

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини*

Виконала: студентка 4 курсу, групи СІ-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Тимошенко Ю.О.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Паламар А.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Тиш Є.В.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Ясній О.П.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«27» січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студентці Тимошенко Юлії Олегівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітленням приміщення з урахуванням циркадного ритму людини

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Схема електрична структурна

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму

4. Результати роботи системи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорона праці</i>	<i>проф. каф. МТ Пилипець М.І.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Студент

Тимошенко Ю.О.

Керівник роботи

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тимошенко Ю. О. Комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини: робота на здобуття освітнього рівня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: освітленість, регулювання яскравості, дистанційне керування, IoT, мікроконтролер, давач освітленості, циркадний ритм людини.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини. У ході виконання роботи проаналізовано технічне завдання, сформульовано вимоги до системи, проведено огляд аналогічних рішень та визначено їхні недоліки.

Запропоновано структурну схему системи та обґрунтовано вибір елементної бази, що включає давач освітленості, мікроконтролерний модуль з бездротовим зв'язком, світлодіодні джерела світла та OLED-дисплей. Розроблено алгоритм адаптивного регулювання яскравості та кольорової температури освітлення відповідно до часу доби, рівня природного освітлення та індивідуальних особливостей користувача. Написано програмне забезпечення, що забезпечує обробку даних сенсорів, бездротове керування освітленням та можливість інтеграції з мобільним додатком або хмарною платформою.

Здійснено тестування розробленої системи в реальних умовах експлуатації, оцінено її ефективність у покращенні комфорту користувачів, дотриманні циркадного ритму та зниженні енергоспоживання. Результати роботи можуть бути використані для впровадження інтелектуальних систем освітлення у житлових, офісних та навчальних приміщеннях, сприяючи покращенню умов праці, навчання та відпочинку.

ANNOTATION

Tymoshenko Y.O. Computerized system for personalized room lighting adjustment considering the human circadian rhythm. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: illumination, brightness control, remote control, IoT, microcontroller, light sensor, human circadian rhythm.

The qualification work is devoted to the development of a computerized system for personalized room lighting control taking into account the human circadian rhythm. In the course of the work, the terms of reference were analyzed, the requirements for the system were formulated, a review of similar solutions was conducted, and their shortcomings were identified.

A block diagram of the system is proposed and the choice of the element base, including a light sensor, a microcontroller module with wireless communication, LED light sources, and an OLED display, is substantiated. An algorithm for adaptive control of the brightness and color temperature of lighting in accordance with the time of day, the level of natural light and the individual characteristics of the user has been developed. Software was written that provides sensor data processing, wireless lighting control, and the ability to integrate with a mobile application or cloud platform.

The developed system was tested in real operating conditions, and its effectiveness in improving user comfort, observing the circadian rhythm, and reducing energy consumption was evaluated. The results of the work can be used to implement intelligent lighting systems in residential, office, and educational premises, contributing to the improvement of working, studying, and recreational conditions.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд сфер застосування системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення.....	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення	11
1.4 Огляд існуючих засобів персоналізованого регулювання освітлення	13
1.4.1 Світлодіодна лампа Philips Hue E27	14
1.4.2 Розумні RGB панелі TuYa G01	16
1.4.3 Система адаптивного підсвічування Govee H605C	18
1.4.4 Система штучного освітлення Signify NatureConnect	19
1.5 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	21
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	23
2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення	23
2.2 Апаратне забезпечення комп'ютеризованої системи.....	25
2.2.1 Мікроконтролерний Wi-Fi модуль DevKit з ESP-32	25
2.2.2 Цифровий давач рівня освітленості BH1750.....	27
2.2.3 Модуль WS2812B 5050 з 16 RGB світлодіодами.....	30
2.2.4 OLED-дисплей.....	32
2.2.5 Модуль годинника реального часу DS3231	34
2.3 Розробка електричної схеми пристрою	35
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	38
3.1 Алгоритм роботи системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини	38

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Тимошенко Ю.О.			Комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини				Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірив		Паламар А.М.									5	76
Рецензент		Ясній О.П.							ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.										
Зав. каф.		Осухівська Г.М.										

3.2 Розробка програмного забезпечення.....	41
3.2.1 Опис підключених бібліотек.....	41
3.2.2 Підпрограма setup.....	42
3.2.3 Підпрограма loop.....	44
3.2.4 Підпрограма updateLighting	46
3.2.5 Макроси BLYNK_WRITE	49
3.3 Реалізація взаємодії з платформою Blynk	50
3.3.1 IoT-платформа Blynk	50
3.3.2 Налаштування Blynk	51
3.4 Тестування системи	53
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	57
4.1 Долікарська допомога при кровотечах	57
4.2 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування	60
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

API – Application Programming Interface

IDE – Integrated Development Environment

I2C – Inter-Integrated Circuit

IoT – Internet of Things

LED – Light Emitting Diode

OLED – Organic Light Emitting Diode

PWM – Pulse Width Modulation

RGB – Red Green Blue

RTC – Real-Time Clock

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ВДТ – відеодисплейний термінал

ГРЧ – годинник реального часу

ДО – давач освітленості

ПРА – пускорегулювальний апарат

ЦР – циркадний ритм

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Освітлення істотно впливає на повсякденне життя людини, визначаючи рівень її продуктивності, стан здоров'я та перебіг біологічних процесів. Ключовим аспектом якісного освітлення є його відповідність циркадним ритмам людини – природним коливанням активності організму, що залежать від добового циклу світла та темряви. Неправильне освітлення, особливо штучне, може спричиняти порушення сну, зниження концентрації уваги, підвищену втому та інші негативні ефекти. Тому персоналізоване регулювання яскравості та кольору світла, яке синхронізується з біологічним ритмом людини, є актуальним завданням сучасних автоматизованих систем.

Ця робота присвячена розробці системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини. Основна ідея полягає у створенні комп'ютеризованої системи, яка адаптує параметри освітлення залежно від часу доби, природного світла, біологічних особливостей користувача та його активності. Це дозволяє не тільки забезпечити комфортні умови перебування у приміщенні, але й покращити загальний стан людини, зменшити втому та підвищити ефективність роботи чи відпочинку.

Мета роботи – розробити комп'ютеризовану систему, що забезпечує автоматичне та дистанційне регулювання освітлення відповідно до індивідуальних потреб користувача, його розкладу активності та фізіологічних особливостей.

Для досягнення поставленої мети у роботі потрібно вирішити такі основні завдання:

- провести аналіз впливу освітлення на циркадний ритм людини та визначити оптимальні параметри освітлення для різних періодів доби;
- розглянути та порівняти існуючі рішення автоматизованих систем керування освітленням з акцентом на їх можливості персоналізації;
- розробити структурну схему комп'ютеризованої системи;
- реалізувати алгоритм динамічного регулювання яскравості та кольору світла відповідно до біоритмів користувача;

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечити можливість інтеграції системи з мобільним додатком або хмарною платформою для моніторингу та персоналізації параметрів освітлення;
- оцінити ефективність системи шляхом експериментального тестування в реальних умовах експлуатації.

Очікується, що впровадження такої комп'ютеризованої системи дозволить значно підвищити рівень комфорту та продуктивності користувачів, сприятиме покращенню здоров'я, зменшенню втоми та оптимізації енергоспоживання.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд сфер застосування системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення

Комп'ютеризовані системи персоналізованого регулювання освітлення з урахуванням циркадного ритму людини широко застосовуються у різних сферах, де важливо забезпечити комфортне, адаптивне та енергоефективне освітлення. Така система дозволяє динамічно змінювати яскравість і спектральний склад світла відповідно до часу доби, рівня природного освітлення та фізіологічних потреб людини.

Офісні приміщення є однією з сфер застосування. Оптимальне освітлення сприяє зменшенню втоми, підвищенню концентрації уваги та продуктивності працівників. Використання автоматизованої системи, яка змінює освітленість відповідно до біологічних ритмів, допомагає знизити стрес та покращити загальний стан. Крім того, віддалене керування та моніторинг освітленості дозволяють оптимізувати витрати на електроенергію.

Навчальні заклади також можуть отримати значні переваги від впровадження такої системи. Дослідження показують, що рівень і спектр освітлення впливають на концентрацію уваги та когнітивну діяльність студентів. Автоматизована система може змінювати параметри освітлення в аудиторіях відповідно до розкладу занять, забезпечуючи яскраве світло під час активної роботи та м'яке, тепле світло під час перерв або для зняття напруги.

Медичні установи є ще однією важливою сферою застосування. У лікарнях та реабілітаційних центрах правильне освітлення відіграє критично важливу роль у відновленні пацієнтів, особливо у відділеннях інтенсивної терапії та палатах для довготривалого перебування. Динамічне освітлення, яке змінюється відповідно до

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз технічного завдання			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розробив		Тимошенко Ю.О.									
Перевірив		Паламар А.М.								10	13
Рецензент		Ясній О.П.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Зав. каф.		Осухівська Г.М.									

циркадного ритму пацієнтів, допомагає покращити якість сну, зменшити стрес і прискорити процес одужання.

Житлові приміщення також є перспективною сферою використання. Розумні освітлювальні системи, що підлаштовуються під природне освітлення та біологічний годинник мешканців, сприяють покращенню комфорту, створенню затишної атмосфери та підвищенню якості сну. Можливість дистанційного керування дозволяє налаштовувати світло відповідно до індивідуальних уподобань кожного члена сім'ї.

Промислові підприємства та виробничі цехи також можуть виграти від автоматизованого керування освітленням. У таких умовах важливо підтримувати високий рівень освітленості для безпеки працівників, але при цьому оптимізувати енергоспоживання. Інтелектуальна система освітлення дозволяє регулювати яскравість залежно від природного світла та робочого графіка, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат.

Загалом, персоналізована система регулювання освітлення є ефективним рішенням для широкого спектра застосувань, забезпечуючи комфорт, енергоефективність і сприятливий вплив на здоров'я та продуктивність користувачів.

1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення

Розробка комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини потребує врахування низки технічних, функціональних та експлуатаційних вимог. Основна мета такої системи – створення комфортного та енергоефективного освітлення, яке автоматично адаптується до біологічних потреб людини.

Циркадні ритми (ЦР) – це природні біологічні процеси, які регулюють різні фізіологічні функції організму протягом 24-годинного циклу. Вони впливають на рівень гормонів, температуру тіла, когнітивні здібності та якість сну. Основним

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішнім фактором, що керує ЦР, є світло. Наукові дослідження [1] підтверджують, що правильне освітлення може покращити продуктивність, концентрацію та загальний стан здоров'я, тоді як його дисбаланс сприяє втомі, порушенню сну та навіть розвитку хронічних захворювань.

Однією з ключових вимог до проєктованої системи є забезпечення можливості динамічного регулювання яскравості та кольору світлового потоку. Дослідження в галузі хронобіології [1] підтверджують, що оптимальне освітлення повинне змінюватися протягом дня: у ранкові години воно має бути яскравим із холодним відтінком (5000–6500 K), вдень – помірно яскравим з білим нейтральним світлом (4000–5000 K), а у вечірні години – приглушеним із теплим жовтим відтінком (2700–3500 K). Це допомагає регулювати рівень кортизолу та мелатоніну в організмі людини, сприяючи підвищенню продуктивності вдень і кращому сну вночі.

Для забезпечення точного контролю рівня освітленості система повинна містити сенсори, що вимірюють інтенсивність світла в приміщенні. Використання цифрового давача рівня освітленості дозволить адаптувати освітлення залежно від зовнішніх факторів, зокрема природного освітлення, а також враховувати індивідуальні особливості користувачів.

Важливою вимогою є можливість персоналізованого налаштування параметрів освітлення. Користувачі повинні мати змогу змінювати рівень яскравості, встановлювати графіки освітлення або вибирати режим роботи через мобільний додаток або веб-інтерфейс.

Ще однією важливою вимогою є енергоефективність. Оскільки регулювання освітлення здійснюється автоматично, система повинна знижувати енергоспоживання в моменти, коли інтенсивне світло не є необхідним. Для цього доцільним є використання світлодіодних джерел світла з можливістю регулювання яскравості. Окрім цього, система повинна підтримувати можливість віддаленого моніторингу та збору статистики щодо рівня освітленості. Візуалізація цих даних у вигляді графіків та аналітики допоможе користувачам оцінювати ефективність роботи системи та вносити необхідні коригування.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Отже, до комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення висуваються вимоги щодо гнучкого налаштування параметрів світла, адаптивного керування залежно від біологічних ритмів людини, енергоефективності, можливості дистанційного керування та інтеграції з іншими інтелектуальними системами.

1.4 Огляд існуючих засобів персоналізованого регулювання освітлення

На сучасному ринку представлені різні рішення для регулювання освітлення з урахуванням біологічних ритмів людини. До них належать інтелектуальні світлодіодні лампи з можливістю зміни яскравості та кольору, системи «розумного дому» з автоматизованим контролем освітлення, спеціалізовані панелі для біодинамічного освітлення, а також програмно-апаратні комплекси для великих офісних або медичних установ.

Одним із популярних рішень є інтелектуальні лампи, такі як Philips Hue, LIFX, Yeelight, які підтримують керування через мобільні додатки або голосові асистенти. Вони дозволяють змінювати яскравість та колірну температуру, створювати сценарії освітлення відповідно до циркадного ритму. Однак їх головний недолік – висока вартість, особливо при необхідності встановлення кількох десятків ламп у великому приміщенні. Крім того, ці лампи зазвичай використовують локальні давачі або попередньо задані графіки, не враховуючи поточний рівень освітленості.

Іншим типом рішень є системи керування освітленням для «розумного дому», наприклад Lutron, Legrand, KNX, які інтегруються з іншими пристроями автоматизації будівлі. Вони дозволяють реалізовувати складні сценарії освітлення та синхронізувати їх із ритмом дня. Проте такі системи зазвичай орієнтовані на великі приміщення та вимагають складного налаштування і значних фінансових витрат. Додатково, у більшості з них немає механізмів автоматичного коригування освітлення на основі реальних вимірювань.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремий клас рішень – біодинамічні панелі та світильники, розроблені для медичних закладів, офісів та навчальних приміщень. Вони забезпечують зміну спектрального складу світла відповідно до часу доби, що сприяє підвищенню концентрації вдень і релаксації у вечірній період. Прикладами таких рішень є Osram Human Centric Lighting, BIOS SkyBlue та Signify NatureConnect. Основний недолік цих систем – висока вартість та обмежена можливість персоналізації для кожного окремого користувача.

1.4.1 Світлодіодна лампа Philips Hue E27

Одним із прикладів комерційних рішень у сфері персоналізованого освітлення, яке може розглядатися як аналог проєктованої системи, є світлодіодна лампа Philips Hue [2]. Ця лампа дозволяє користувачам гнучко керувати параметрами освітлення у своїх домівках через мобільний застосунок, голосових помічників або автоматизовані сценарії. Аналіз особливостей і функціональності цієї лампи є корисним для формування вимог до системи, яка лише планується до розробки (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Світлодіодна лампа Philips Hue E27 [2]

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Головною особливістю лампи Philips Hue є її здатність відтворювати понад 16 мільйонів кольорів, що дозволяє створювати різноманітні світлові сцени для різних потреб – від яскравого денного світла до м'якого вечірнього підсвічування. Лампа має стандартний цоколь E27, що робить її сумісною з більшістю світильників. Управління здійснюється через фірмовий додаток Hue Bluetooth або Hue Bridge, що дозволяє створювати сценарії, налаштовувати автоматизацію та синхронізувати освітлення з іншими елементами «розумного дому».

