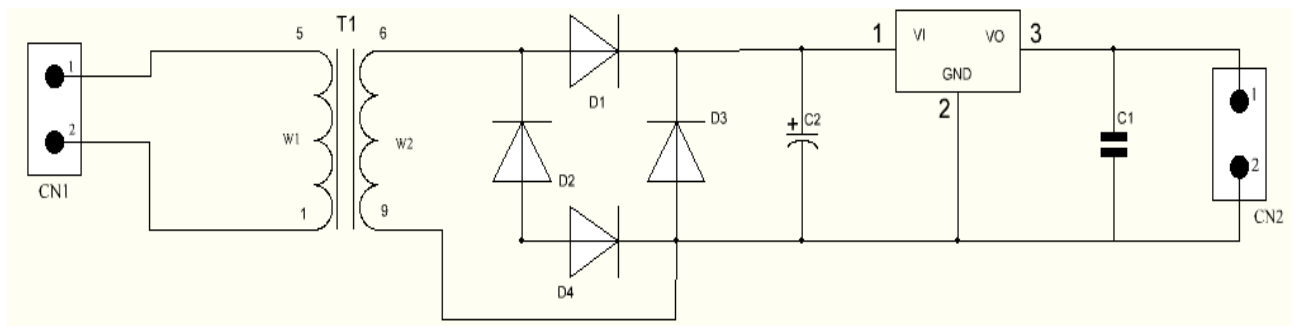


Рис. 3.1 Блок живлення $U_{\text{вих}} = 5\text{В}$. Схема електрична принципова

3.2 Схема електрична принципова блоку живлення

Блок живлення Meanwell LRS-350-12, зображення блок схеми представлено на рис. 3.2

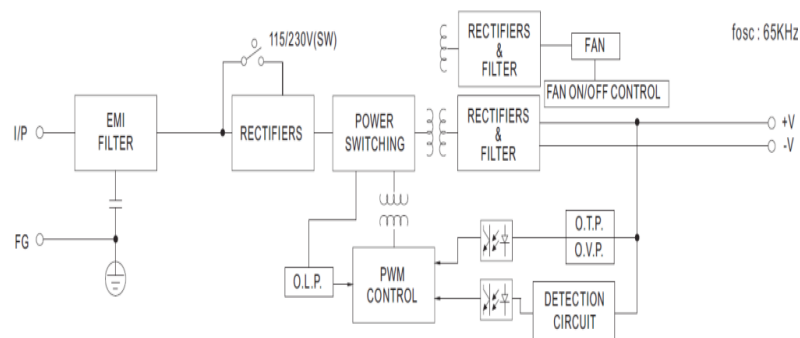


Рис. 3.2 Блок-схема імпульсного джерела живлення

Даний блок живлення має можливість зміни діапазону напруги живлення, 115/230 Вольт. Це передбачено для різних джерел живлення в різних країнах. Є підстроювальний резистор, який має можливість регулювання вихідної напруги від 9,7 до 14 вольт. Індикація наявності вхідної напруги та вентилятор охолодження, який автоматично вмикається та вимикається, в залежності навантаження. Однією з ключових особливостей БЖ цієї серії, є його розміри, що є великим плюсом при монтажі.

Наступним рис. 3.3 зображено залежність навантаження від температури навколишнього середовища..

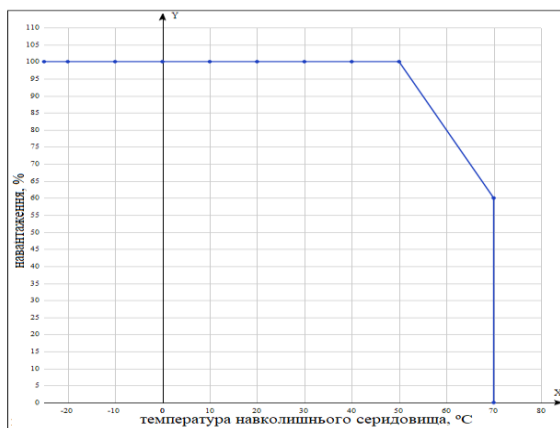


Рис. 3.3 Залежність навантаження від температури навколишнього середовища

На рис. 3.4 зображено обраний блок живлення Meanwell LRS-350-12

Конденсатори на вході встановлені з ємністю в 560мкФ та напругою 200 вольт – встановлені послідовно, оскільки є перемикач діапазону вхідної напруги. Діодний міст та транзистори інвертору закріплені на корпусі, який виконує роль радіатора.

Трансформатор низько профільний, судячи з первинної обмотки, намотка зроблена в два етапи, спочатку перша частина, далі вторинні обмотки, потім вже друга частина. Для вторинної обмотки використаний багатожильний дріт.

На виході маємо чотири конденсатори ємністю 470мкФ, Rubycon серії ZLN.

Інвертор має пару транзисторів 18n60m2. На вході встановлений раніше згаданий такий діодний міст, як KBJ1008G. На виході не звична конфігурація діодів. Зазвичай встановлюються одного типу, то в даному блоці живлення встановлені діодні складання різного типу та з різним виконанням корпусу. В якості ШІМ контролера працює одноканальний NCP1252 .

В даташиті на блок живлення є блок-схема, яка раніше згадана на рис. 3.2, в якій можемо побачити наявність комплексу захисту:

- OLP – захист від перенавантаження за потужністю.
- OTP – захист від перегріву.
- OVP – захист від перенапруги на виході.

Підведемо підсумок, з даної схеми видно що :

- Термістори встановлені на кожному з полюсів живлення, причому після діодного мосту.
- Є вузол, який контролює вхідну напругу на окремому транзисторі.
- ШІМ контролер.
- Блок живлення побудований за так званою технологією «косий міст». Простими словами прямо ходовий одноканальний блок живлення.

- Транзистори, що встановлені на виході керуються через трансформатор розв'язки.
- Є первинний ланцюг, в якій встановлений семістор який використовується для блокування роботи контролера, шляхом замкнення його живлення. Керування відбувається оптроном завдяки спрацюванню при перегріві чи перевантаженні.
- Для вентилятору охолодження встановлений окремий випрямляч, а й стабілізатор напруги .
- За керування вентилятором відповідає вузол з TL431, до якого під'єднаний терморезистор, що встановлений поруч з вихідним дроселем [33].

3.3 Схема електрична принципова адресного підсилювача сигналу керування

SPI підсилювач сигналу SP901E для адресної світлодіодної стрічки, схема електрична принципова якого зображена на рис. 3.5.

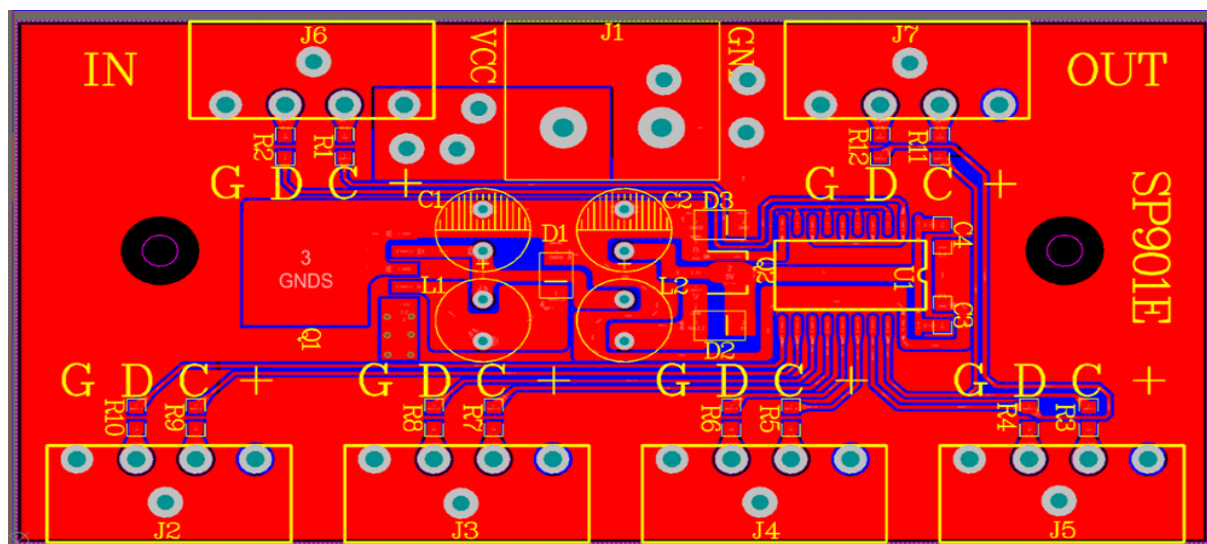


Рис. 3.5 Підсилювач сигналу SP901E. Схема електрична принципова

Даний підсилювач розрахований на доволі широкий діапазон робочої напруги, а саме DC 5V-24V. На підсилювач має подаватись робоча напруга такою ж самою, яка потребується світлодіодною стрічкою, оскільки можливості регулювання напруги даний підсилювач не має. Проте напруга від контролеру керування, який подає сигнал – може бути меншою [34].