Серед переваг варто виділити високу якість світла, надійність бренду, зручний інтерфейс управління, а також можливість поступової інтеграції в екосистему освітлення завдяки модульному підходу. Крім того, Hue підтримує попередньо запрограмовані світлові сцени, зокрема ті, що імітують зміну кольору протягом дня, що певною мірою відповідає принципам циркадного освітлення.

Однак ця система має і недоліки, які важливо врахувати при проєктуванні власної розробки. Насамперед, автоматичне регулювання світла залежить здебільшого від заданих сценаріїв, а не від реальних фізичних умов, таких як рівень освітленості у приміщенні. Лампа не має вбудованих сенсорів і не реагує на зміну навколишнього середовища без додаткових аксесуарів (наприклад, датчиків руху або денного світла від Hue). Крім того, більшість розширених функцій (включно з повноцінною автоматизацією) доступні лише через Hue Bridge, що вимагає додаткових витрат. Програмне забезпечення є закритим, що обмежує можливості гнучкого налаштування або розширення для специфічних потреб.

У порівнянні з майбутньою проєктованою системою, Philips Hue E27 демонструє високу якість світла та зручність управління, але не забезпечує повної автономії освітлення на основі даних з навколишнього середовища. При розробці власної системи доцільно врахувати потребу у вбудованих сенсорах освітленості, плавному автоматичному переході між режимами на основі часу доби та рівня освітлення, а також можливості перемикання між ручним і автоматичним керуванням. Важливим критерієм також є відкритість ПЗ, що дозволяє адаптувати систему до індивідуальних сценаріїв і подальшого розширення.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.2 Розумні RGB панелі Tuuya G01

Серед існуючих на ринку рішень, що можуть слугувати аналогами проєктованої системи персоналізованого освітлення, варто відзначити розумну настінну RGB панель Tuuya G01 [3]. Цей пристрій поєднує в собі декоративне підсвічування, інтелектуальне керування та можливості інтеграції у систему розумного дому через хмарну платформу Tuuya. Його функціонал може частково відповідати задуму майбутньої системи, яка передбачає гнучке регулювання параметрів освітлення на основі фізіологічних та поведінкових характеристик користувача (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Розумні RGB панелі Tuuya G01 [3]

Особливістю Tuuya Smart Light є модульна конструкція — набір складається з шести панелей, які можна компонувати у довільні фігури, створюючи візуально привабливі світлові інсталяції на стінах приміщення. Панелі підтримують RGB-підсвічування з можливістю вибору будь-якого кольору або ефекту світіння через мобільний застосунок. Керування здійснюється за допомогою Wi-Fi з

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використанням платформи Tuya Smart або Smart Life, а також підтримується голосове керування через Alexa чи Google Assistant.

Серед переваг цього рішення можна відзначити:

- яскраво виражений естетичний і дизайнерський компонент, який дозволяє перетворити освітлення на елемент інтер'єру;
- просте підключення та управління з мобільного пристрою;
- підтримку сценаріїв та таймерів, які дозволяють автоматизувати роботу світла відповідно до часу доби або звичок користувача;
- інтеграцію у більші екосистеми розумного дому через платформу Tuya.

Проте, незважаючи на широкі можливості, система не враховує біоритми людини або показники зовнішнього середовища, як це передбачається у концепції майбутньої проєктованої системи. Панелі не оснащені вбудованими датчиками освітленості або температури кольору, не передбачено автоматичне регулювання на основі поточного рівня освітлення чи часу доби. Крім того, хоча користувач має доступ до базових сценаріїв, глибока персоналізація параметрів світла відповідно до фізіологічних процесів організму не реалізована.

Порівнюючи цей аналог з функціоналом, що планується в проєктованій системі, можна сформулювати низку технічних та функціональних вимог. Зокрема, система має мати змогу працювати в автоматичному режимі, враховуючи час доби, показники з сенсорів освітленості, а також циркадний ритм користувача. Має бути реалізована можливість перемикання між ручним та автоматичним керуванням через інтерфейс мобільного застосунку. Додатковою перевагою проєктованої системи буде відкритість програмного коду та можливість подальшої модифікації відповідно до потреб користувача.

Розумні панелі Tuya G01 демонструють привабливий приклад декоративного адаптивного освітлення, проте в контексті реалізації комфортного середовища для щоденного використання та підтримки біологічних ритмів потребують розширення функціоналу. Це підкреслює актуальність розробки відкритої, персоналізованої системи інтелектуального освітлення з глибоким аналізом даних і динамічним регулюванням параметрів світла.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.3 Система адаптивного підсвічування Govee H605C

Серед сучасних споживчих рішень, які можуть розглядатися як аналоги проектованої системи персоналізованого регулювання освітлення, варто згадати набір адаптивного підсвічування Govee H605C [4]. Цей пристрій призначений для динамічного підсвічування телевізора з урахуванням контенту, який транслюється на екрані, і пропонує широкий функціонал, що частково перегукується з ідеями автоматичного й персоналізованого керування освітленням у приміщенні (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Система адаптивного підсвічування Govee H605C

Ключовою особливістю цієї системи є використання двох зовнішніх камер, які зчитують зображення з екрану телевізора та адаптують світлодіодне підсвічування за його кольорами в реальному часі. Це створює ефект розширення картинки за межі дисплея, що підвищує занурення у відеоконтент. Окрім того, Govee H605C підтримує керування через мобільний застосунок, має попередньо встановлені світлові сцени, підтримує синхронізацію з музикою та можливість голосового керування через Alexa або Google Assistant.

Серед переваг системи Govee варто відзначити:

- високу чутливість та точність в адаптації кольору до контенту завдяки системі з двома камерами;

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- простоту встановлення та налаштування, доступну навіть для користувача без технічного досвіду;
- інтеграцію з мобільними платформами та голосовими помічниками;
- естетичний вигляд і ефектну динаміку освітлення, що добре підходить для домашніх кінотеатрів.

Разом з тим, у контексті майбутньої проєктованої системи, що буде орієнтована на адаптацію освітлення до біологічних ритмів людини, Govee H605C має певні обмеження. Насамперед, він не передбачає врахування циркадного ритму, часу доби чи рівня освітленості в приміщенні. Його функціонал обмежується візуальною адаптацією до зображення на екрані, а не створенням комфортного освітлення з урахуванням фізіологічних потреб користувача. Крім того, система замкнута, не підтримує програмну модифікацію, а користувач має доступ лише до стандартного набору функцій, визначених виробником.

Порівнюючи можливості Govee з ідеями, закладеними в проєктованій системі, можна сформулювати низку вимог до розробки. Зокрема, майбутня система має поєднувати переваги автоматичного динамічного керування світлом (подібно до Govee) з можливістю враховувати час доби, показники сенсорів освітленості, а також користувацькі налаштування кольору та яскравості. Передбачається також перемикання між автоматичним і ручним режимами, підтримка мобільного інтерфейсу, і відкритість архітектури для подальших оновлень та розширення функціоналу.

1.4.4 Система штучного освітлення Signify NatureConnect

Ще одним відомим прикладом комерційного рішення, яке можна розглядати як аналог проєктованої системи персоналізованого регулювання освітлення з урахуванням циркадного ритму людини, є технологія Signify NatureConnect [5]. Це комплексна біоадаптивна система штучного освітлення, що імітує природні зміни освітлення впродовж доби, створюючи сприятливе середовище для підвищення добробуту, комфорту та продуктивності людини (рис. 1.4).

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Система штучного освітлення Signify NatureConnect

Технологія NatureConnect ґрунтується на принципах біофілії — природного прагнення людини бути ближчою до природи. У її основі лежить ідея створення штучного денного циклу в приміщеннях, які позбавлені доступу до достатнього природного світла. Система поєднує декілька видів освітлення: динамічне біле світло, яке плавно змінює яскравість і колірну температуру впродовж доби; акцентне кольорове освітлення, що може імітувати схід сонця, денне небо чи вечірнє світло; а також декоративне освітлення, яке доповнює інтер'єр.

До переваг системи NatureConnect варто віднести:

- високу якість освітлення, адаптовану до біологічних потреб людини;
- готові науково обґрунтовані сценарії роботи, створені на основі досліджень у галузі хронобіології;
- покращення самопочуття користувачів, що підтверджено численними впровадженнями в офісних, навчальних і медичних закладах;
- інтуїтивне керування через централізовану систему управління з підтримкою попередньо визначених профілів освітлення.

Водночас, у порівнянні з проєктованою системою, яка планується як персоналізоване рішення з відкритим кодом і підтримкою інтеграції з платформою Blynk, NatureConnect має низку обмежень. По-перше, система орієнтована насамперед на комерційне використання і практично не адаптована для приватних

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

користувачів або невеликих приміщень. По-друге, відсутня можливість налаштовувати освітлення на рівні окремих користувацьких сценаріїв у режимі реального часу без залучення професіоналів. По-третє, вона є дорогим та закритим рішенням, яке вимагає наявності фірмових компонентів та фахової інсталяції.

У майбутній проєктованій системі передбачається реалізувати аналогічний підхід до створення динамічного освітлення, однак з можливістю гнучкого керування через мобільний застосунок, підтримкою ручного та автоматичного режимів, сенсорів освітленості, годинника реального часу та програмної логіки, що враховує не лише добовий цикл, але й поточні умови в приміщенні. Також планується надати користувачу можливість самостійно налаштовувати інтенсивність та колір освітлення залежно від власних уподобань, що робить систему доступнішою та гнучкою в експлуатації.

Аналіз можливостей системи Signify NatureConnect дозволяє визначити вимоги до майбутньої системи, серед яких: адаптивність до змін зовнішніх умов, персоналізація, простота керування, підтримка автоматичних сценаріїв, енергоефективність та доступність реалізації на базі недорогих компонентів.

Загалом, попри наявність різних рішень, більшість із них мають певні обмеження, зокрема складність налаштування, високу ціну або недостатню інтеграцію з реальними сенсорними даними. Це обґрунтовує необхідність розробки нової комп'ютеризованої системи, що буде адаптивною, енергоефективною, доступною за ціною та простою в налаштуванні.

1.5 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Розроблення комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини потребує аналізу різних підходів до її реалізації. Основними критеріями вибору технологічного рішення є точність вимірювання освітленості, можливість регулювання яскравості та спектра світла, інтеграція з сенсорами та алгоритмами адаптації, а також зручність віддаленого керування та моніторингу.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Одним із варіантів є використання інтелектуальних світлодіодних ламп або панелей, які підтримують зміну яскравості та колірної температури. Такими пристроями можна керувати через мобільні додатки або системи автоматизації будівель. Проте їх головний недолік – висока вартість та обмежена можливість персоналізації освітлення для кожного користувача окремо.

Інший підхід – використання мікроконтролерної системи з підключеними давачами освітленості та керованими LED-модулями. Наприклад, мікроконтролер ESP32 може взаємодіяти з давачами рівня освітленості, а також керувати світлодіодними джерелами світла через драйвери. Це дозволяє реалізувати гнучке налаштування освітлення відповідно до змін рівня природного освітлення та біоритмів людини. Таке рішення є економічнішим і може бути масштабованим, однак потребує програмування та налаштування апаратної частини.

Ще одним варіантом є застосування IoT-платформи для віддаленого моніторингу та керування освітленням. Вона дозволяє зберігати та аналізувати дані про рівень освітленості, автоматично регулювати параметри світла та синхронізувати їх з індивідуальними потребами користувача. Популярні IoT-платформи, такі як Blynk, ThingsBoard або AWS IoT, забезпечують зручний веб-інтерфейс для моніторингу та управління системою. Основним недоліком такого підходу є необхідність постійного доступу до мережі.

Щодо регулювання спектрального складу світла, можливі два підходи: використання RGB-світлодіодів або спеціальних світильників із динамічним білим світлом. Перший варіант дозволяє точніше підбирати колірне співвідношення, проте складний у налаштуванні, тоді як другий – більш доступний, але з обмеженими можливостями зміни спектра.

Після аналізу можливих рішень оптимальним варіантом для реалізації поставленого завдання є використання мікроконтролера ESP32 з давачами освітленості та керованими світлодіодними модулями, інтегрованими з IoT-платформою для віддаленого керування та моніторингу. Це забезпечить персоналізоване освітлення, що адаптується до біологічних ритмів користувача та змін зовнішнього освітлення.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення

Проектowana комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини має багаторівневу структуру, що включає давачі, виконавчі пристрої, обчислювальний модуль, а також засоби комунікації та керування. На рисунку 2.1 зображена структурна схема проектованої системи.

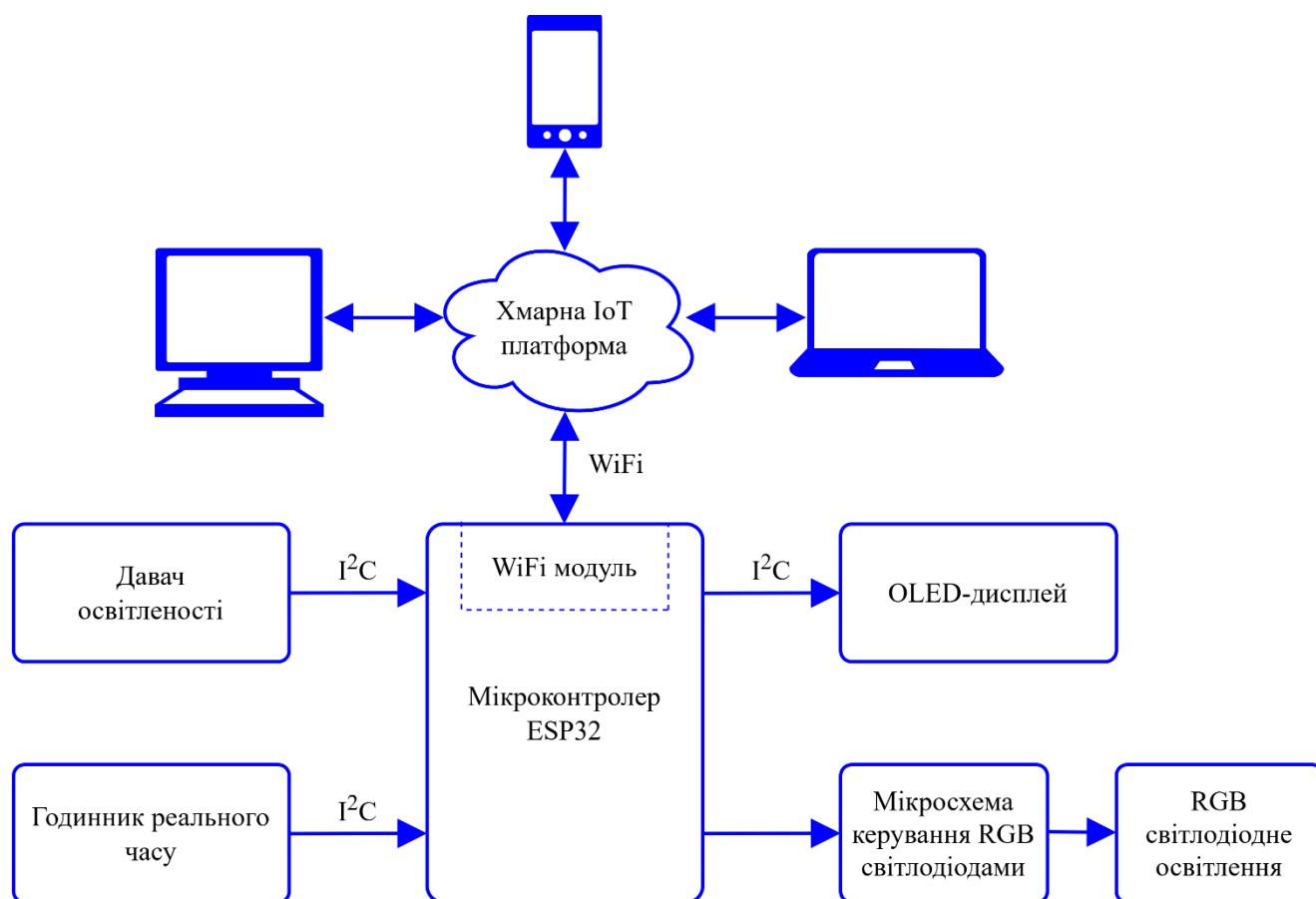


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина		
Розробив	Тимошенко Ю.О.						
Перевірив	Паламар А.М.						
Рецензент	Ясній О.П.						
Н. Контр.	Тиш Є.В.						
Зав. каф.	Осухівська Г.М.						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						23	15
					ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42		

Структурна схема включає всі основні компоненти:

- мікроконтролер ESP32, який є центральним елементом системи;
- давач BH1750, що вимірює рівень освітленості;
- RTC-модуль, який надає інформацію про поточний час;
- світлодіодні модулі з драйверами, що забезпечують адаптивне освітлення;
- OLED-дисплей, що відображає основні параметри;
- хмарна IoT платформа.

Основу системи становить мікроконтролерний модуль ESP32, який відповідає за зчитування даних з давача освітленості, часу та стану користувача, обробку отриманої інформації та формування керуючих сигналів для зміни параметрів освітлення. ESP32 також забезпечує з'єднання з сервером для віддаленого моніторингу та налаштування режимів роботи.

Для аналізу рівня освітленості використовується давач BH1750, який дозволяє з високою точністю вимірювати поточний рівень яскравості у приміщенні та передавати дані на мікроконтролер через інтерфейс I²C. Також використаний годинник реального часу (ГРЧ) для коригування режимів освітлення відповідно до циркадного ритму людини.

Виконавчими елементами виступають керовані світлодіодні модулі, що підтримують регулювання яскравості та зміни колірної температури світла. Вони підключаються до мікроконтролера через драйвери світлодіодів, що забезпечують необхідний рівень напруги та струму.

Для зручності локального відображення інформації про поточні параметри освітлення та режим роботи передбачено використання OLED-дисплея, підключеного до ESP32.

Комунікація з користувачем та можливість віддаленого керування реалізується за допомогою Wi-Fi-з'єднання, через яке пристрій може передавати дані до хмарної платформи. Веб-інтерфейс або мобільний додаток дозволяє задавати індивідуальні параметри освітлення, переглядати історію змін рівня

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітленості та налаштовувати автоматичні сценарії регулювання світла відповідно до часу доби.

Запропонована структура системи дозволяє реалізувати персоналізоване регулювання освітлення в режимі реального часу, враховуючи біологічні ритми користувача, поточний рівень природного світла та індивідуальні налаштування.

2.2 Апаратне забезпечення комп'ютеризованої системи

2.2.1 Мікроконтролерний Wi-Fi модуль DevKit з ESP-32

Мікроконтролерний модуль DevKit з ESP-32 є потужним і універсальним рішенням для реалізації систем Інтернету речей та автоматизації [6]. Цей модуль забезпечує високий рівень продуктивності, інтегруючи в собі функціональні можливості мікроконтролера, бездротових інтерфейсів Wi-Fi і Bluetooth, а також розширені периферійні можливості (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Модуль DevKit з ESP-32

Модуль побудований на основі мікроконтролера ESP-32. Його головний компонент – двоядерний 32-бітний процесор Tensilica Xtensa LX6.

Вбудований модуль Wi-Fi підтримує стандарт 802.11 b/g/n, та Bluetooth, що має подвійний режим роботи (класичний і BLE).

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Технічні характеристики модуля DevKit з ESP-32 наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля DevKit з ESP-32

Параметр	Значення
Апаратні засоби та інтерфейси	SD, UART, SPI, SDIO, I ² C, LED PWM, Motor PWM, I ² S, I ² C, IR
АЦП	12-розрядний, 18-канальний
Мережеві протоколи	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP/HTTP/FTP/MQTT
Захист	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
Напруга живлення	5 В
Максимальний струм	800 мА
USB-UART конвертер	CP2102
Wi-Fi стандарти	FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
Протоколи	802.11 b/g/n/d/e/i/k/r
Частотний діапазон	ГГц 2.4 – 2.5
Bluetooth протоколи	Bluetooth v4.2 BR/EDR та BLE
Діапазон робочих температур	-40 °C – +85 °C

Основною функцією модуля є виконання програмного коду, який дозволяє взаємодіяти з периферійними пристроями, обробляти дані з датчиків і передавати інформацію через бездротові інтерфейси. DevKit з ESP-32 може працювати автономно або у складі складних систем, обмінюючись даними через Wi-Fi чи Bluetooth. Для розробки прошивок використовується середовище Arduino IDE або платформа ESP-IDF, що забезпечує гнучкість програмування.

Периферійні інтерфейси, серед яких UART, I²C, ADC і PWM, дозволяють підключати різноманітні давачі та виконавчі пристрої. Штекери GPIO можна використовувати для підключення зовнішніх компонентів. Мікро-USB порт призначений для програмування та живлення модуля (рис. 2.3).

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

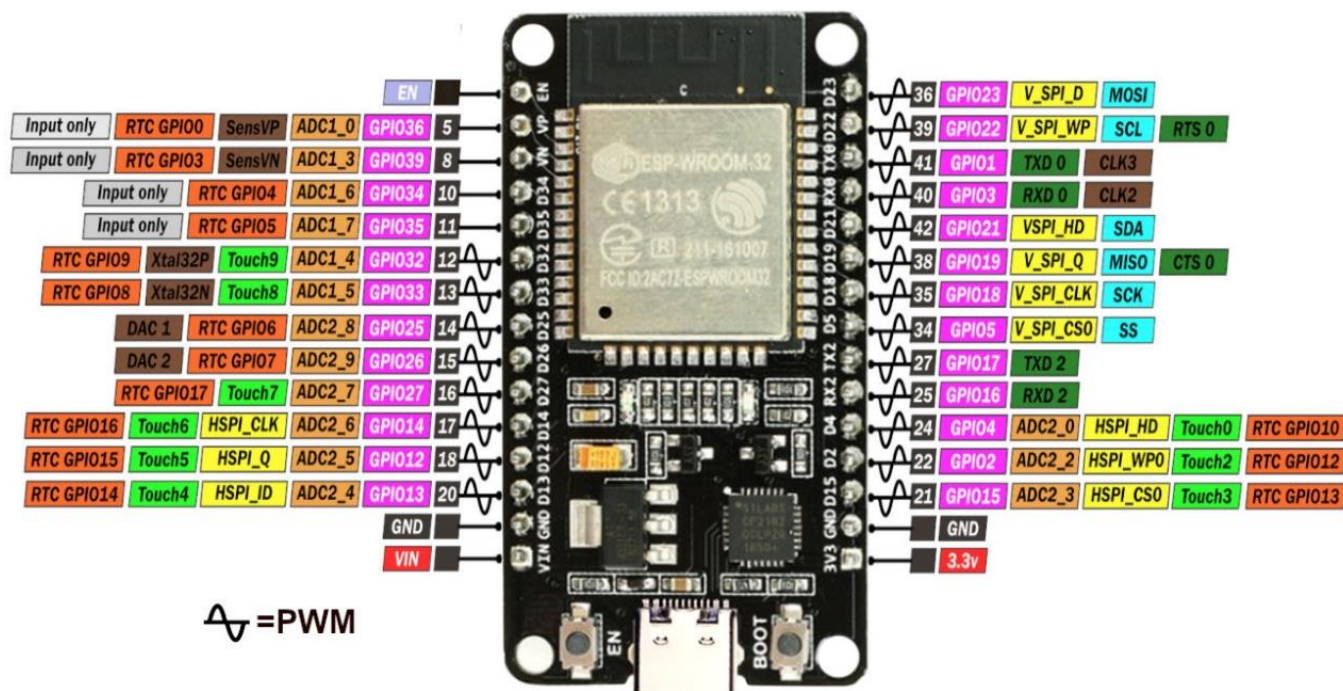


Рисунок 2.3 – Призначення GPIO виводів модуля DevKit з ESP-32

Модуль DevKit з ESP-32 обрано для реалізації комп'ютеризованої системи енергоефективного регулювання освітлення завдяки високій продуктивності. Двоядерний процесор дозволяє обробляти дані з датчиків і одночасно керувати виконавчими пристроями, забезпечуючи стабільну роботу. Вбудовані Wi-Fi і Bluetooth модулі забезпечують зручний обмін даними з хмарними сервісами та мобільними пристроями. Наявність різноманітних інтерфейсів дозволяє підключати широкий спектр датчиків і пристроїв. Модуль підтримує популярні середовища розробки, що спрощує процес програмування. Низьке енергоспоживання дозволяє використовувати пристрій у системах з автономним живленням. Модуль DevKit з ESP-32 є недорогим рішенням, що відповідає вимогам проєкту з обмеженим бюджетом.

Цей модуль підходить для реалізації проєктованої системи, забезпечуючи всі необхідні функції для управління освітленням у поєднанні з IoT-технологіями.

2.2.2 Цифровий датчик рівня освітленості BH1750

Цифровий датчик освітленості (ДО) BH1750 є одним із найбільш популярних та точних рішень для вимірювання рівня освітленості в системах автоматизації [7].

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Він працює на основі фотодіода, чутливого до видимого спектра світла, що дозволяє точно визначати рівень освітленості (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Давач BH1750

Давач BH1750 містить з фотодіод, який сприймає інтенсивність світла. АЦП перетворює аналоговий сигнал фотодіода у цифрове значення. Вбудований процесор обробляє сигнал і формує вихідне значення у стандартному форматі. I²C-інтерфейс забезпечує передачу даних до мікроконтролера (рис. 2.5).

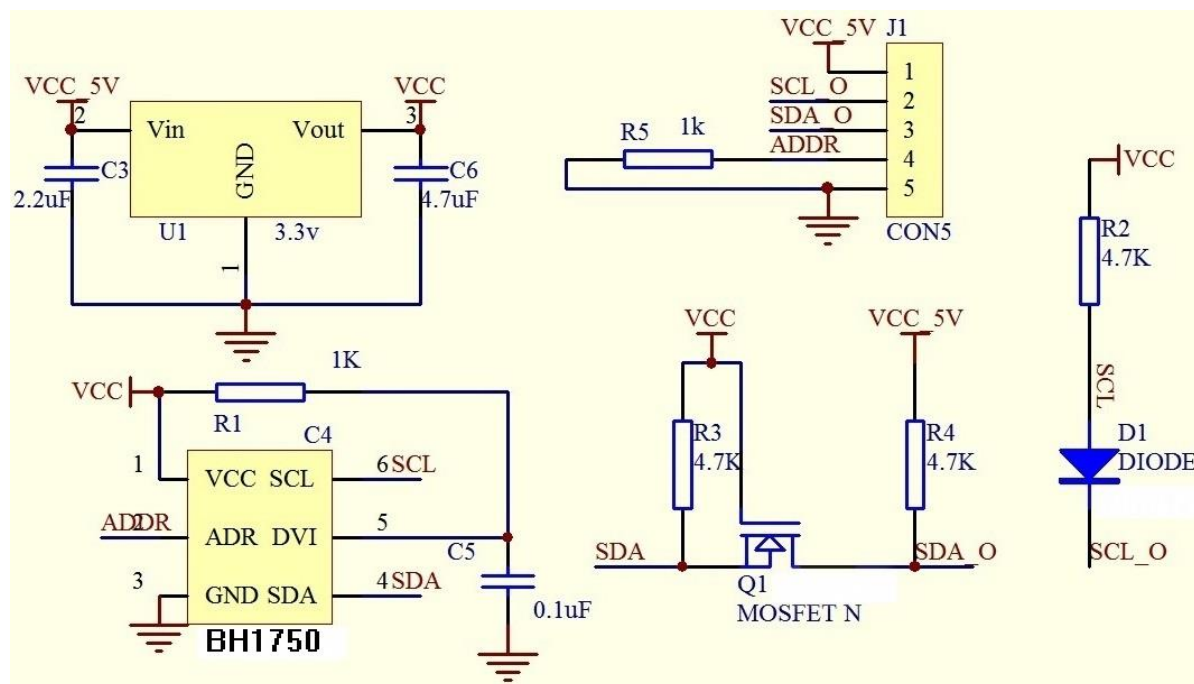


Рисунок 2.5 – Електрична схема давача BH1750

Принцип роботи ДО ВН1750 базується на вимірюванні світлового потоку, що падає на фотодіод. Він генерує електричний струм, пропорційний інтенсивності світла. Цей сигнал оцифровується та передається мікроконтролеру через шину I²C. Завдяки апаратному виконанню обчислень, ВН1750 видає готові результати у вигляді значення освітленості в люксах, що значно спрощує інтеграцію давача в систему. В таблиці 2.2 приведені характеристики давача ВН1750.

Таблиця 2.2 – Характеристики давача ВН1750

Параметр	Значення
Оригінальний чіп	ВН1750FVI
Інтерфейс	I ² C
Діапазон вимірювання	0-65535 лк
Точність вимірювання	± 1 люкс
Довжина хвилі, яка вимірюється	560 нм
Спектральна характеристика	близька до візуальної чутливості
Розрядність АЦП	16 біт
Напруга живлення	3 – 5 В
Струм споживання	120 мкА
Струм споживання в режимі очікування	0,01 мкА

Вибір ДО ВН1750 для реалізації комп'ютеризованої системи обґрунтований високою точністю і чутливістю. Завдяки широкому діапазону вимірювань і підтримці люксів як стандартної одиниці, ВН1750 забезпечує точний моніторинг освітленості в реальних умовах. Наявність інтерфейсу I²C дозволяє легко підключити давач до мікроконтролера ESP32 з мінімальною кількістю з'єднань.

Давач ВН1750 видає результати у вигляді цифрових даних, що знижує необхідність складної обробки сигналу на стороні мікроконтролера. ВН1750 легко інтегрується в системи з обмеженим бюджетом і простором.

Отже, ВН1750 є оптимальним рішенням для вимірювання рівня освітленості у проєктованій комп'ютеризованій системі. Його характеристики повністю відповідають технічним вимогам проєкту та забезпечують високу функціональність системи.

2.2.3 Модуль WS2812B 5050 з 16 RGB світлодіодами

Модуль з RGB світлодіодами WS2812 є пристроєм, створеним на основі інтелектуальних світлодіодів WS2812, які поєднують в одному корпусі три світлодіоди (червоний, зелений, синій) та драйвер [8]. Розташування світлодіодів у вигляді кільця з 16 елементів дозволяє зручно реалізувати анімовану індикацію, динамічні ефекти освітлення, відображення рівня яскравості або годинникову індикацію. Кожен світлодіод у колі може керуватися окремо, що відкриває широкі можливості для програмування світлових сценаріїв (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Модуль WS2812B 5050 з 16 RGB світлодіодами

Кожен світлодіод WS2812 має вбудований контролер, який приймає цифровий сигнал і керує інтенсивністю кожного з трьох кольорів за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). Завдяки цьому можливо отримати понад 16 мільйонів відтінків. Передача даних між елементами здійснюється за єдиною послідовною шиною — сигнал надходить до першого світлодіода, обробляється

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ним, і передається далі до наступного. Така архітектура значно спрощує схему підключення: для керування необхідно лише один цифровий пін мікроконтролера.