3.4 Схема електрична принципова підсилювача RGB світлодіодної стрічки

RGB підсилювач світлової стрічки, схема якого зображена на рис. 3.6

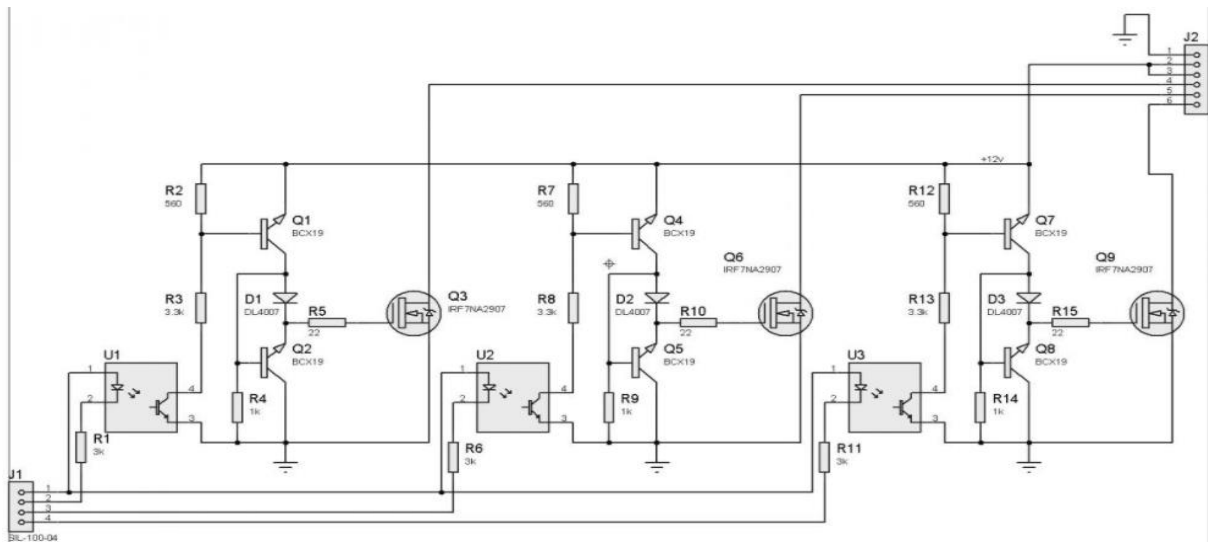


Рис. 3.6 RGB підсилювач. Схема електрична принципова

Перевага використання RGB підсилювача

Підсилювач RGB використовується при послідовному підключенні декількох світлодіодних стрічок, та подає струм від блоку живлення до кожного відрізка стрічки. Сам RGB підсилювач – це невеликий блок, який з'єднує відрізки світлодіодної стрічки, чи то отримує сигнал з контролеру, щоб відправити вже посилений сигнал да світлодіодну стрічку. Також при цьому всьому живлення до підсилювача поступає напругу від блоку живлення.

В першу чергу підсилювач RGB знижує навантаження на контролер керування яскравості, зміни кольору та інші властивості контролера. Всі частини стрічки підключені до одного контролера, що дає синхронне керування всією стрічкою RGB. За стабільне живлення несе відповідь саме RGB підсилювач [35].

3.5 Схема електрична принципова мікроконтролера ESP – 32

Контролер ESP – 32 Espressif ESP-WROOM-32, схема електрична принципова якого зображена на рис. 3.7

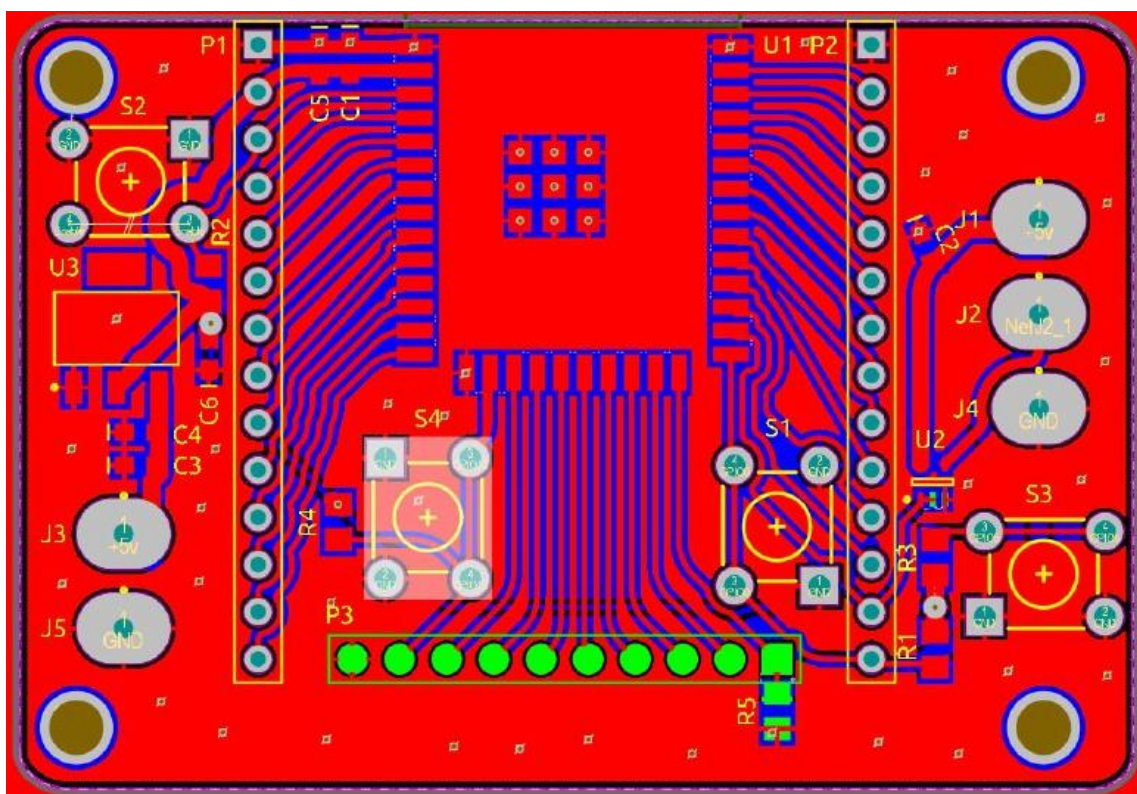


Рис. 3.7 Контролер ESP – 32 Espressif ESP-WROOM-32. Схема електрична принципова.

Мікроконтролер ESP – 32 має дуже широкі функціональні можливості, Великою кількістю периферійних інтерфейсів, що застосовується

термінологія «система ESP – 32». Додатково встановлені наступні конструктивні можливості:

- USB/UART конвертер, що дає можливість підключення до USB комп'ютера.
- Стабілізатор напруги живлення самого модулю.
- Дві кнопки, а саме: кнопка скидання та кнопка завантаження.
- Світлодіод інформування роботи мікроконтролера.
- Автоматичний режим завантаження FLASH мікроконтролера з комп'ютеру.
- Контакти для підключення до мікроконтролера виведені на край плати.