Конструктивно модуль виконаний у вигляді жорсткої друкованої плати у формі кільця, на якій рівномірно розміщено 16 WS2812 світлодіодів. На платі також є контакти живлення (VCC, GND) і сигнальний вхід/вихід (DIN, DOUT), що дозволяє з'єднувати кілька кілець послідовно. Живлення забезпечується напругою 5 В. Технічні характеристики модуля з 16 RGB світлодіодами WS2812 приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики модуля WS2812B 5050 з RGB світлодіодами

Характеристика	Значення
Кількість світлодіодів	16
Тип світлодіодів	WS2812 (інтелектуальні RGB)
Напруга живлення	5 В
Споживаний струм (макс.)	до 60 мА на 1 світлодіод
Керування	Цифрове, послідовне
Інтерфейс	1-провідний (DIN/DOUT)
Кольорова глибина	24 біти (8 біт на кожен колір)
Тип ШІМ	Вбудований драйвер, частота ~400–800 кГц
Розміри кільця	Зовнішній діаметр — приблизно 68 мм
Можливість каскадування	Так (через вихід DOUT)
Робоча температура	-25°C до +80°C

Завдяки високій яскравості, компактності та гнучкості у програмуванні, кільце з WS2812 є ідеальним вибором для систем, які потребують персоналізованого або декоративного освітлення. У контексті комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення з урахуванням циркадного ритму людини, цей модуль дозволяє точно керувати кольором і яскравістю світла протягом доби, симулюючи природні зміни освітлення (світанок, день, захід сонця, ніч) відповідно до біологічного годинника користувача.

Отже, застосування модуля WS2812B 5050 з 16 RGB світлодіодами дозволяє не лише забезпечити візуально привабливе освітлення, але й реалізувати повноцінну функцію динамічного управління світлом відповідно до добового циклу активності людини. Простота керування, сумісність із мікроконтролерами, підтримка готових бібліотек і модульність роблять цей пристрій одним з найоптимальніших рішень для реалізації сучасної адаптивної системи освітлення.

2.2.4 OLED-дисплей

OLED-дисплей — це сучасний індикаторний пристрій, у якому використано технологію органічних світлодіодів для формування зображення [9]. На відміну від рідкокристалічних дисплеїв, кожен піксель OLED самостійно випромінює світло і не потребує підсвітки, що забезпечує високу контрастність, насичені кольори та добру видимість навіть при яскравому зовнішньому освітленні (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд OLED-дисплея

Будова OLED-дисплея включає кілька шарів органічних матеріалів, розміщених між анодом і катодом. При подачі електричного струму через ці шари відбувається електролюмінесценція — явище, за якого органічна речовина випромінює світло. У компактних дисплеях, які використовуються в мікроконтролерних системах, найчастіше реалізується монохромне зображення з блакитним або білим світінням. OLED-дисплей має роздільну здатність 128×64 пікселів та діагональ 0.96 дюйма, чого цілком достатньо для виведення текстової

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

або простої графічної інформації. Технічні параметри OLED-дисплея наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні параметри OLED-дисплея

Параметр	Значення
Тип дисплея	OLED (монохромний)
Діагональ	0.96 дюйма
Роздільна здатність	128 × 64 пікселів
Інтерфейс підключення	I ² C
Робоча напруга	3,3 – 5 В
Контрастність	Висока, до 10 000:1
Кут огляду	До 160 градусів
Колір зображення	Білий, блакитний або жовто-блакитний
Енергоспоживання	до 20 мА
Контролер дисплея	SSD1306
Температурний діапазон	-40°C ... +85°C

OLED-дисплеї широко використовуються у вбудованих системах через низьке енергоспоживання, компактні розміри, високу швидкодію (оновлення без інерції, на відміну від LCD), та просту інтеграцію з мікроконтролерами через інтерфейси I²C. Завдяки наявності бібліотек, їх легко програмувати на платформах Arduino або ESP32.

Вибір OLED-дисплея для реалізації комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення є цілком виправданим. Такий дисплей дозволяє оперативно виводити інформацію про поточний час, активний режим освітлення, інтенсивність світла або навіть налаштування, доступні користувачеві. Його низьке енергоспоживання є критичним для систем, які працюють на базі енергоощадних мікроконтролерів або живляться від акумуляторів. Крім того, висока контрастність і незалежність від підсвітки дозволяє використовувати

дисплей у різних умовах освітлення — від темного приміщення до яскравого сонячного світла.

Компактні розміри модуля OLED-дисплея забезпечують зручність його розміщення на корпусі пристрою, не порушуючи ергономіки. Завдяки поширеності чіпа SSD1306, дисплей легко інтегрується у систему і не потребує складного налаштування. Таким чином, OLED-дисплей є оптимальним вибором для візуалізації параметрів роботи системи в реальному часі, що значно підвищує зручність користування і функціональність пристрою загалом.

2.2.5 Модуль годинника реального часу DS3231

Модуль ГРЧ DS3231 є високоточним цифровим пристроєм, що забезпечує точне відображення поточного часу та дати, незалежно від стану живлення основної системи [10]. Завдяки наявності вбудованого кварцового резонатора та температурної компенсації, він здатен підтримувати стабільність ходу з похибкою лише ± 2 ppm (приблизно ± 1 хвилина на рік), що робить його одним із найточніших серед аналогічних рішень (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Модуль DS3231

Модуль складається з мікросхеми DS3231, що є основним функціональним елементом пристрою. У конструкції також передбачено слот для резервного живлення за допомогою літієвого елемента CR2032, що дозволяє модулю зберігати дані про час і дату навіть при повному вимкненні живлення основної плати,

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наприклад Arduino або іншого мікроконтролера. Крім того, плата оснащена двома виводами для сигналів переривання (INT/SQW), які можуть бути використані для генерування імпульсів з частотою 1 Гц, 1 кГц, 4 кГц або 8 кГц, а також для встановлення будильника.

Обмін даними здійснюється через I²C (виводи SDA та SCL), що забезпечує простоту інтеграції в систему та високу надійність передачі даних. Всі регістри модуля доступні для читання і запису, що дозволяє повністю налаштовувати пристрій та опрацьовувати інформацію в режимі реального часу. DS3231 підтримує 24-годинний та 12-годинний формати відображення часу, має окремі регістри для збереження параметрів часу, а також логіку корекції високосного року.

Вибір ГРЧ DS3231 для реалізації комп'ютеризованої системи персоналізованого освітлення з урахуванням циркадного ритму є цілком обґрунтованим. Ця система повинна враховувати поточний час доби з високою точністю, адже на основі цього даного визначається тип освітлення — тепле чи холодне, яскраве чи приглушене. Завдяки стабільному ходу та енергонезалежній пам'яті, DS3231 дозволяє зберігати правильні параметри часу навіть при аварійному вимкненні або перезавантаженні головного мікроконтролера. Крім того, можливість налаштування будильників і генерація сигналів переривання відкриває перспективи для подальшого розширення функціональності системи — наприклад, активування певного освітлення в задану годину.

Отже, модуль DS3231 є надійним, компактним і функціональним рішенням, що підходить для вбудованих систем, орієнтованих на довготривалу безперебійну роботу з мінімальним обслуговуванням.

2.3 Розробка електричної схеми пристрою

Електрична принципова схема пристрою для персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини включає кілька основних функціональних блоків: мікроконтролер з WiFi модулем,

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модуль ГРЧ, блок управління освітленням (RGB-світлодіоди), блок вимірювання освітленості. Всі компоненти з'єднані між собою через відповідні інтерфейси та забезпечують коректну та узгоджену роботу системи (рис. 2.9).

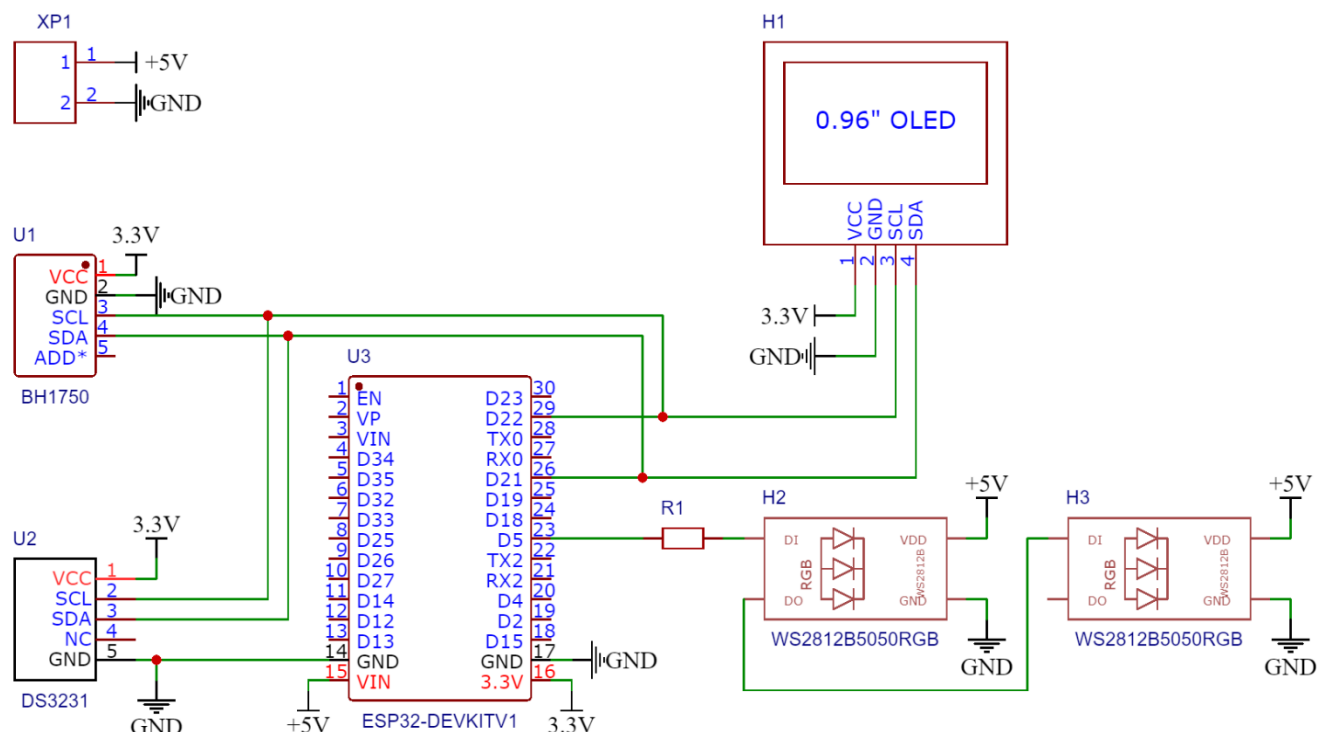


Рисунок 2.9 – Електрична схема пристрою для персоналізованого регулювання освітлення приміщення

Центральним елементом схеми є мікроконтролер ESP32 (U3), що виконує функції збору, обробки та аналізу даних, а також управління виконавчими елементами. Цей контролер вибрано через наявність вбудованого Wi-Fi-модуля, що дозволяє реалізувати віддалений моніторинг та керування освітленням через хмарну платформу. ESP32 з'єднується з іншими модулями за допомогою цифрових або інтерфейсних ліній, зокрема I²C та однопровідного керування.

Для вимірювання рівня освітленості використовується цифровий давач освітленості BH1750 (U1), який підключено до ESP32 через шину I²C (лінії SDA та SCL), яка також може використовуватися для підключення інших сумісних пристроїв. Його дані дозволяють системі оцінити інтенсивність зовнішнього або

внутрішнього освітлення в режимі реального часу та адаптувати яскравість RGB-світлодіодів відповідно до встановлених значень.

Модуль DS3231 (U2) відповідає за точне визначення поточного часу, що є критично важливим для синхронізації освітлення із циркадним ритмом користувача. Він також підключений до тієї ж I²C-шини.

Для візуалізації поточного часу, яскравості або режиму роботи застосовується OLED-дисплей (H1), підключений також до шини I²C. Він дозволяє користувачу бачити поточні параметри системи без необхідності звертатися до мобільного додатку або веб-інтерфейсу.

Для регулювання освітлення використовується кільце з 16 RGB-світлодіодами WS2812 (H2), та лінійка з 8 RGB-світлодіодами (H3), які з'єднується з цифровим виходом мікроконтролера D5. Передача сигналу відбувається по однопровідному інтерфейсу DIN. Живлення світлодіодів організоване окремою гілкою 5 В із зовнішнього джерела.

Система живлення забезпечується через роз'єм XP1 5 В, який одночасно подає живлення на ESP32, OLED-дисплей, ГРЧ та RGB-кільце через розведення живлення по шині.

Розроблена принципова електрична схема реалізує ефективну, гнучку та масштабовану архітектуру для реалізації системи адаптивного освітлення, яка враховує циркадні ритми, рівень зовнішнього освітлення та дозволяє керування і моніторинг через Інтернет. Усі елементи схеми оптимально узгоджені між собою, що забезпечує стабільну роботу пристрою у довготривалому режимі.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Алгоритм роботи системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини

Алгоритм роботи системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини реалізований на базі мікроконтролера ESP32 з використанням хмарної платформи Blynk. Основною ідеєю системи є динамічне регулювання кольору та яскравості штучного освітлення у приміщенні відповідно до часу доби та поточного рівня природного освітлення з можливістю ручного втручання та персоналізації кольорових пресетів.

Після запуску пристрою ініціалізуються всі необхідні модулі: OLED-дисплей виводить стартову інформацію, модуль RTC перевіряє коректність поточного часу, модуль сенсора освітленості BH1750 розпочинає вимірювання, а світлодіодна стрічка та Wi-Fi-модуль готуються до роботи. Після встановлення з'єднання з мережею Wi-Fi та платформою Blynk запускається таймер, який кожні 3 секунди викликає функцію, відповідальну за оновлення режиму освітлення.

Після цього починається основний цикл програми (рис. 3.1), в якому реалізується логіка адаптації освітлення відповідно до добового ритму. Спочатку зчитується рівень освітленості в люксах за допомогою BH1750, а також поточна година доби за допомогою RTC-модуля. Якщо система працює в автоматичному режимі, обирається відповідний пресет кольору на основі часу доби. Вранці освітлення тепле, з перевагою оранжево-жовтих тонів, вдень використовується нейтральне біле світло, у вечірній період домінують м'які теплі відтінки, а вночі — затемнене жовтогаряче освітлення. Такий підхід враховує біологічні ритми людини, зокрема вплив світла на синтез мелатоніну — гормону, відповідального за сон.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Тимошенко Ю.О.			Практична частина	Літ.	Арк.
Перевірив		Паламар А.М.					38
Рецензент		Ясній О.П.				ТНТУ, каф. КС, гр. CI-42	
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Зав. каф.		Осухівська Г.М.					
						Акрушів	15

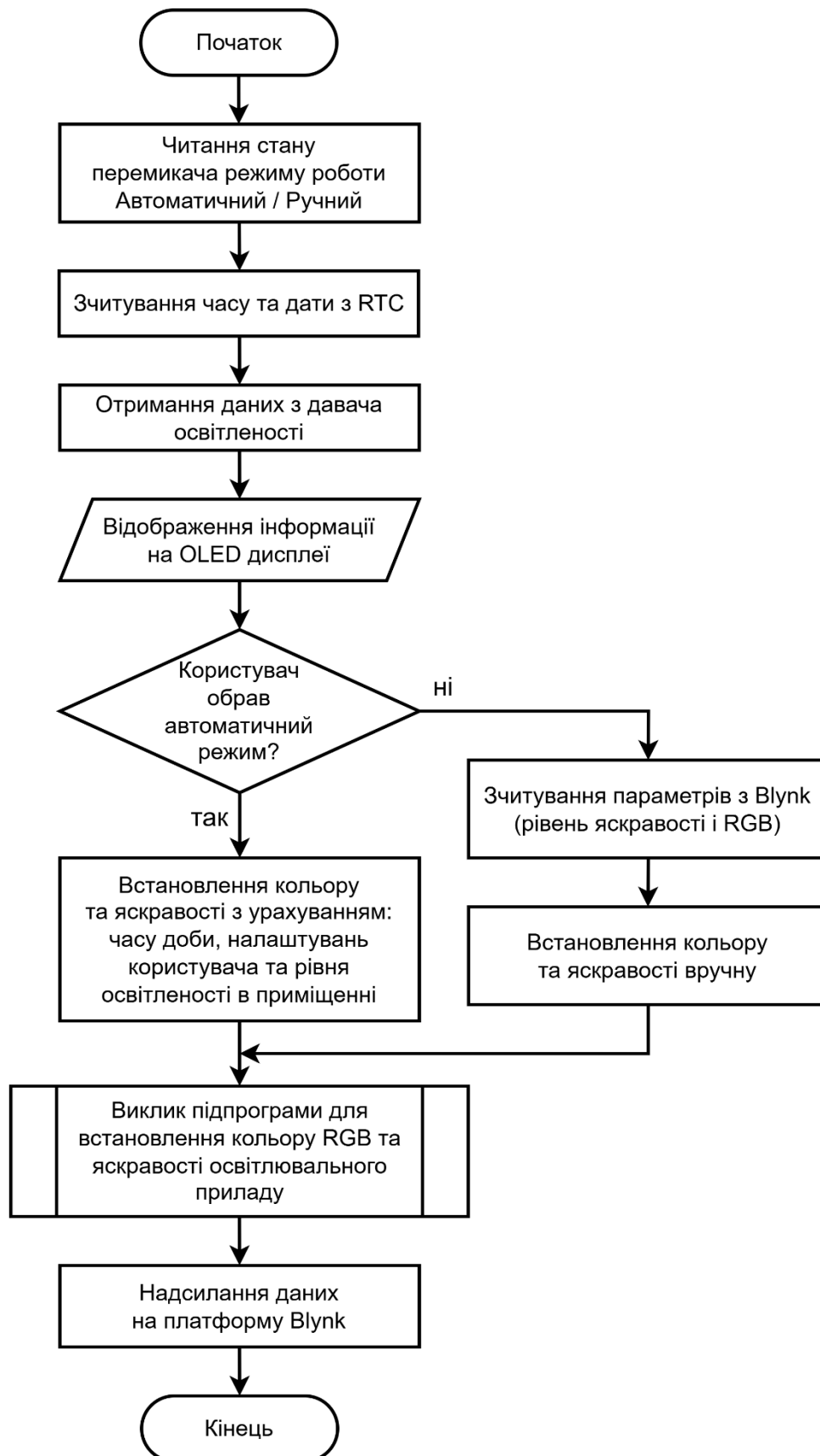


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи циклічної підпрограми loop() системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини

Окрім кольору, автоматичний режим також регулює яскравість світлодіодної стрічки залежно від рівня природного освітлення в кімнаті. Якщо сенсор зафіксував низький рівень освітленості, яскравість підвищується до 100%; при середньому рівні — до 70%; при задовільному освітленні — до 40%; а якщо освітлення перевищує 600 лк, яскравість знижується до 20%. Таким чином забезпечується енергозбереження і підтримка комфортного візуального середовища.

У ручному режимі користувач може самостійно задавати потрібні кольори через RGB-вибір у додатку Blynk. При цьому система дозволяє зберігати поточні значення кольору у відповідні часові пресети (ранок, день, вечір, ніч) натисканням на відповідні віртуальні кнопки. Така функціональність дозволяє адаптувати автоматичний режим під індивідуальні вподобання користувача. Значення кольору зберігаються у глобальних змінних. Надалі ці значення використовуються при переході в автоматичний режим.

Поточний стан системи, включно з годиною, рівнем освітленості, активним режимом та поточними значеннями кольору, відображається на OLED-дисплеї. Це забезпечує локальну візуалізацію параметрів системи без необхідності доступу до мобільного додатку. Відображення оновлюється щосекунди у циклі.

Усі зміни параметрів передаються через платформу Blynk, яка забезпечує віддалений контроль з мобільного пристрою. За допомогою віртуальних пінів користувач може змінювати режим роботи (автоматичний/ручний), регулювати яскравість, задавати значення RGB для ручного режиму та зберігати їх як стандартні для певного часу доби. Кожна така взаємодія обробляється відповідною функцією зворотного виклику.

Запропонований алгоритм забезпечує гнучке і персоналізоване керування освітленням з урахуванням біологічних особливостей людини. Він поєднує автоматичне регулювання відповідно до часу доби та рівня освітленості із можливістю ручної конфігурації, що дозволяє врахувати індивідуальні потреби користувача. Поєднання апаратних модулів та програмної логіки створює зручне рішення для створення комфортного освітлення в приміщенні.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка програмного забезпечення

3.2.1 Опис підключених бібліотек

У програмному забезпеченні розробленої комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини використано низку бібліотек, що забезпечують роботу з апаратними модулями, IoT-платформою Blynk, а також реалізацію візуального відображення інформації. Кожна з бібліотек виконує специфічні функції, і їх використання є критично важливим для реалізації всього функціоналу системи (рис. 3.2).

```
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <BH1750.h>
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду для підключення бібліотек

Бібліотека `WiFi.h` є стандартною для мікроконтролера ESP32 і використовується для підключення пристрою до мережі Wi-Fi. Завдяки цій бібліотеці забезпечується обмін даними з платформою Blynk, що уможливорює дистанційне керування та моніторинг параметрів освітлення через інтернет.

Бібліотека `BlynkSimpleEsp32.h` забезпечує зв'язок між мікроконтролером ESP32 та хмарною платформою Blynk. Вона дозволяє взаємодіяти з віртуальними пін-контролами у мобільному додатку, приймати команди керування кольором і яскравістю освітлення, а також передавати виміряні параметри освітленості для відображення у вигляді графіків.

Бібліотека `Adafruit_NeoPixel.h` використовується для керування RGB світлодіодами WS2812, які підтримують послідовне адресне управління. Вона дозволяє змінювати колір, яскравість та ефекти світіння кожного світлодіода в

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кільці окремо або всіх разом, що важливо для реалізації зміни кольору освітлення відповідно до часу доби.

Бібліотека Wire.h реалізує інтерфейс I²C, що використовується для зв'язку з давачами та модулями, зокрема годинником реального часу DS3231 та давачем освітленості BH1750. Завдяки цій бібліотеці забезпечується стабільна та швидка передача даних між мікроконтролером та периферійними пристроями.

Для роботи з ГРЧ використовується бібліотека RTCLib.h, яка надає зручні функції для зчитування поточного часу та дати з модуля DS3231. Вона дозволяє точно визначати період доби для реалізації адаптивної логіки освітлення.

Виведення інформації на OLED-дисплей реалізовано за допомогою двох бібліотек: Adafruit_GFX.h і Adafruit_SSD1306.h. Перша з них є базовою графічною бібліотекою, що підтримує різні типи дисплеїв та функції відображення тексту, ліній, фігур тощо. Друга – спеціалізована бібліотека для OLED-дисплеїв на базі контролера SSD1306, яка забезпечує ініціалізацію дисплея, виведення тексту та графічних елементів.

Окремо варто виділити бібліотеку BH1750.h, яка забезпечує зчитування даних з цифрового давача освітленості BH1750. Цей сенсор вимірює рівень освітленості в люксах з високою точністю, що дозволяє системі точно реагувати на зміни зовнішнього освітлення та здійснювати відповідне регулювання яскравості.

У сукупності зазначені бібліотеки формують програмну основу системи, забезпечуючи її функціональність, надійність та можливість інтеграції з IoT-середовищем. Їх використання дозволило реалізувати адаптивне, персоналізоване та дистанційно кероване освітлення з урахуванням фізіологічних особливостей людини.

3.2.2 Підпрограма setup

Підпрограма setup() виконує ініціалізацію всіх необхідних апаратних і програмних компонентів системи персоналізованого регулювання освітлення. Вона є обов'язковою частиною скетчу для мікроконтролера й виконується лише

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

один раз. Саме у цій функції задається початковий стан системи, забезпечується підключення до Wi-Fi мережі та ініціюється періодичне виконання основної логіки керування освітленням (рис. 3.3).

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  // OLED
  oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  oled.clearDisplay();
  oled.setTextSize(1);
  oled.setTextColor(1);
  oled.setCursor(0, 0);
  oled.println("  Lighting Control  ");
  oled.println("      System      ");
  oled.println("    Created by:    ");
  oled.println(" ");
  oled.setTextSize(1);
  oled.println(" Tymoshenko Yuliya ");
  oled.display();
  delay(2000);
  // RTC
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("RTC not found!");
    while (1);
  }
  if (rtc.lostPower()) {
    Serial.println("RTC lost power, let's set the time!");
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }
  // Light sensor
  lightMeter.begin();
  // LED strip
  strip.begin();
  strip.show();
  // WiFi + Blynk
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
  // Timer
  timer.setInterval(3000L, updateLighting); // кожні 3 с
}
```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду функції setup()

На початку функції активується послідовний порт для відлагодження. Далі ініціалізується шина I²C, яка використовується для зв'язку з такими пристроями, як OLED-дисплей, модуль реального часу (RTC) та сенсор освітленості BH1750.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним етапом є ініціалізація OLED-дисплея, після чого очищується екран, встановлюється розмір і колір тексту, а також виводиться привітальне повідомлення з назвою системи та іменем розробника. Це дозволяє візуально переконатися, що система запустилася правильно. Після короткої паузи, протягом якої повідомлення залишається на екрані, система переходить до наступних етапів налаштування.

Після цього відбувається ініціалізація модуля реального часу DS3231. У випадку, коли RTC втратив живлення (наприклад, через розряджений резервний акумулятор), відбувається автоматичне встановлення поточного часу відповідно до моменту компіляції скетчу. Це забезпечує коректну роботу функції визначення часу доби в основній логіці керування кольором освітлення.

Далі активується сенсор освітлення BH1750, що дозволяє надалі зчитувати значення освітленості в одиницях люкс. Після цього відбувається ініціалізація світлодіодної стрічки через метод `strip.begin()` і її попереднє очищення, щоб уникнути випадкового засвічення після ввімкнення живлення.

Окрему увагу приділено підключенню до мережі Wi-Fi та ініціалізації платформи Blynk. За допомогою функцій `WiFi.begin()` і `Blynk.begin()` відбувається під'єднання до бездротової мережі та авторизація у хмарному сервісі керування, що дозволяє в подальшому передавати значення освітленості або керувати параметрами системи зі смартфона.

На завершення функції `setup()` встановлюється таймер для періодичного виклику функції `updateLighting()` через кожні 3 секунди, яка забезпечує регулярне оновлення кольору та яскравості світлодіодів відповідно до часу доби й рівня зовнішнього освітлення. Завдяки цьому досягається плавна та динамічна адаптація системи до змін у навколишньому середовищі без потреби в постійному втручанні користувача.

3.2.3 Підпрограма `loop`

Підпрограма `loop()` є головним циклом виконання програми, який безперервно викликається мікроконтролером і відповідає за динамічне оновлення

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформації, відображення стану системи на OLED-дисплеї, а також за підтримку зв'язку з хмарною платформою Blynk. У цьому циклі реалізовано зчитування поточних даних, виведення їх на дисплей, а також виклик внутрішніх механізмів Blynk та таймера (рис. 3.4).

```
void loop() {
    lux = lightMeter.readLightLevel();
    now = rtc.now();
    currentHour = now.hour();
    currentMinute = now.minute();
    currentSecond = now.second();

    // Виведення на дисплей
    oled.clearDisplay();
    oled.setTextSize(1);
    oled.setCursor(0, 0);
    oled.print("Time: "); oled.print(currentHour);
    oled.print(":"); oled.print(currentMinute);
    oled.print(":"); oled.println(currentSecond);
    oled.print("Mode: "); oled.println(autoMode ? "AUTO" : "MANUAL");
    oled.setTextSize(2);
    oled.setCursor(0, 17);
    oled.print("Lux: "); oled.println(lux,0);
    oled.setTextSize(1);
    oled.println(" ");

    oled.print("R: "); oled.println(r);
    oled.print("G: "); oled.println(g);
    oled.print("B: "); oled.println(b);
    oled.display();

    Blynk.run();
    timer.run();

    delay(1000);
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду функції loop()

На початку підпрограми відбувається зчитування поточного рівня освітленості за допомогою функції `lightMeter.readLightLevel()`, результат якої зберігається у змінній `lux`. Далі зчитується поточний час із модуля реального часу (RTC) за допомогою виклику `rtc.now()`, а з об'єкта `DateTime` витягуються значення

годин, хвилин і секунд. Ці дані використовуються як для логіки керування, так і для виводу інформації на екран.

Наступним кроком є оновлення OLED-дисплея. Спочатку очищується попередній вміст екрану через `oled.clearDisplay()`, після чого встановлюється розмір тексту та координати курсора. На перших рядках дисплея виводиться поточний час у форматі годин, хвилин і секунд, а також режим роботи системи — автоматичний або ручний.

Далі виводиться значення освітленості в люксах, округлене до цілого числа. Це дозволяє користувачу швидко оцінити рівень зовнішнього освітлення без додаткових приладів. Після цього відображаються значення компонентів кольору (R, G, B), які наразі застосовуються для світлодіодного освітлення. Це є корисним як для налаштування, так і для візуального контролю правильності роботи системи.

Після оновлення дисплея викликається функція `Blynk.run()`, яка забезпечує обробку подій та підтримку з'єднання з платформою Blynk. Завдяки цьому користувач може керувати системою в реальному часі зі смартфона або отримувати актуальні дані. Також викликається `timer.run()`, що дозволяє періодично запускати функцію `updateLighting()`, відповідальну за оновлення кольору та яскравості світлодіодів.

Завершується кожна ітерація циклу затримкою в одну секунду перед наступним повтором циклу. Це дозволяє уникнути надмірного навантаження на OLED-дисплей та зменшити частоту зчитування сенсорів, що є цілком прийнятним для завдань моніторингу в системі освітлення.

3.2.4 Підпрограма `updateLighting`

Функція `updateLighting()` відіграє ключову роль у реалізації алгоритму автоматичного керування освітленням у системі персоналізованого регулювання освітлення з урахуванням циркадного ритму людини. Її основне завдання — здійснювати адаптацію колірної гами та яскравості світлодіодної стрічки відповідно до поточного часу доби й рівня освітленості у приміщенні, який

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

зчитується за допомогою фотометричного сенсора BH1750. Це дозволяє створити оптимальні умови освітлення, які відповідають біологічним ритмам користувача та сприяють підвищенню його комфорту і працездатності (рис. 3.5).