Елементи модуля ESP-WROOM-32 визначають функціональні можливості та параметри плати [36,37].

3.6 Розробка алгоритму роботи СІОФ

На рис. 3.8 наведено алгоритм роботи СІОФ.

- Зона 1 – Light box та контражур фасад лицьової частини даху
- Зона 2 – Декоративна частина колон фасаду
- Зона 3 – Light boxes колон фасаду, частина 1
- Зона 4 – Light boxes колон фасаду, частина 2
- Зона 5 – Light boxes колон фасаду, частина 3
- Зона 6 – Light boxes колон фасаду, частина 4

Опис алгоритму роботи:

1. Початок роботи – запуск плати керування ESP – 32;
2. Послідовна перевірка кожної з зон на працездатність:
 - 2.1. Зона 1. Light box та контражур фасад лицьової частини даху;
 - 2.2. Зона 2. Декоративна частина колон фасаду;

- 2.3. Зона 3. Light boxes колон фасаду, частина 1;
 2.4. Зона 4. Light boxes колон фасаду, частина 2;
 2.5. Зона 5. Light boxes колон фасаду, частина 3;
 2.6. Зона 6. Light boxes колон фасаду, частина 4.

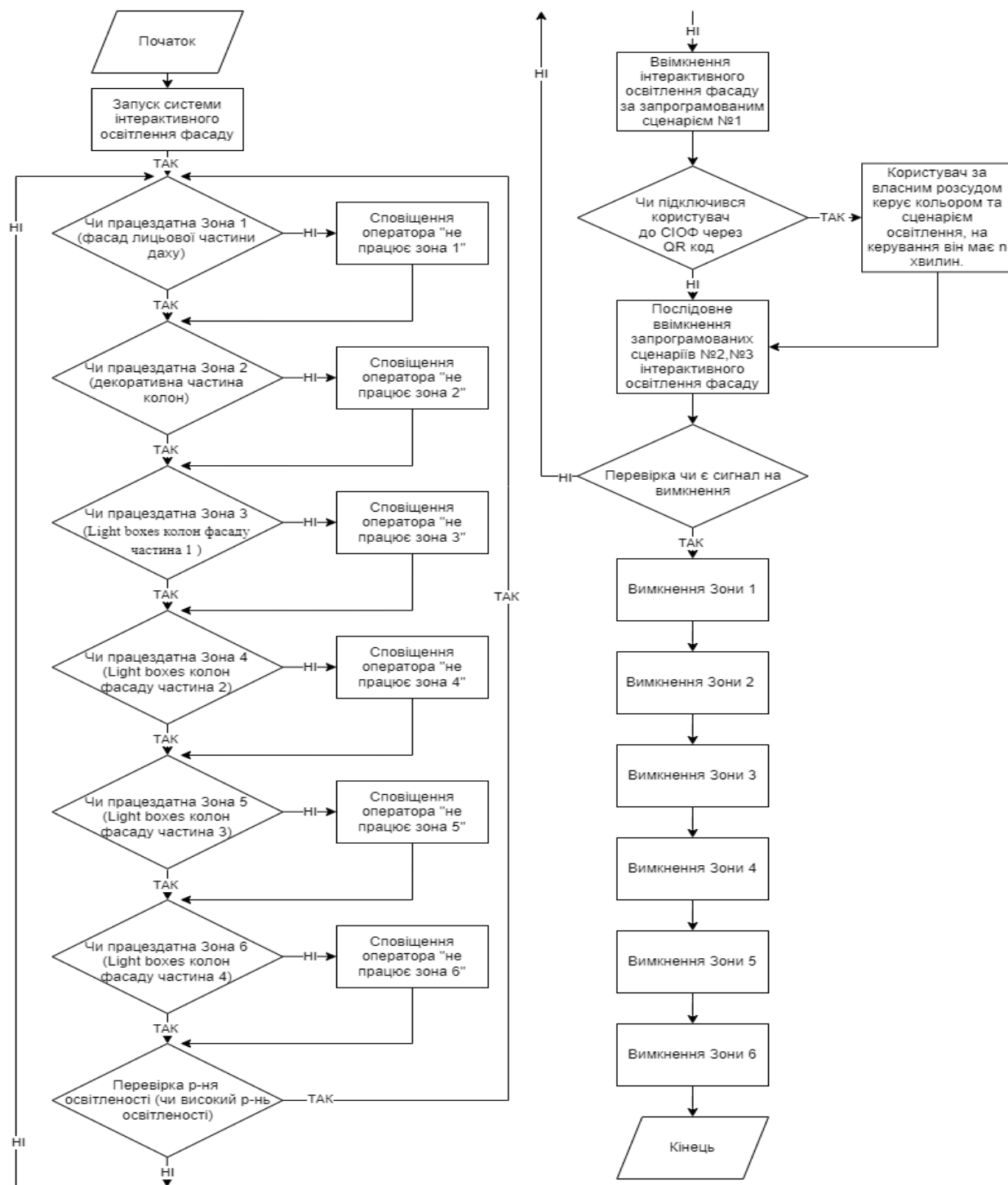


Рис. 3.8 Алгоритм роботи СІОФ

3. Сповіщення адміністратора (технічного оператора) системи у випадку відмови тієї чи іншої зони;

4. Перевірка рівня зовнішнього освітлення:

4.1. Рівень високий – система повертається до пункту 2 опису алгоритму роботи, та проводить повторну діагностику;

4.2. Рівень низький – ввімкнення інтерактивного освітлення фасаду.

5. Перевірка підключення до керування системи інтерактивного освітлення користувачем за допомогою QR-коду.

5.1. Користувач підключився – системою інтерактивного освітлення керує користувач n-хвилин;

5.2. Користувач не підключився – система послідовно вмикає запрограмовані стандартні сценарії інтерактивного освітлення фасаду.

6. Перевірка чи є сигнал на вимкнення:

6.1. Сигнал відсутній – повернення до пункту 2 опису алгоритму роботи.

6.2. Сигнал відсутній – відбувається послідовне вимкнення освітлення кожної з зон.

Висновок до розділу 3

У даному розділі до вже побудованої структури структурної схеми, було розроблено та визначено елементи блоку, визначені параметри. Побудований та описано алгоритм роботи системи інтерактивного освітлення фасаду.

Розроблені принципові схеми мають такі параметри:

- Живлення від мережі 220В.
- Стабілізація напруги та струму.
- Захист від короткого замикання.
- Можливість керування кольорами та яскравістю світлових елементів.

- Мале споживання електроенергії.
- Доволі велика надійність.

4. ІНТЕРАКТИВ ТА УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ СИСТЕМИ

4.1 Приклад роботи програмного забезпечення для 3-ї особи

Батьки, школярі, студенти, просто люди що гуляють або абітурієнти які в пошуку факультету та інституту для вступу, проходячи повз навчального корпусу Факультету електроніки, обов'язково звернуть увагу на встановлену систему інтерактивного освітлення фасаду, яка яскраво та красиво підсвічує фасад будівлі, і яка без сумніву приверне увагу та сподобається людям. Поруч з центральним входом до навчального корпусу, можна побачити банер, який зображений на рис. 4.1.



Рис. 4.1 Зображення банеру з інструкцією та QR – кодом.

Кожна людина має можливість прийняти участь у керуванні системою освітлення фасаду завдяки інтерактивній системі, для цього потрібно зробити наступне:

1) Включити Wi-Fi у своєму смартфоні, та знайти мережу «FEL_Interactive», до якої потрібно під'єднатися.

2) Наступним пунктом є сканування QR – коду за допомогою сканеру на смартфоні.

Виконавши сканування QR – коду, система, скориставшись стандартним браузером смартфона направить користувача на першу сторінку керування, яка зображена на рис. 4.2.



Рис. 4.2 Зображення першої сторінки керування системою «Початок»

3) Третім кроком користувач має натиснути кнопку «Розпочати», що перенесе його до наступної сторінки, зображеної на рис. 4.3.

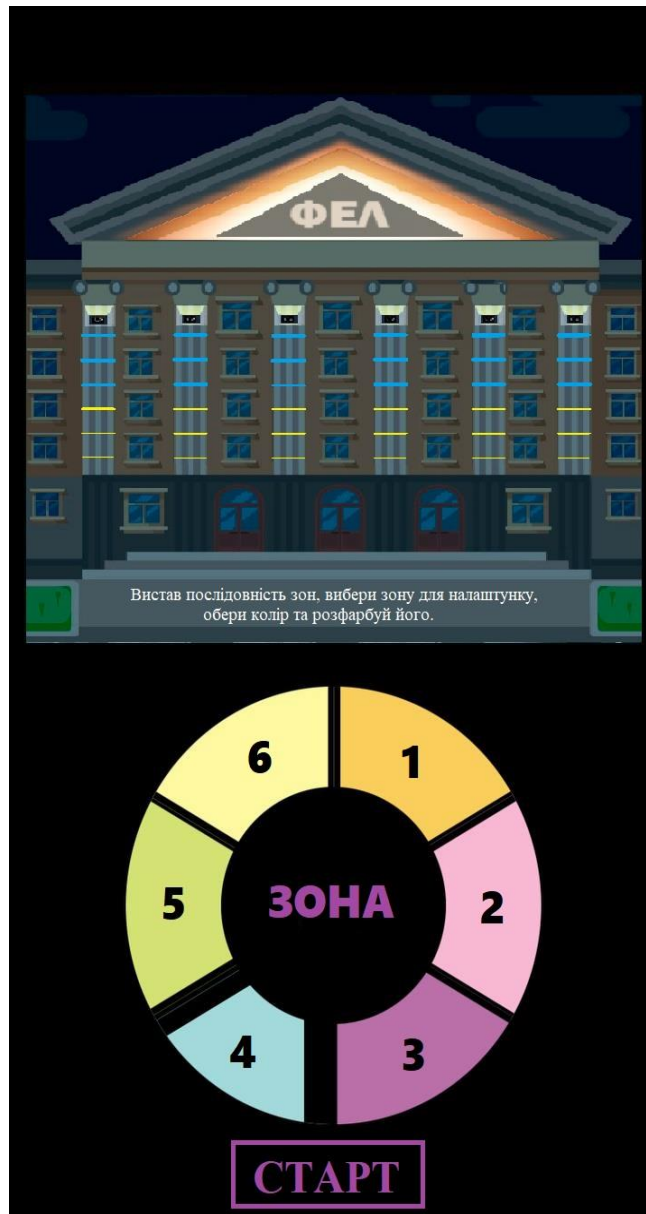


Рис. 4.3 Зображення другої сторінки керування системою, «Налаштування сценарію та вибір кольору»

На цьому етапі користувач має можливість налаштування сценарію засвічування зон, та натиснувши на ту чи іншу кнопку з порядковим номером зони, має можливість індивідуального налаштування зони, її кольору і т.п.

4) Налаштувавши сценарій та кольори світіння, наступної дією є натискання кнопки «Старт», після чого налаштування користувача відобразяться на фасаді будівлі, залишаючись на даній сторінці, користувач має можливість внесення змін в налаштуваннях світіння зони. На можливість

користуванням інтерактивної системою, користувач має n – хвилин, які запрограмовані в системі. По завершенню запрограмованого часу, користувач буде автоматично відключений від сторінки керування системою, і буде перенесений на сторінку системи зображену на рис. 4.4.



Рис. 4.4 Зображення третьої сторінки керування системою, «Кінець»

Дана сторінки інформує про час через який користувач має можливість повторного підключення до системи задля керування системою. На даній сторінці присутня кнопка, яка виконує подвійну функцію, а саме це реклама Факультету електроніки та можливість переходу на сайт факультету для ознайомлення про те що собою він уявляє, які є кафедри і т.п. На рис. 4.5 та 4.6 зображено можливі варіанти налаштувань підсвічення фасаду будівлі за допомогою інтерактивної системи.



Рис. 4.5 Перший приклад налаштувань освітлення фасаду інтерактивною системою



Рис. 4.6 Другий приклад налаштувань освітлення фасаду інтерактивною системою

4.2 Програмна реалізація системи інтерактивного освітлення фасаду будівлі

Як середовище розробки для ESP-32 використано Arduino IDE, оскільки дана середовище розробки є універсальною та відповідає всім основним вимогам:

- безкоштовне;
- вихідний код є відкритим;
- простота у використанні, встановлення і налаштування є доволі легким;
- великий вибір бібліотек, які сприяють розшифруванню функціоналу коду програми.

Інтерфейс середовища Arduino IDE зображені на рис. 4.7.

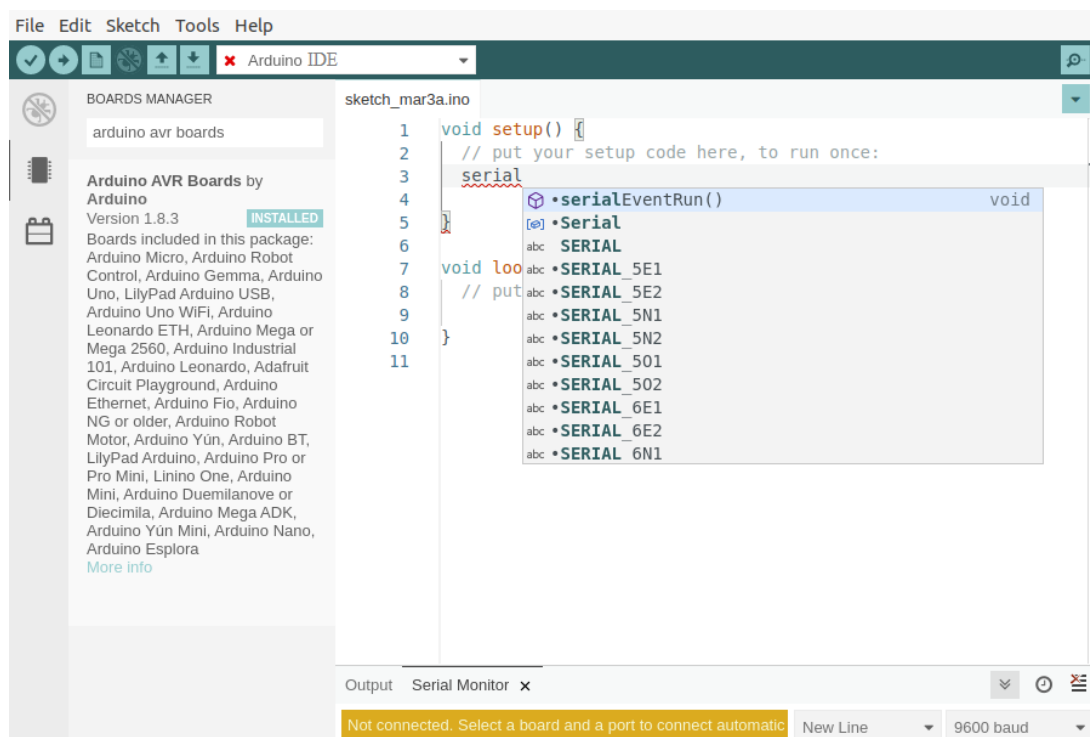


Рис. 4.7 Інтерфейс середовища програмування Arduino IDE

Для використання програмування ESP-32 було обрано мову C++. Дана мова є багатофункціональною і не вибаглива для додаткових налаштувань в використовуваному середовищі Arduino IDE, є найбільш широко використовуваною і поширеною мовою програмування.