```
void updateLighting() {
    if (autoMode) {
        // Вибір кольору за часом
        if (currentHour >= 6 && currentHour < 12) {
            r = morningR; g = morningG; b = morningB;
        } else if (currentHour >= 12 && currentHour < 18) {
            r = dayR; g = dayG; b = dayB;
        } else if (currentHour >= 18 && currentHour < 21) {
            r = eveningR; g = eveningG; b = eveningB;
        } else {
            r = nightR; g = nightG; b = nightB;
        }
        // Автоматичне регулювання яскравості залежно від освітлення
        if (lux < 100) brightness = 100;
        else if (lux < 300) brightness = 70;
        else if (lux < 600) brightness = 40;
        else brightness = 20;
    }
    // Оновлення світлодіодів
    for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
        strip.setPixelColor(i, strip.Color((r*brightness)/100, (g*brightness)/100, (b*brightness)/100));
    }
    strip.show();
    // Відправлення у Blynk
    Blynk.virtualWrite(VPIN_LUX_DISPLAY, lux);
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду підпрограми updateLighting()

На початку функції відбувається перевірка, чи система перебуває в автоматичному режимі. Якщо так, то на основі значення поточної години доби обирається відповідна кольорова температура, яка відповідає біологічним потребам організму у той чи інший період. Так, у ранкові години (6:00–11:59) вмикається тепле світло з домінуванням помаранчево-жовтого відтінку (255, 200, 150), що сприяє м'якому пробудженню. У денні години (12:00–17:59) система переходить до білого світла високої інтенсивності (255, 255, 255), що підтримує концентрацію уваги. У вечірній час (18:00–20:59) активується тепліше освітлення з помаранчевим відтінком (255, 150, 80), що допомагає організму поступово підготуватись до відпочинку. У нічний час (21:00–5:59) використовується

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

приглушене жовто-оранжеве світло (180, 100, 40), яке мінімально впливає на секрецію мелатоніну та не порушує сон.

Після вибору кольору у автоматичному режимі система додатково враховує рівень освітленості в кімнаті. Якщо значення lux менше 100, яскравість встановлюється на максимум (100%), що дозволяє компенсувати дефіцит природного освітлення. Якщо освітленість знаходиться в межах від 100 до 300 люкс, яскравість зменшується до 70%. При значенні між 300 та 600 — до 40%, а при перевищенні 600 люкс — до мінімального рівня 20%. Таким чином реалізується адаптивне регулювання яскравості в залежності від природного освітлення, що дозволяє уникнути перевантаження зорової системи користувача.

Після встановлення відповідних значень кольору (r, g, b) та яскравості (brightness), здійснюється оновлення кожного світлодіода у стрічці за допомогою циклу for, який проходить усі елементи масиву пікселів. Для кожного світлодіода викликається метод setPixelColor, у якому обчислюється нове значення кольору з урахуванням коефіцієнта яскравості. Зокрема, кожен з компонентів кольору (червоний, зелений, синій) масштабується за формулою: (компонент * яскравість) / 100. Після оновлення усіх світлодіодів викликається метод strip.show(), який надсилає відповідні сигнали на драйвери світлодіодів та виводить зміни на фізичному рівні.

На завершення функція передає значення освітленості lux у мобільний застосунок Blynk. Це дозволяє користувачу в режимі реального часу бачити інформацію про рівень освітлення в приміщенні на екрані смартфона, що підвищує прозорість роботи системи й сприяє її кращому сприйняттю.

Функція updateLighting() реалізує гнучкий механізм регулювання освітлення в приміщенні, який поєднує врахування біоритмів користувача та поточних умов зовнішнього середовища. Вона є центральним елементом інтелектуальної логіки системи й дозволяє забезпечити індивідуальний комфорт та енергоефективність освітлення без необхідності постійного втручання користувача.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