C/C++ - є об'єктно-орієнтованою мовою програмування, яка забезпечить модульність, компіляцію, абстракцію, обробку винятків. Дана мова використовується у таких випадках як програмне забезпечення та розробці програмування драйверів для пристроїв різного типу.

На рис. 4.8 показано частину коду реалізації Wi-Fi мережі.

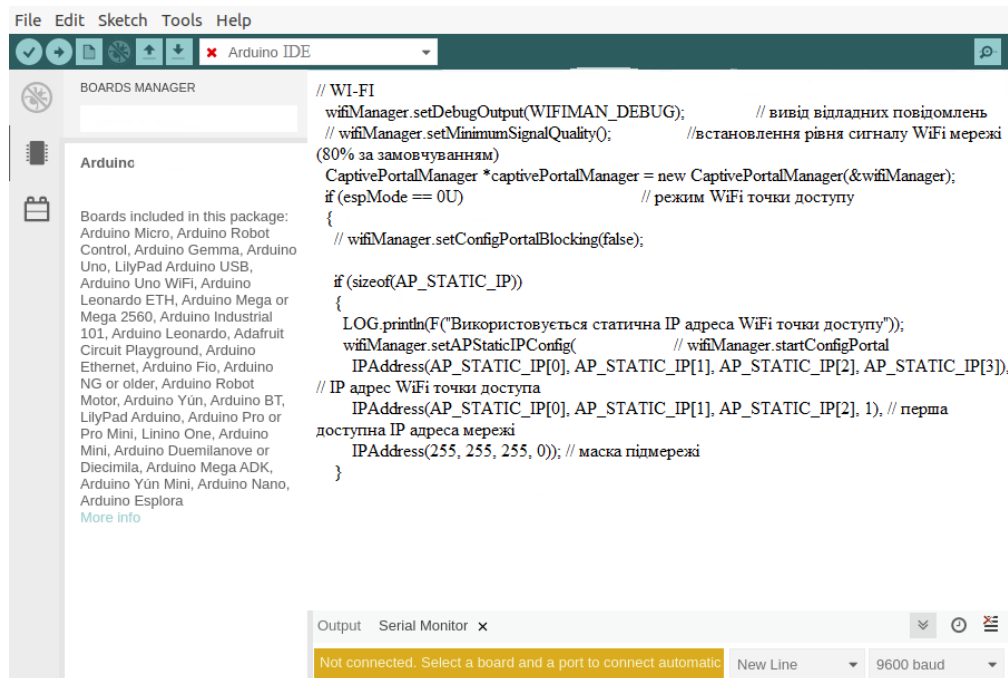


Рис. 4.8 Реалізація Wi-Fi мережі

На рис. 4.9 зображено частину коду роботи світлодіодів

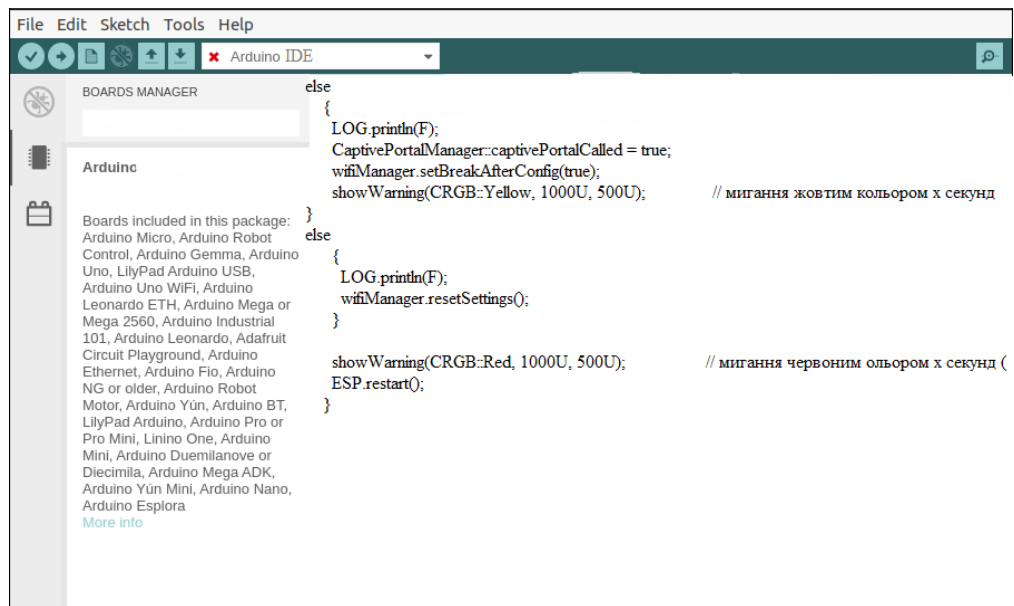


Рис. 4.9 Код роботи світлодіодів

Висновок до розділу 4

Для керування системою інтерактивного освітлення фасаду зональну систему, яка сприяє підбору недорогих але практичних елементів, а також спрощує розробку, оскільки програмуванню підлягає лише один мікроконтролер. Розглянуто приклад роботи реального програмного забезпечення для 3-ї особи. Інформація з датчику надходить на мікроконтролер, який обробляє і здійснює впливи. Центральний мікроконтролер складається з ESP-32, а для програмування використано C++.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1 Можливість запуску проекту

Розробка стартап проекту основана на розробці мікроконтролера керування системи інтерактивного освітлення фасаду.

Проаналізовано та розроблено у вигляді таблиць:

- зміст ідеї;
- напрямки застосування;
- вигоди, що отримує користувач;
- відмінність від аналогічних систем [38].

В табл. 5.1 представляє собою описання стартап проекту.

Таблиця 5.1

Опис ідеї стартап проекту

Зміст	Напрямок застосування	Переваги
Цифрова система інтерактивного освітлення фасаду	1.Вартість	Економічна ефективність
	2.Потужність	Енергоефективність

Аналіз переваг порівняно з пропозицією конкурентів передбачає в собі:

- Визначення та перелік економічних властивостей і характеристик;
- Визначення конкурентів або товарів які виступають аналогом чи заміном, які вже є на ринку, збір інформації про показники для ідеї власного проекту. Аналоги представленої систем керування наведені в [9].

5.2 Технологічний аудит

Проведено аудит технології, за допомогою якої виходить реалізувати проект.

Предбачається аналіз здійснення ідеї проекту побудований табл. 5.2:

- Технологія виготовлення товару;
- Така технологія потребує розробки чи вже є існуюча;
- Доступність технології.

• Таблица 5.2

• Технологічність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології	Наявність технології	Доступність технології
1	Система інтерактивного освітлення фасаду	Спеціальне ПЗ	є	так
		Програмні засоби	є	так

5.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Визначення можливості, задля використання для впровадження проекту, і загроз, що можуть виступити перешкодою реалізації, дозволяє спрямувати розвиток проекту та урахування стану середовища ринку, потреб клієнтів і урахуванням пропозицій конкурентів. Аналіз попиту розписаний на таблиці 5.3.

Таблица 5.3

Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Стан ринку, його показники	Хар-ка
1	Кіль-сть гравців, од	1
2	Обсяг продаж в загальному виді, грн/ум.од.	100000
3	Ринок та його динаміка	Йде на зростання
4	Вимоги до стандартизації та сертифікації	Є
5	Норма рентабельності по ринку, сер. %	99%

Рентабельність, а саме середня норма має порівняння з банківським відсотком на вкладення. Виходячи з попередніх результатів оцінювання – ринок є привабливий для входження.

Наступним є визначення потенційних клієнтів, також їх характеристики, та формування орієнтовних вимог для товару, зображено на таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№ п/п	Потреба, яка формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Низьке пере-регулювання	Користувачі підсвіченням (наприклад торгові центри)	Особливості купівлі та експлуатації, через що, формуються потреби та поведінка клієнта.	Низьке енергоспоживання та пере-регулювання.

По завершенню визначенню потенційних груп клієнтів, проведено аналіз середовища ринку: таблиця фактору, що сприяє впровадженню проекту, і фактору, що може перешкоджати.

Фактор загроз представлений у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Наявність кваліфікованих	Потрібні люди з досвідом роботи з	Пошук кваліфікованого персоналу

	кадрів	розробки ПЗ	
2	Потреба в ресурсах	Необхідні умови для тех. реалізації.	Владання договору з організаціями

Наступним етапом аналізовано пропозиції: визначення загальних рис конкуренції на ринку, що і представлено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Олігополія	Ринок має відносно невелику кількість рішень систем керувань інтерактивних освітлень фасаду	Підвищення якості товару за рахунок використання нових технологій
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Територіальне місцезнаходження фірм не обмежене.	Створення веб-сайту компанії
3. За галузевою ознакою: внутрішньо галузева	Економічна боротьба між різними виробниками товару, які дають в одній галузі економіки, виробляють і реалізують однакові товари та технології, що задовольняють одну й ту саму потребу.	Слідкувати за новітніми технологіями, та розробками конкурентів

На прикладі аналізу конкуренції, представленого в таблиці 5.6, і урахуванням характеристику проекту, вимог споживачу до товару визначено і обґрунтовано перелік факторів конкурентно спроможних. Аналіз оформлено таблицею 5.7.

Таблиця 5.7

Обґрунтування факторів конкурентно спроможності

№	Фактор конкурентно	Обґрунтування
---	--------------------	---------------

п/п	спроможності	
1.	Ступінь задоволення потреб користувача	Низьке пере-регулювання
2.	Якість розробки з точки зору оптимальності показників надійності	Ефективність
3.	Економічний	Середня ціна продукту

За визначеними факторами конкуренто спроможності проводиться аналіз слабого та сильних сторін стартап проекту, який представлено на таблиці 5.8

Таблиця 5.8

Порівняльний аналіз сильних та слабих сторін проекту

№ п/п	Фактор конкуренто спроможності	Бали 1-20	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ступінь задоволення потреб користувача	20							+
2.	Якість розробки з точки зору оптимальності і надійності	20							+
3.	Економічний	20							+

Для роботи сформовано базову стратегію розвитку, яка оформлена у вигляді таблиці 5.9

Таблиця 5.9

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Надання товару, який важливий з точки зору споживача відмітних властивостей, що і роблять товар відмінним від товару конкурентів	Формування попиту на високо ефективну систему	Стратегія лідерства диференції

Далі є вибір стратегії поведінки конкуренції, що представлена на таблиці 5.10

Таблиця 5.10

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першо- прохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкуренту?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Так	Ні	Стратегія «лідер»

Визначимо стратегію позиціонування, що представлена на таблиці 5.11.

Таблиця 5.11

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару	Стратегія розвитку	Конкурентні спроможні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціації, яка має сформулювати комплексну позицію власного проекту
1	Система керування мікроконтролером має бути ефективною	Диференціація	Доступність, невисока ціна, доволі висока якість	Надійність

5.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У табл. 5.12 представлені визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

Таблиця 5.12

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Ефективна система	Енергоефективність, дешевизна	Підвищення ефективності, надійність програми в роботі

Наступний етап - це розробка маркетингової моделі, що передбачає визначення ідеї продукте де представлені на таблиці 5.13.

Таблиця 5.13

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Цифра системи інтерактивного освітлення фасаду		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристика	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Вартість у порівнянні з конкурентом	М	Е
	2. Висока надійність	М	Е
	3. Легкість управління	М	Е
	Якість: розробляється відповідно до дійсних стандартів, низькі витрати потужності		
	Марка:		
III. Товар із підкріпленням	До продажу можливий аналіз та усунення несправності		
	Після продажу обслуговування, налаштування.		

Визначення меж встановлення ціни представляється наведено в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни та товар/послуга
1	90тис. грн	80 тис. – 200 тис. грн	500 тис. грн	65 тис. – 130 тис. грн

Оскільки налаштування системи освітлення фасаду потребує певних професійних навиків від персоналу і системні налаштування індивідуально

для кожного клієнта, то збут доцільно проводити власними силами без посередників [38].

Висновок до розділу 5

1. Розроблено стартап-проект щодо розробки системи інтерактивного освітлення фасаду.

2. Проаналізовано потенційні техніко-економічні переваги порівняно з пропозиціями конкурентів. Визначено, що технологія переважає найближчих конкурентів в економічних характеристиках.

3. Розглянуто ринкові можливості та загрози, які складають на основі аналізу факторів загроз можливості та загроз маркетингового середовища.

4. В результаті аналізу визначено, що верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу – 65 тис – 130 тис грн.

ВИСНОВКИ

У ході магістерського проекту було досліджено актуальність автоматичних систем освітлення, досліджено актуальність теми систем інтерактивного освітлення фасаду, по факту чого було розроблено лістинг програми з можливістю керування системою третіми особами. А саме дозволяє змінювати сценарій у певній будівлі, корегувати кольори освітлення та є можливість подальшої модернізації системи.

По завершенню було отримано програмне забезпечення такого функціоналу: повний контроль освітленням фасаду, його повне керування, керування сценарієм та кольоровою гаммою, що є інтерактивом системи, адаптація до зовнішнього освітлення за допомогою можливості прив'язки до часу доби та можливість автоматичного ввімкнення та вимкнення за

допомогою датчика зовнішньої освітленості, який спрацьовує від сходу або заходу сонця.

Правильно обрані економні сучасні комплектуючі системи та правильно прописаний лістинг дозволяє системі працювати без збоїв, давати можливість під'єднуватись користувачам за QR – кодом та від'єднувати користувачів за запрограмованим часом, і головне дотримуватись криптографічної стійкості та безперебійної роботи. Данною системою мають можливість користуватись різні користувачі, як Android так і Apple.

Система інтерактивного освітлення фасаду має доволі високу ступінь ефективності, має великий спектр використання та потенційність до модернізації.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державні будівельні норми [Електронний ресурс]
<https://diam.gov.ua/normativno-pravovi-akti/derzhavni-budivelni-normi>
2. Постанова кабінету міністрів України №992 про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму [Електронний ресурс]
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/992-2012-%D0%BF#Text>
3. Постанова кабінету міністрів України №340 про затвердження Технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/340-2015-%D0%BF#Text>
4. Ю. Громадський, С. Облакевич, М. Громадський; Г. Фаренюк, Є. Фаренюк, О. Підгорний, О. Сергейчук, О.Козенко; В.Бандура. Державні будівельні норми України, ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ – Київ 2018.
5. Протокол Lon Works [Електронний ресурс]
https://knx24.com/news/base/protokol_lonworks/
6. О. S.K., Automation of electrical equipment and power supply systems; Gomel State Polytechnic College - Gomel. 2007.
7. “Automation of engineering networks. Ways to remotely control street lighting.” [Електронний ресурс] <http://antrel.ru/node/90>.
8. В. Т. А. Vstavskaya E.V., “Construction of control systems for complex outdoor lighting systems.”
9. Totsenko, V. O., Saryboha, H. V., & Bevza, O. M. (2020). Автоматична система освітлення території підприємства. Електронна та Акустична Інженерія, 3(4), 28–33. <https://doi.org/10.20535/2617-0965.2020.3.4.200283>