3.2.5 Макроси BLYNK_WRITE

У структурі програмного коду комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення важливу роль відіграє обробка зворотних викликів (callback-функцій) з IoT-платформи Blynk. Вона реалізується за допомогою макросів BLYNK_WRITE, які реагують на зміну значень у віртуальних віджетах, розміщених у мобільному додатку Blynk. Ці функції дозволяють здійснювати інтерактивне налаштування параметрів освітлення в реальному часі (рис. 3.6).

```
BLYNK_WRITE(VPIN_BRIGHTNESS) {  
  if (!autoMode) brightness = param.asInt();  
}  
BLYNK_WRITE(VPIN_COLOR_RGB) {  
  if (!autoMode) {  
    manualR = param[0].asInt();  
    manualG = param[1].asInt();  
    manualB = param[2].asInt();  
    r = manualR; g = manualG; b = manualB;  
  } else {  
    manualR = param[0].asInt();  
    manualG = param[1].asInt();  
    manualB = param[2].asInt();  
  }  
}  
BLYNK_WRITE(VPIN_AUTOMODE) {  
  autoMode = param.asInt();  
}  
// Кнопки збереження кольорів у відповідні пресети  
BLYNK_WRITE(VPIN_BTN_MORNING) {  
  if (!autoMode && param.asInt() == 1) {  
    morningR = manualR;  
    morningG = manualG;  
    morningB = manualB;  
  }  
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг коду макросів BLYNK_WRITE

Варто зауважити, що будь-яка зміна цих параметрів не лише зберігається у відповідних змінних, але й автоматично враховується під час наступного виклику функції updateLighting(), яка оновлює світлодіоди на основі актуальних значень

яскравості та кольору. Завдяки цьому забезпечується висока інтерактивність системи — усі зміни користувач бачить практично миттєво.

Використання зворотних викликів BLYNK_WRITE дозволяє ефективно реалізувати двосторонню взаємодію між користувачем та пристроєм через інтерфейс Blynk. Це забезпечує гнучке управління системою освітлення і підвищує комфорт її використання, особливо у контексті персоналізованого регулювання відповідно до індивідуальних біоритмів.

3.3 Реалізація взаємодії з платформою Blynk

3.3.1 IoT-платформа Blynk

IoT-платформа Blynk є однією з найпопулярніших та зручних у використанні середовищ для створення інтерфейсів керування мікроконтролерними пристроями, підключеними до Інтернету. Вона дозволяє розробникам і користувачам без значних зусиль організовувати взаємодію між пристроями на базі мікроконтролерів, та смартфоном або планшетом через хмару або локальний сервер. Завдяки гнучкості та підтримці апаратного забезпечення, Blynk є ідеальним інструментом для швидкої розробки IoT-систем, включно з системами автоматизованого регулювання освітлення.

Основна перевага Blynk — це мобільний додаток, який дозволяє створювати власні графічні інтерфейси для керування пристроями шляхом додавання віртуальних віджетів (кнопок, слайдерів, графіків, дисплеїв тощо) без програмування інтерфейсу вручну. Комунікація між додатком і пристроєм здійснюється через інтернет за допомогою Blynk Cloud або локального Blynk Server. Крім того, платформа підтримує широкі можливості для зворотного зв'язку з пристроєм, включаючи передачу сенсорних даних, повідомлення про події та віддалене оновлення параметрів.

Для розроблення комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини, Blynk обрано як основну платформу для реалізації користувацького інтерфейсу з

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількох причин. Вона дозволяє організувати зручний інтерфейс керування освітленням через смартфон, що відповідає вимогам персоналізованості. Користувач може змінювати яскравість та колір освітлення відповідно до власних уподобань або добового режиму. Blynk підтримує зчитування значень із сенсорів, що використовується для відображення рівня освітленості приміщення. Це дозволяє реалізувати не лише ручне, а й автоматичне регулювання освітлення.

Також слід зазначити, що Blynk має розвинену систему подій та таймерів, що дозволяє налаштовувати поведінку пристрою відповідно до часу доби, зокрема — вмикання теплого освітлення у вечірні години та холодного — вранці. Це напряму пов'язано з підтримкою циркадного ритму людини, що є однією з основних функцій даної системи. Крім того, Blynk підтримує хмарне збереження даних та інтеграцію з іншими IoT-сервісами через API, що відкриває додаткові можливості для масштабування та удосконалення проєкту в майбутньому.

Вибір IoT-платформи Blynk для реалізації цієї системи є цілком виправданим з погляду зручності реалізації, широких функціональних можливостей, підтримки ESP32 та готових інструментів для мобільного керування і зчитування даних. Це дозволяє створити інтуїтивно зрозумілий, функціональний та розширюваний інтерфейс, що робить систему дійсно персоналізованою, сучасною та зручною для користувача.

3.3.2 Налаштування Blynk

У процесі реалізації комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини було налаштовано IoT-платформу Blynk, яка забезпечила інтуїтивно зрозумілий мобільний інтерфейс. Налаштування почалося зі створення нового проєкту, у якому було обрано тип апаратної платформи — ESP32, а також обрано тип з'єднання через Wi-Fi.

Після створення проєкту система автоматично згенерувала Auth Token — унікальний ключ, який було надіслано на електронну пошту. Цей токен було збережено та згодом використано в програмному коді мікроконтролера ESP32 для

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зв'язку з хмарним сервером Blynk. У застосунку було створено інтерфейс керування системою, до якого додано кілька віджетів: слайдер для регулювання яскравості освітлення, компонент zeRGBa для вибору кольору світла, кнопки для зміни параметрів у відповідний період доби, а також графік для візуалізації рівня освітленості, отриманого із сенсора (рис. 3.7).

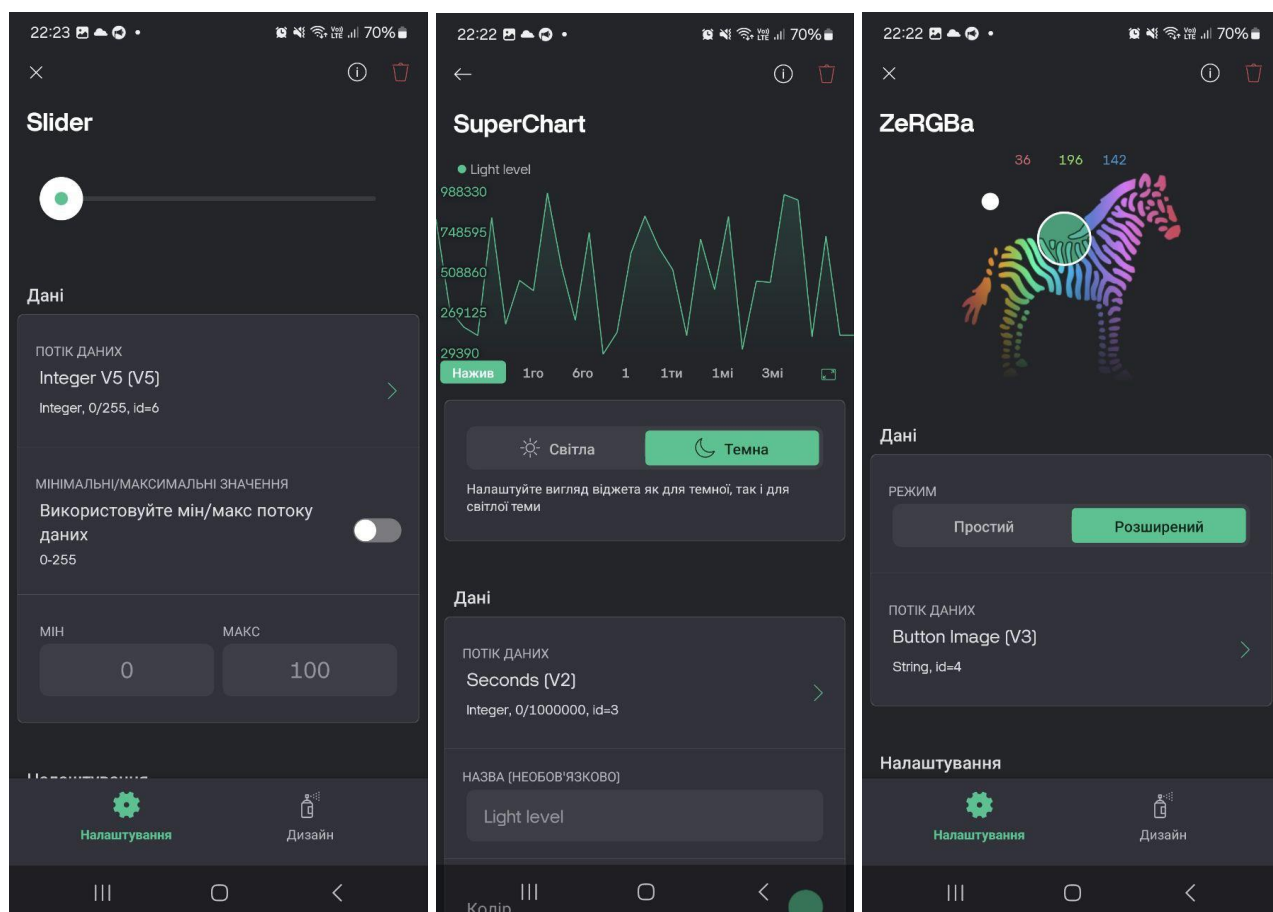


Рисунок 3.7 – Налаштування візуальних елементів в Blynk

Візуальні віджети були прив'язані до відповідних віртуальних пінів (наприклад, V5 для яскравості, V2 для рівня освітленості, V3 для кольору світла), що дозволило мікроконтролеру отримувати значення з мобільного додатка та відповідно змінювати стан світлодіодного освітлення. Додатково було налаштовано графічний віджет "SuperChart", прив'язаний до віртуального піну, що передавав дані з датчика освітленості, зчитаного мікроконтролером, для виводу графіку зміни рівня освітлення упродовж доби.

На наступному етапі налаштування було внесено відповідні зміни у програмний код ESP32: бібліотеку Blynk було ініціалізовано з використанням Auth Token, SSID та пароля Wi-Fi мережі, а також реалізовано обробники подій для віджетів. Завдяки функціям BLYNK_WRITE() та Blynk.virtualWrite() було забезпечено двосторонню взаємодію між пристроєм і додатком. Програма також містила логіку обробки часу доби за допомогою модуля DS3231 для реалізації автоматичного сценарію зміни кольору та яскравості освітлення відповідно до циркадного ритму.

Завдяки правильному налаштуванню IoT-платформи Blynk система набула широких функціональних можливостей: користувач отримав змогу не лише вручну змінювати параметри освітлення, але й автоматично керувати ними відповідно до добового циклу, переглядати графік освітленості та адаптувати умови освітлення до своїх потреб у режимі реального часу. Це значно підвищило ефективність та зручність використання розробленої системи.

3.4 Тестування системи

У процесі реалізації комп'ютеризованої системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини було проведено поетапне тестування її функціональних складових. Перевірка працездатності системи розпочалася з тестування окремих апаратних модулів: мікроконтролера ESP32, модуля годинника реального часу DS3231, датчика освітленості BH1750, OLED-дисплея та RGB світлодіодного кільця WS2812. Кожен компонент було перевірено за допомогою тестових скетчів, що дозволило впевнитися у справному підключенні та коректній роботі кожного з елементів.

Після цього було здійснено перевірку взаємодії компонентів між собою в межах єдиної системи. Була розроблена тестова програма, що зчитувала значення часу з модуля DS3231, рівень освітленості з BH1750, виводила дані на OLED-дисплей, а також керувала кольором і яскравістю світлодіодів відповідно до часу доби. У процесі тестування перевірялося, чи змінюється освітлення відповідно до

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заданих параметрів циркадного ритму — наприклад, чи вмикається тепле м'яке світло у вечірній час, і чи активується холодне біле світло вранці (рис. 3.8).

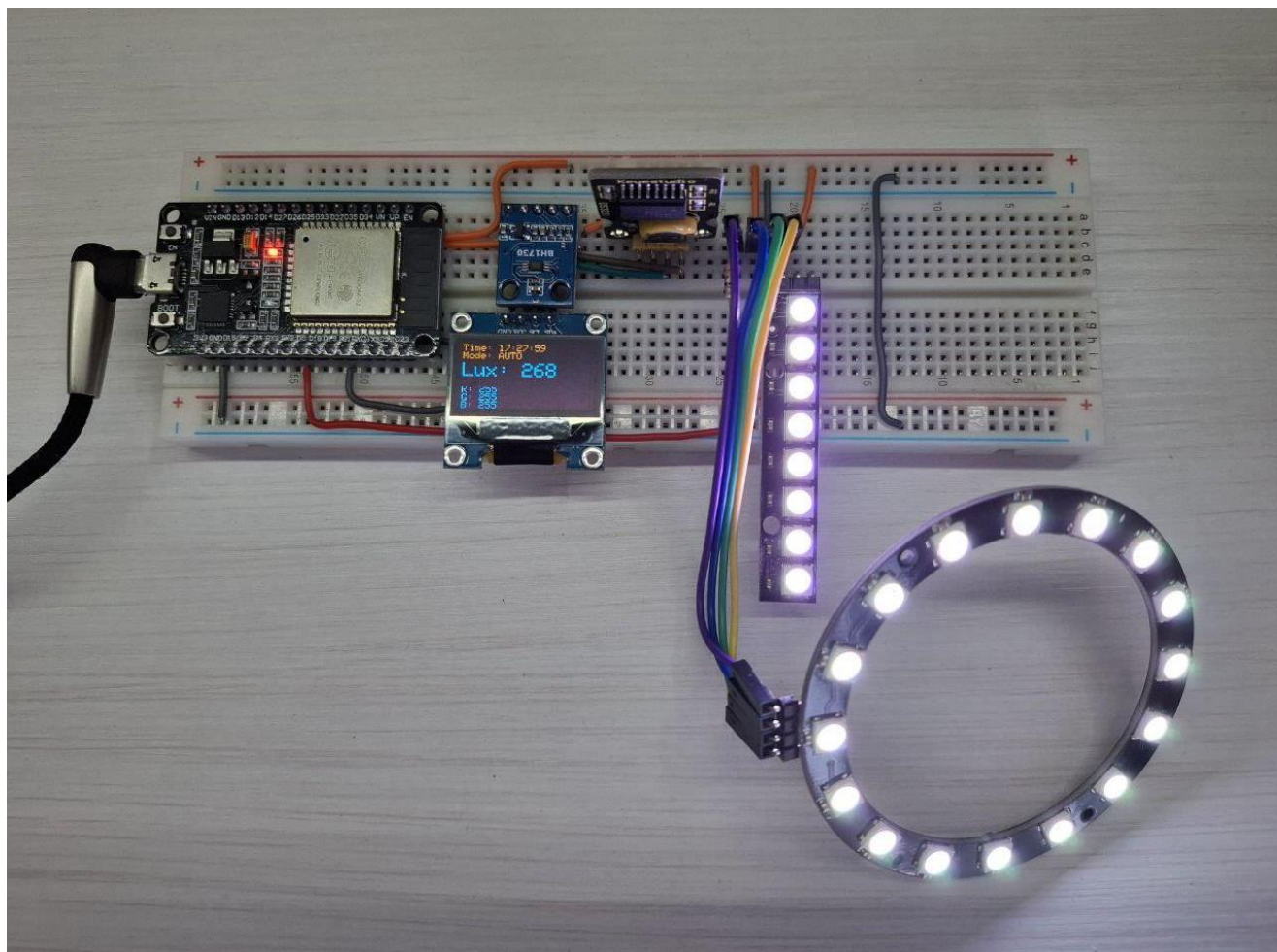


Рисунок 3.8 – Процес тестування системи персоналізованого регулювання освітлення

Особливу увагу було приділено перевірці роботи IoT-функціоналу. Було протестовано з'єднання мікроконтролера з платформою Blynk через Wi-Fi, передачу та обробку даних з віртуальних пінів, а також коректне оновлення параметрів освітлення через мобільний додаток. Усі зміни, які здійснювалися в інтерфейсі Blynk, оперативно відображалися в поведінці системи — наприклад, зміна яскравості слайдером призводила до зміни інтенсивності світіння світлодіодів (рис. 3.9).

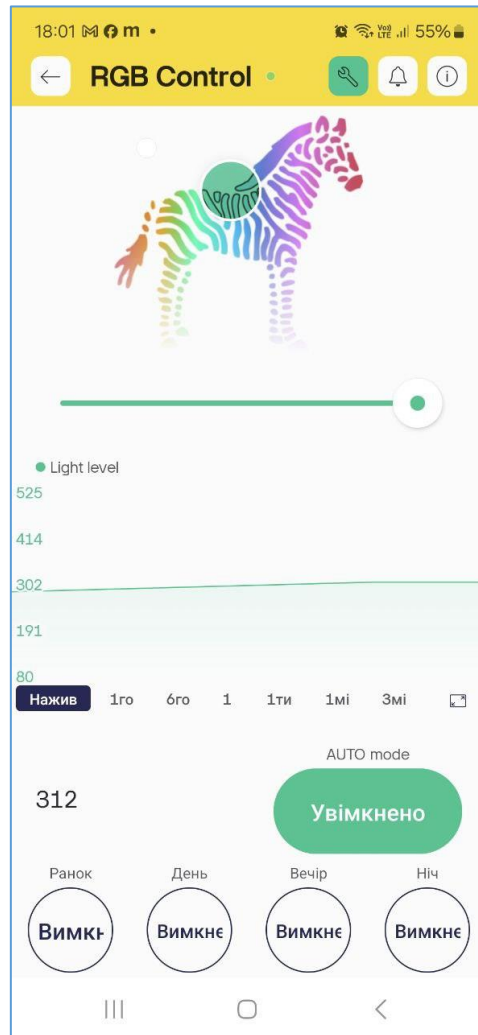


Рисунок 3.9 – Інтерфейс мобільного додатку системи персоналізованого регулювання освітлення

Окремо було протестовано модуль відображення графіку освітленості: дані з BH1750 передавалися на віртуальний пін і виводилися на графіку в застосунку Blynk (рис. 3.10). Це дало змогу спостерігати за змінами рівня освітлення упродовж дня, зокрема при зміні природного освітлення в кімнаті.

На завершальному етапі тестування система була встановлена у реальному приміщенні де протягом кількох днів проводився моніторинг її роботи. Спостереження підтвердили стабільну роботу всіх підсистем, точність автоматичного визначення періоду доби, надійність керування світлом з мобільного застосунку та відповідність рівня освітленості до заданих умов. За результатами тестування було здійснено незначні корекції програмного коду з метою підвищення швидкодії та зручності користування.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

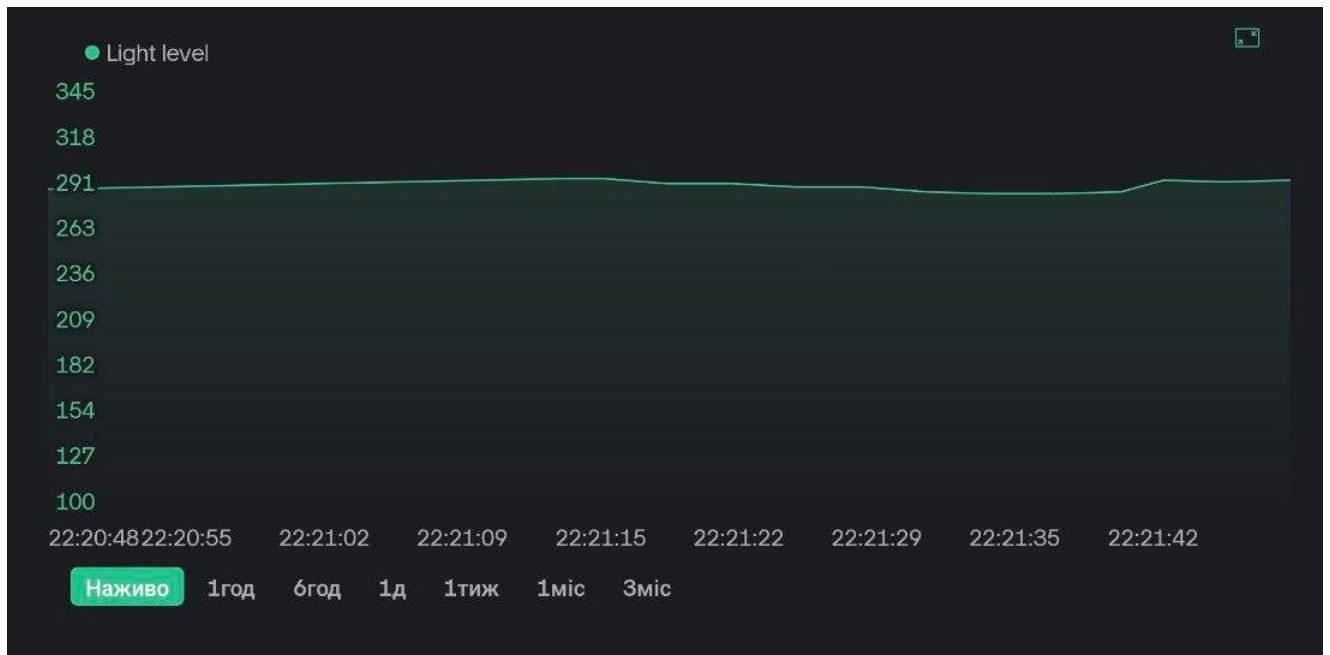


Рисунок 3.10 – Графік зміни рівня освітленості приміщення

Загалом, процес тестування підтвердив працездатність та ефективність запропонованого рішення, а також відповідність розробленої комп'ютеризованої системи поставленим функціональним вимогам.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Долікарська допомога при кровотечах

Кровотеча може виникнути в будь-якої людини навіть при роботі за ПК під час виконання поставлених завдань розробникам. Зазвичай це капілярна кровотеча але може виникнути і масивніший крововилив. Необхідно знати базову допомогу при таких випадках оскільки це може врятувати чиєсь життя або своє власне.

Кровотеча виникає через порушення цілісності кровоносних судин. Загальний обсяг циркуляційної крові у дорослої людини – близько п'ять літрів. Водночас загрозою для життя є втрата понад 30 % цього обсягу, особливо в короткі терміни. Кров зазвичай втрачається через рану. Раною називається пошкодження шкіри, слизової оболонки чи глибоких тканин, що супроводжується болем та кровотечею і має вигляд зяючого отвору [33].

Мікроби потрапляють до рани разом із предметом, яким заподіяно рану, а також із землею, шматками одягу, повітрям і при дотиках до рани руками. Найнебезпечнішими є мікроорганізми, що розвиваються у рані за умови відсутності повітря і спричиняють газову гангрену. Небезпечним ускладненням ран є зараження їх збудником правця. Рани можуть бути поверхневими або проникаючими у порожнину черепа, грудну клітину, черевну порожнину. Проникаючі рани – найнебезпечніші. Профілактика зараження рани – найшвидше накладення на неї асептичної пов'язки, для запобігання доступу мікробів.

Причини кровотечі — пошкодження цілості кровоносних судин внаслідок механічного або патологічного порушення. За формою прояву кровотечі бувають:

- зовнішні – коли видно місце, звідки тече кров;
- внутрішні – коли кров виливається у внутрішні порожнини чи тканини.

Залежно від виду пошкоджених кровоносних судин кровотечі бувають артеріальні, венозні та капілярні.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Тимошенко Ю.О.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірів		Паламар А.М.								57	6
Консульт.		Пилипець М.І.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Зав. каф.		Осухівська Г.М.									

Артеріальна кровотеча характеризується яскраво-червоним кольором крові, кров б'є сильним струменем, поштовхами. Венозна кров має темно червоне забарвлення, витікає з рани безперервно і повільно. При капілярній кровотечі кров виділяється краплями або сочиться з усієї поверхні рани.

Кровотечу необхідно якнайшвидше зупинити. Капілярна кровотеча добре зупиняється стисною пов'язкою, перед чим шкіру навколо рани обробляють розчином йоду, спирту, горілки, одеколону. Якщо з рани виступає сторонній предмет, його треба локалізувати і закріпити, для цього необхідно зробити у пов'язці отвір, інакше цей предмет може ще глибше проникнути всередину і викликати ускладнення. Венозну кровотечу теж зупинити не дуже важко [33].

Іноді досить підняти кінцівку, максимально зігнути її у суглобі обробити шкіру навколо рани, накласти стисну пов'язку і забинтувати. Для тимчасової зупинки артеріальної кровотечі здійснюють притискування артерії до кістки вище від місця поранення. Притискування здійснюють в тих місцях, де артерія знаходиться неглибоко, декількома пальцями однієї чи обох рук, а іноді навіть кулаком.

Скроневу артерію притискають попереду мочки вуха до виличної кістки. При кровотечі з головної шийної (сонної) артерії рану, по можливості, стискають пальцем, після чого набивають великою кількістю марлі, тобто роблять тампонування.

Для тимчасової зупинки кровотечі при пораненні передпліччя використовують різке згинання руки в ліктьовому суглобі, а у випадках пошкодження судин на нозі нижче коліна — різке згинання ноги у колінному суглобі, підклавши в ліктьову чи підколінну ямку пакунок чи згорток з марлі, вати.

Найнадійнішим методом тимчасової зупинки артеріальної кровотечі з пораних кінцівок є накладення гумового джгута. Кінцівку в місці накладання джгута обгортають марлею, рушником чи іншою тканиною, підіймають, джгут розтягують і роблять ним 2-3 оберти навколо кінцівки. Кінці джгута скріплюють за допомогою ланцюжка з крючком, а в разі їх відсутності — зв'язують. Якщо джгут накладено правильно, пульс нижче місця накладання зникає [33].

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість використання джгута обмежується двома годинами, а взимку — однією годиною, у протилежному випадку кінцівка мертвіє. Необхідно залишити записку із зазначенням точного часу накладання джгута, щоб медичні працівники могли правильно оцінити ситуацію та вчасно надати необхідну допомогу. Якщо протягом цього часу немає можливості забезпечити додаткову допомогу, то через 1,5-2,0 години джгут на кілька хвилин відпускають (до почервоніння шкіри), кровотечу при цьому зменшують іншими методами (тампоном), а потім знову затягують джгут, трохи відступивши від попереднього місця його накладання.

У разі відсутності джгута накладають закрутку з пояса, рушника, хустки або іншого матеріалу, який не туго зав'язують навколо кінцівки. В петлю вставляють палицю і закручують. Для того щоб не пошкодити шкіру, під закрутку необхідно підкласти бинт чи іншу тканину. Після накладання джгута чи закрутки потерпілого потрібно якомога швидше доставити в медичний заклад.

Часто кровотечі виникають через пошкодження м'яких тканин внаслідок удару і є однією з ознак цього виду травми. Іншими ознаками удару м'яких тканин є болі в місці удару, розлита припухлість (крововилив), обмежена рухомість ушкодженої частини тіла.

Перша допомога у випадку пошкодження м'яких тканин за умови відсутності в цьому місці перелому чи вивиху — холод на місце удару (рушник, змочений холодною водою, пузир з льодом чи снігом) та туга пов'язка на місце крововиливу і спокій ушкодженій частині тіла [34].

Травми легень супроводжуються відхаркуванням яскраво-червоної спіненої крові. При цьому дихання утруднене. Для надання допомоги хворого кладуть у напівлежаче положення, під спину підкладають валик, на груди кладуть холодний компрес. Потерпілому забороняється говорити і рухатись, необхідна госпіталізація.

Пошкодження органів черевної порожнини супроводжується значними болями, блюванням. У разі пошкодження печінки чи нирок з'являється внутрішня кровотеча. Кровотеча з травного тракту характеризується блюванням темно-

червоною кров'ю, що зсілася. Для надання допомоги положення потерпілому забезпечується те саме, що й при кровотечі з легень, але ноги згинаються в колінах. Потерпілого потрібно негайно відправити до лікарні.

В разі пошкодження м'яких тканин голови, спостерігаються припухлість, крововиливи (гематома) та болі в місці удару. Сильні удари здатні викликати і закриті пошкодження головного мозку. Поранення м'яких тканин на голові супроводжується сильними і тривалими кровотечами. Для надання допомоги потрібно прикласти холод на місце удару, а в разі сильної кровотечі потрібно накласти бинт навколо голови.

4.2 Вимоги до виробничого освітлення та його нормування

Приміщення для роботи з ВДТ повинні бути обладнані природним і штучним освітленням, відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 [35]. Природне освітлення повинно здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5% для захисту зору та зниження навантаження. Віконні прорізи приміщень для роботи з ВДТ повинні бути обладнані регульованими пристроями, такими як жалюзі, штори, зовнішні козирки.