10. Васіна,Є.О. Автоматизована система керування мультизованим освітленням будівлі : дипломна робота бакалавра : 121 Інженерія програмного забезпечення. – Київ, 2021. – 83 с.
11. Casambi [Електронний ресурс]: <https://casambi.center/7ways>
12. Освітлення фасадів: найбільш важливі аспекти [Електронний ресурс]:<https://blog.mehbud.com.ua/uk/facade/osvitlennja-fasadiv-najbilsh-vazhlivi-aspekti/>
13. Пристрій збору даних на базі ESP-32. Шифр“ESP-32” [Електронний ресурс]: <https://nure.ua/wp-content/uploads/2020/Konkurs/esp-32.pdf>
14. Модулі серії ESP-32 [Електронний ресурс]: <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32>
15. ScienceDirect Microcontroler [Електронний ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/microcontroller>
16. ESP32 Series Datasheet [Електронний ресурс]: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
17. Головний сайт компанії, опис проектів [Електронний ресурс]: <https://www.espressif.com/en>
18. Din Connector [Електронний ресурс]: <https://www.electronics2000.co.uk/pin-out/dincon.php>
19. Products & Solutions [Електронний ресурс]: <https://www.espressif.com/en/company/about-us/what-we-do>
20. Контролер NodeMcu v2 Amica Wi-Fi на ESP8266 + CP2102 [Електронний ресурс]: <https://robototehnika.ru/e-store/catalog/427/2318/>
21. Адресна світлодіодна стрічка [Електронний ресурс]: <https://ledtechnics.dp.ua/ua/g70964369-smart-adresnaya-pikselnaya>
22. Адресна світлодіодна стрічка WS2812B ардуіно [Електронний ресурс]: <https://xn--18-6kcdusowgibt1a4b.xn--p1ai/ws2812b-arduino/>
23. Wire Signal Redundant Version [Електронний ресурс]: <http://www.world-semi.com/>

24. SPI підсилювач сигналу SP901E для адресної світлодіодної стрічки [Електронний ресурс]: <https://i-market.com.ua/ua/p1470079577-spi-usilitel-signal.html>

25. Аналоговий RGB підсилювач [Електронний ресурс]: <https://led.kiev.ua/novosti/ot-led-group/dlja-chego-nuzhen-usilitel-rgb/>

26. Імпульсний блок живлення [Електронний ресурс]: <https://worldvision.com.ua/ua/impulsnye-bloki-pitaniya/>

27. LRS-350-12 MEAN WELL Блок живлення 348 Вт., 29 А. [Електронний ресурс]: <https://meanwell.in.ua/acdc/lrs-350-12>

28. MEAN WELL 350W Single Output Switching Power Supply [Електронний ресурс]: <https://www.meanwellusa.com/upload/pdf/LRS-350/LRS-350-spec.pdf>

29. Світлодіодна стрічка REN/RGB 12V DC IP65 [Електронний ресурс]: <https://svetteh.com.ua/ua/p1313844023-svetodiodnaya-lenta-renrgb.html>

30. Rishang R6060AQ. 5050SMD, 60 LEDs/m, 12V DC, constant voltage, waterproof RGB flexible strip with controller [Електронний ресурс]: <https://svetodiody.com.ua/content/files/r6060aq-spec-41932137.pdf>

31. Датчик освітлення [Електронний ресурс]: <https://smarthof.ru/info/datchik-osveshheniya%20/>

32. ТОП-5 вуличних датчиків освітлення для вмикання світла [Електронний ресурс]: https://sovet-ingenera.com/elektrika/rele/datchik-osveschennosti-dlya-vklyucheniya-sveta-ulichnyy.html#rating_6

33. Паспорт виробу. Блок живлення MeanWell, серія NES-350/LRS350 [Електронний ресурс]: https://purelogic.ru/docs/elektronika/NES-350_LRS-350.pdf
<https://meanwell.in.ua/>

34. Адресний підсилювач SP901E. [Електронний ресурс]: <https://alibaba.com/product-detail/sp901e-spi-led-signal-amplifier-for-5v-ttl-signal-dual-signal-for-ws2811-sk6812-apa102-dmx512-60811037971.html>

35. RGB підсилювач. [Електронний ресурс]:
<https://forum.cxem.net/index.php?/topic/99351-rgb->
36. Загальні відомості про систему ESP32. [Електронний ресурс]:
<http://mypractic.ru/urok-1-obshhie-svedeniya-o-sisteme-esp32-plata-devkit-v1.html>
37. Елементи модуля ESP-WROOM-32. [Електронний ресурс]:
<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
38. Розроблення стартап-проекту: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
39. Ключко, Ю.І. Розробка інтелектуальної системи керування освітленням «розумного будинку» [Електронний ресурс] / Ю.І. Злотенко // Технології та дизайн. – 2015. - №2 (15) – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_2_8.
40. Іоффе К. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями» (для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла»)) / К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 57 с.
41. Горчук Н.В. Автомат управления светом в подъезде / Н.В. Гончарук // Радиоконструктор. №6,2012. – с.38
42. Оформлення фасаду [Електронний ресурс]:
<https://ukrneon.com/oformlenie-fasadov/>

SUMMARY

Actuality of theme. The introduction and widespread use of facade lighting and interior lighting systems, including with different lighting scenarios and interactive control, leads to the concentration of efforts of developers and manufacturers in the direction of finding new creative, innovative solutions. Therefore, the topic of the master's dissertation, devoted to the development of a dynamic interactive control system for lighting the facade of the building, is relevant.

Many developments are devoted to the development of modern electronic lighting control systems - both available on the market [39,41] and research [40].

In this paper, the emphasis is on the facade lighting of buildings, which performs not only and not so much the function of lighting, but also allows you to implement lighting effects, emphasize architectural details, highlight the building on a general urban background, emphasize its uniqueness and focus on design features , and in some cases even turn the building beyond recognition, in fact to create a new architectural object in the dark. Properly organized lighting of the building attracts attention, which is often used for advertising purposes [42].

The ability to change scenarios and implementations adds functionality to such systems, and the introduction of interactive controls allows users or observers to be directly involved in the formation of lighting scenes. Architectural lighting of facades is an integral part of the building design process.

The development of the lighting control system is considered on the example of the building of the educational building of the Faculty of Electronics of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky". Consideration of the academic building as an example creates additional opportunities related to the possibility of introducing relevant courses into the educational process while studying higher education.

Purpose: Development of a system of interactive lighting of the facade of the building with the implementation of interactive scenarios for controlling light scenes.

Research objectives:

1. Review of the subject area and literature on the research topic.
2. Review of technical characteristics and design of facade lighting.
3. To develop control systems for the block diagram.

The object of research is the process of developing a digital control system for an interactive facade lighting system.

Research methods: analysis, comparison, research, design.

The scientific novelty of the result is to obtain in the developed control system, developed in a modern element base.

The results of the research: the developed lighting system can be used for similar buildings, and have the possibility of further modernization.

Publications. Totsenko, VO, Saryboha, HV, & Bevza, OM (2020). Automatic lighting system of the enterprise territory. Electronic and Acoustic Engineering, 3 (4), 28–33. <https://doi.org/10.20535/2617-0965.2020.3.4.200283>

The structure and scope of the dissertation. The master's dissertation consists of an introduction, 5 chapters, general conclusions, a list of references of 42 titles. The total volume of the work is 87 pages, which contain 41 figures and 17 tables.

Лістинг програми

```
#include <WiFi.h>
#include <FastLED.h>

#define NUM_LEDS 100

#define DATA_PIN 4
#define CLOCK_PIN 13
CRGB leds[NUM_LEDS];
const char* ssid = "MYHOME";
const char* password = "27284704";

// создаем объект сервера и задаем ему порт «80»:
WiFiServer server(80);

// переменная для хранения HTTP-запроса:
String header;

// мотор 1:
int motor1Pin1 = 27;
int motor1Pin2 = 26;
int enable1Pin = 14;

// мотор 2:
int motor2Pin1 = 33;
int motor2Pin2 = 25;
int enable2Pin = 32;
```

```

// переменные для свойств широтно-импульсной модуляции (ШИМ):
const int freq = 30000;
const int pwmChannel = 0;
const int resolution = 8;
int dutyCycle = 0;

// переменные для расшифровки HTTP-запроса GET:
String valueString = String(5);
int pos1 = 0;
int pos2 = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  FastLED.addLeds<WS2812B, DATA_PIN, RGB>(leds, NUM_LEDS);
  // GRB ordering is typical

  // подключаемся к WiFi-сети при помощи заданных выше SSID и пароля:
  Serial.print("Connecting to ");
  // "Подключаемся к " Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  // печатаем в мониторе порта
  // локальный IP-адрес и запускаем веб-сервер:
  Serial.println("");

```

```

Serial.println("WiFi connected."); // "Подключились к WiFi-сети."
Serial.println("IP address: "); // "IP-адрес: " Serial.println(WiFi.localIP());
server.begin();
}
void loop(){
0
WiFiClient client = server.available(); // Запускаем прослушку
// входящих клиентов.
if (client) { // Если подключился // новый клиент,
Serial.println("New Client."); // печатаем в монитор порта
// сообщение об этом.
String currentLine = ""; // Создаем строку // для хранения данных, //
пришедших от клиента.
while (client.connected()) { // Запускаем цикл
while(),
// который будет работать, // пока клиент подключен.
if (client.available()) {
// Если у клиента // есть байты, которые // можно прочесть,
char c = client.read\(\) // считываем байт
Serial.write(c); // и печатаем его // в мониторе порта.
header += c; if (c == '\n') { // Если полученный байт – // это символ новой
строки. // Если мы получили два символа новой строки подряд, // то это
значит, что текущая строка пуста. // Это конец HTTP-запроса клиента,
поэтому отправляем ответ:
if (currentLine.length() == 0) {
// HTTP-заголовки всегда начинаются с кода ответа // (например, с «HTTP/1.1
200 OK»), // а также с информации о типе контента, // чтобы клиент знал, что
получает. // После этого пишем пустую строчку:
client.println("HTTP/1.1 200 OK");

```

```

client.println("Content-type:text/html");
client.println("Connection: close"); // "Соединение: отключено"
client.println(); // Этот код отвечает за управление контактами моторов //
согласно тому, какие нажаты кнопки на веб-странице:
if (header.indexOf("GET /forward") >= 0) {
  Serial.println("Forward"); // "Вперед"
  for(int x=0 ; x<=50 ; x++){
    leds[x] = CRGB::White; FastLED.show\(\);
    delay(50); }
  }
  else if (header.indexOf("GET /left") >= 0) { Serial.println("Left"); // "Влево"
  for(int x=0 ; x<=50 ; x++){ leds[x] = CRGB::Red; FastLED.show\(\); delay(50);
  }
  20:37
  } else if (header.indexOf("GET /stop") >= 0) {
    Serial.println("Stop"); // "Стоп" for(int x=0 ; x<=50 ; x++){ leds[x] =
    CRGB::Green; FastLED.show\(\); delay(50); } } else if (header.indexOf("GET
    /right") >= 0) { Serial.println("Right"); // "Вправо" for(int x=0 ; x<=50 ; x++){
    leds[x] = CRGB::Blue; FastLED.show\(\);
    delay(50);
    }
    } else if (header.indexOf("GET /reverse") >= 0) {
    Serial.println("Reverse"); // "Назад"
    for(int x=0 ; x<=50 ; x++){
      leds[x] = CRGB::Purple;
      FastLED.show\(\);
      delay(50); }
    } // Показываем веб-страницу:
    client.println("<!DOCTYPE HTML><html>");

```

```

client.println("<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width,
initial-scale=1\">");
client.println("<link rel=\"icon\" href=\"data:;\">");
// При помощи CSS задаем стиль кнопок. // Попробуйте
поэкспериментировать // с атрибутами «background-color» и «font-size», //
чтобы стилизовать кнопки согласно своим предпочтениям:
client.println("<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin:
0px auto; text-align: center;}");
client.println(".button { -webkit-user-select: none; -moz-user-select: none; -ms-
user-select: none; user-select: none;
background-color: #4CAF50;");
client.println("border: none; color: white; padding: 12px 28px; text-decoration:
none; font-size: 26px; margin: 1px; cursor: pointer;}");
client.println(".button2 {background-color: #555555;}</style>");
client.println("<script
src=\"https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js\"></script><
/head>");

```

// веб-страница:

```

client.println("<p><button class=\"button\" onclick=\"moveForward()\">Mode
1</button></p>");
client.println("<div style=\"clear: both;\"><p><button class=\"button\"
onclick=\"moveLeft()\">Mode 2 </button>");
client.println("<button class=\"button button2\" onclick=\"stopRobot()\">Mode
3</button>");
client.println("<button class=\"button\"
onclick=\"moveRight()\">Mode5</button></p></div>");
client.println("<p><button class=\"button\" onclick=\"moveReverse()\">Mode
4</button></p>");

```

```

client.println("<p>Brightness: <span id=\"motorSpeed\"></span></p>");
client.println("<input type=\"range\" min=\"0\" max=\"100\" step=\"25\"
id=\"motorSlider\" onchange=\"motorSpeed(this.value)\" value=\"\" + valueString
+ \"\"/>");

```

```

client.println("<script>$.ajaxSetup({timeout:1000});");
client.println("function moveForward() { $.get(\"/forward\"); {Connection:
close;}}");
client.println("function moveLeft() { $.get(\"/left\"); {Connection: close;}}");
client.println("function stopRobot() {$.get(\"/stop\"); {Connection: close;}}");
client.println("function moveRight() { $.get(\"/right\"); {Connection: close;}}");
client.println("function moveReverse() { $.get(\"/reverse\"); {Connection:
close;}}");
client.println("var slider = document.getElementById(\"motorSlider\");");
client.println("var motorP = document.getElementById(\"motorSpeed\");
motorP.innerHTML = slider.value;");
client.println("slider.oninput = function() { slider.value = this.value;
motorP.innerHTML = this.value; }");
client.println("function motorSpeed(pos) { $.get(\"/?value=\" + pos + \"&\");
{Connection: close;}}</script>");

```

```

client.println("</html>");

```

// Пример HTTP-запроса: «GET /?value=100& HTTP/1.1»;

// Он задает коэффициент заполнения ШИМ на 100% (255):

```

if(header.indexOf("GET /?value=")>=0) { pos1 = header.indexOf('='); pos2 =
header.indexOf('&');

```

```

valueString = header.substring(pos1+1, pos2);

```

// Задаем скорость мотора:

```

if (valueString == "0") {
  ledcWrite(pwmChannel, 0);
  digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
  digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
}
else {
  dutyCycle = map(valueString.toInt(), 25, 100, 200, 255);
  ledcWrite(pwmChannel, dutyCycle);
  Serial.println(valueString);
} }

// HTTP-ответ заканчивается еще одной пустой строкой:
client.println(); // Выходим из цикла while():
break;
} else { // Если получили символ новой строки, // то очищаем переменную
«currentLine»: currentLine = ""; }
} else if (c != '\r') { // Если получили что-либо, // кроме символа возврата
каретки... currentLine += c;
// ...добавляем эти данные // в конец переменной «currentLine»
} } }

// Очищаем переменную «header»:
header = ""; // Отключаем соединение:
client.stop();
Serial.println("Client disconnected."); // "Клиент отключен."
Serial.println("");
}
}

```

Кошторис

№ п/п	Матеріал для монтажу освітлення	Од.Вим.	Кільк.	Ціна од.,грн	Сума, грн
1	LRS-350-12 MEAN WELL Б.Ж. 348 Вт, 12 В, 29 А	шт.	5	708,00	3540,00
2	LED підсилювач світлодіодний RGB 30А-360Вт	шт.	5	233,04	1165,20
3	Профіль алюмінієвий ЛСВ55 анодований + розсіювач	м.п.	85	200	17000,00
4	Мікроконтролер ESP32	шт.	1	200	200
5	Світлодіодна стрічка SMD 5050 60 ip65 RGB	м.п.	85	50,00	4250,00
6	Провід ПВС 4*0,75, одескабель	м.п.	300	20,35	6105,00
7	Акрил матовий	м ²	2	3000	6000,00
8	Light Box	шт.	3	1800	5400,00
9	Світлодіод SMD RGB WS2812B SMD 5050 Neopixel	м.п.	30	90,00	2700
	Разом по розділам витрат:				46360,20
					~50000