Штучне освітлення приміщення з робочими місцями, обладнаними ВДТ ЕОМ загального та персонального користування, має бути обладнане системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, де переважають роботи з документами, допускається використовувати систему комбінованого освітлення (додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

Загальне освітлення має бути виконане у вигляді суцільних або переривчатих ліній світильників, що розміщуються збоку від робочих місць (переважно зліва) паралельно лінії зору працівників. Допускається застосовувати світильники таких класів світлорозподілу: світильники прямого світла – П;

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переважно прямого світла – Н; переважно відбитого світла – В. При розташуванні ВДТ за периметром приміщення лінії світильників штучного освітлення повинні розміщуватися локально над робочими місцями. Для загального освітлення необхідно застосовувати світильники із розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або віддзеркалювачами, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Застосування світильників без розсіювачів та екранних сіток забороняється.

Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися люмінесцентні лампи типу ЛБ. При обладнанні відбивного освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях можуть застосовуватися металогалогенні лампи потужністю до 250 Вт. Допускається у світильниках місцевого освітлення застосовувати лампи розжарювання.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° відносно вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна складати не більше 200 кд/м², а захисний кут світильників повинен бути не більшим за 40°. Коефіцієнт запасу відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 для освітлювальної установки загального освітлення потрібно приймати рівним 1,4 [35]. Коефіцієнт пульсації повинен не перевищувати 5 % і забезпечуватися застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального і місцевого освітлення. За відсутності світильників з ВЧ ПРА лампи багатолампових світильників або розташовані поруч світильники загального освітлення необхідно підключати до різних фаз трифазної мережі.

Рівень освітленості на робочому столі в зоні розташування документів має бути в межах 300...500 лк. У разі неможливості забезпечити даний рівень освітленості системою загального освітлення допускається застосування світильників місцевого освітлення, але при цьому не повинно бути відблисків на поверхні екрану та збільшення освітленості екрану більше ніж до 300 лк. Світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла з захисним кутом не меншим за 40°. Необхідно передбачити обмеження прямої

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

близькості від джерела природного та штучного освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, джерела штучного світла) і перебувають у полі зору, повинна бути не більшою за 200 кд/м². Необхідно обмежувати відбиту блискість шляхом правильного вибору типів світильників та розміщенням робочих місць відносно джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані відеотерміналу не повинна перевищувати 40 кд/м², яскравість стелі при застосуванні системи відбивного освітлення не повинна перевищувати 200 кд/м² [36].

Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють з відеотерміналом, при цьому відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинно перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, обладнання) – 5:1.

Необхідно використовувати систему вимикачів, що дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення залежно від інтенсивності природного, а також дозволяє освітлювати тільки потрібні для роботи зони приміщення.

Для забезпечення нормованих значень освітлення в приміщеннях з відеотерміналами ЕОМ загального та персонального користування необхідно очищати віконне скло та світильники не рідше ніж 2 рази на рік, та своєчасно проводити заміну ламп, що перегоріли.

Працівники, які експлуатуватимуть комп'ютеризовану систему персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини, повинні знати та дотримуватися вимог і норм виробничого освітлення.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи була розроблена система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини. Основні результати дослідження та реалізації цієї системи можна сформулювати наступним чином:

1) Проведено аналіз вимог до системи – визначено ключові параметри, які впливають на якість освітлення та його вплив на біоритми людини, а також сформульовано основні вимоги до функціональних можливостей системи.

2) Досліджено аспекти впливу освітлення на циркадний ритм – проаналізовано оптимальні характеристики освітлення для різних періодів доби, що дозволило сформувати алгоритм зміни яскравості та кольору світла.

3) Проведено огляд існуючих засобів персоналізованого регулювання освітлення – проаналізовано сучасні рішення на ринку, що дозволило визначити оптимальні технічні підходи для розробки власної системи.

4) Запропоновано технічне рішення для реалізації системи – розроблено структурну схему системи, яка включає мікроконтролер ESP32 з Wi-Fi-модулем для віддаленого керування, датчик освітленості BH1750, світлодіодні модулі з можливістю зміни яскравості та кольору, OLED-дисплей для візуалізації даних.

5) Розроблено алгоритм автоматичного регулювання освітлення – реалізовано механізми зміни інтенсивності та спектру світла відповідно до часу доби, рівня природного освітлення та індивідуальних налаштувань користувача.

6) Забезпечено можливість віддаленого моніторингу та керування – реалізовано передавання даних у хмарну платформу для збереження історії змін параметрів освітлення та налаштування режимів роботи через веб-інтерфейс та мобільний додаток.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хронічне порушення циркадного ритму є канцерогеном для людини.
URL: <https://health-ua.com/news/gastroenterology/76098-hronchne-porushennya-teirkadnogo-ritmu--kantcerogenom-dlya-lyudini> (дата звернення: 16.02.2025).
2. Світлодіодна лампа Philips Hue E27 1100лм 75Вт 9W ZigBee, Bluetooth, Apple HomeKit. URL: <https://homehub.com.ua/uk/smart-lampy/philips-hue-e27-color-1100lm-75vt-9w-uk.html> (дата звернення: 16.02.2025).
3. Розумні настінні RGB панелі TuYa Smart Light G01 WiFi 2700-6500 K Color/White. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/460974664/p460974664/> (дата звернення: 17.02.2025).
4. Набір адаптивного підсвічування Govee H605C Envisual TV Backlight T2 with Dual Cameras 55-65 RGB Чорний. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/govee-6974316992684/p400854954/> (дата звернення: 17.02.2025).
5. Система штучного освітлення Signify NatureConnect. URL: <https://www.projectnektion.com/en/natureconnect/> (дата звернення: 18.02.2025).
6. Wi-Fi модуль DevKit V1 з ESP-32 (30 pin). URL: <https://arduino.ua/prod3990-wi-fi-modyl-devkit-v1-s-esp-32> (дата звернення: 19.02.2025).
7. Датчик освітленості цифровий GY-302 BH1750FVI. URL: <https://arduino.ua/prod1116-datchik-osveshhenosti-cifrovoi-bh1750fvi> (дата звернення: 20.02.2025).
8. Коло з 16 RGB світлодіодами WS2812 з послідовним керуванням. URL: <https://arduino.ua/prod1658-kryg-s-16-rgb-svetodiodami-ws2812-s-posledovatelnim-upravleniem> (дата звернення: 21.02.2025).
9. OLED дисплей 0.96" I2C 128x64. URL: <https://arduino.ua/prod1178-oled-displei-0-96-i2c-128x64-jelto-sinii> (дата звернення: 22.02.2025).
10. Keystudio DS3231 High precision I2C real time Clock Module for Arduino. URL: <https://www.keystudio.com/products/free-shipping-keystudio-ds3231-high-precision-i2c-real-time-clock-module-for-arduino> (дата звернення: 23.02.2025).
11. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.

12. Луцків А., Лупенко С., Пасічник В. Паралельні та розподільнені обчислення. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 566 с.

13. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі. Книга 1. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 256 с.

14. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

15. Palamar A., Karpinsky M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 10-15, 2011), Pärnu, Estonia, 2011. P. 80-84.

16. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 98, No 2. P. 129–136.

17. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania, September 21–23, 2017. Vol. 2. P. 1051–1055.

18. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ, Тернопіль: ТНТУ, 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.

19. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

21. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

22. Stadnyk M., Palamar A. Project management features in the cybersecurity area. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 106, No 2. P. 54–62.

23. Palamar A., Palamar M. Fire Safety Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2023. 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. Vol. 3468. P. 164-172.

24. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.

25. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

26. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanyshyn N., Palamar A., Tarasenko L. Method and algorithm for efficient cell balancing in the lithium-ion battery control system. CEUR Workshop Proceedings, The 1st International Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT 2024), Zboriv, Ukraine, October 02-04, 2024. Vol. 3842. P. 258-267.

27. Palamar A., Stadnyk M., Palamar M. Adaptive PID regulation method of uninterruptible power supply battery charge current based on artificial neural network. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 107, No 3. P. 5–13.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28. Palamar A., Voloskyi V., Kramar O., Kramar T., Stankevych O., Yatsyshyn V. Information computer system with a virtual tour for cultural heritage preservation of the Zbarazh Castle Museum's exhibition hall. CEUR Workshop Proceedings, The 3rd International Workshop on Social Communication and Information Activity in Digital Humanities (SCIA 2024), Lviv, Ukraine, October 31, 2024. Vol. 3851. P. 6-16.

29. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Функціональна схема системи керування зовнішнім освітленням на основі технології LoRa. Матеріали ІХ науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 124.

30. Palamar M., Horyn T., Palamar A., Batuk V. Method of calibration MEMS accelerometer and magnetometer for increasing the accuracy determination angular orientation of satellite antenna reflector. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 108, No 4. P. 79–88.

31. Palamar M., Nakonetchnyi Y., Palamar A., Strembitskyi M., Apostol Y. Modernization of the azimuth drive design for the antenna system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2025. Vol 117, No 1, P. 54–61.

32. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей Х міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

33. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності. Підручник, 2-е видання, Центр учбової літератури, 2020. 448 с.

34. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності : підручник / В. В. Зацарний. Київ : Каравела, 2023. 344 с.

35. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення : вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

36. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів : підручник. Львів : Афіша, 2020. 176 с.

					КС КРБ 123.239.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедрою КС

_____ Осухівська Г.М.

“ _____ ” _____ 2025 р.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ З УРАХУВАННЯМ
ЦИРКАДНОГО РИТМУ ЛЮДИНИ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. Паламар А.М.

“ _____ ” _____ 2025 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-42

_____ Тимошенко Ю.О.

“ _____ ” _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.239.00.00.

1.2 Виконавець

Студентка групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тимошенко Юлія Олегівна.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету (№ 4/7-53 від 27.01.2025 р.).

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 27.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи – наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Система призначена для автоматичного регулювання параметрів освітлення у приміщеннях з урахуванням біологічних ритмів людини. Вона може використовуватися в офісах, навчальних закладах, житлових приміщеннях, а також у медичних установах для покращення самопочуття людей.

2.2 Мета створення системи

Мета створення системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення полягає у забезпеченні комфортного рівня освітленості відповідно до природного добового циклу людини.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом системи є штучне освітлення в приміщенні (офісі, кімнаті тощо), в якому необхідно регулювати освітлення з урахуванням рівня природного світла та циркадних ритмів користувачів.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютеризована система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини повинна відповідати сучасним вимогам до автоматизованих освітлювальних систем. Вона повинна забезпечувати можливість автоматичного та ручного управління освітленням, враховуючи зовнішні та внутрішні фактори.

Основні вимоги до системи включають:

- гнучкість та адаптивність, що забезпечує можливість її застосування в приміщеннях різних типів (офіси, житлові приміщення, навчальні аудиторії, медичні заклади тощо);
- високу точність керування, що дозволяє змінювати параметри освітлення відповідно до циркадного ритму користувача;
- інтеграцію з IoT-платформою для віддаленого керування та моніторингу;
- оптимізацію енергоспоживання шляхом інтелектуального керування яскравістю та колірною температурою освітлення.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система повинна містити такі основні компоненти:

- мікроконтролерний модуль, який аналізує вхідні дані від сенсора та керує освітлювальними приладами;

- давач освітленості, що забезпечує постійний моніторинг рівня природного та штучного освітлення;
- модуль бездротового зв'язку, що дозволяє керувати системою через мобільний додаток або веб-інтерфейс;
- користувацький інтерфейс, який надає можливість задавати індивідуальні параметри освітлення.

Функціонування системи повинно забезпечувати:

- змінення яскравості та колірної температури в автоматичному режимі відповідно до циркадного ритму;
- врахування рівня природного освітлення при налаштуванні штучного;
- візуалізацію динаміки змін освітлення через користувацький інтерфейс.

Основні функціональні вимоги до системи характеризуються наступними критеріями:

- надійність;
- чутливість та швидкість реакції;
- автоматизація;
- керованість;
- сумісність.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Передача даних між компонентами системи повинна бути надійною та швидкою. Повинні використовуватись такі технології зв'язку:

- I²C або UART – для обміну даними між контролером та сенсором;
- Wi-Fi або Bluetooth – для зв'язку з мобільним додатком;
- протоколи MQTT або HTTP – для взаємодії із серверною частиною та хмарними сервісами.

Система повинна підтримувати локальну та віддалену комунікацію, що дозволить користувачам отримувати доступ до налаштувань і статистики як у приміщенні, так і з будь-якого місця через інтернет.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Вимоги до режимів функціонування визначаються для забезпечення зручного та ефективного використання системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням потреб користувача.

Система повинна мати кілька режимів роботи:

- автоматичний режим – регулювання освітлення відповідно до часу доби, рівня природного світла та активності користувача;
- ручний режим – можливість користувача самостійно налаштовувати освітлення через додаток або веб-інтерфейс;
- економний режим – зменшення інтенсивності світла для мінімізації енергоспоживання.

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Система персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини повинна бути розширюваною та адаптивною до нових технологій, включаючи можливості:

- додавання датчиків руху для інтелектуального увімкнення/вимкнення світла;
- інтеграція з системами розумного будинку.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна бути захищена від фізичних чи механічних пошкоджень на рівні апаратного та програмного забезпечення. Надійність системи повинна забезпечувати відновлюваність функціонування у випадку збою апаратного чи програмного забезпечення.

Показники надійності системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення з урахуванням циркадного ритму людини повинні

відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,8 %.

Час безперервної роботи системи повинен становити не менше 50 000 годин. Відновлення з'єднання після збою – автоматичне, без втрати налаштувань.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функції та задачі, які повинна виконувати система:

- здійснювати безперервний моніторинг рівня освітленості та реєстрацію даних у хмарному сервісі;
- автоматично регулювати колірну температуру та яскравість світильників відповідно до циркадного ритму;
- забезпечувати можливість ручного налаштування параметрів користувачем через мобільний додаток або веб-інтерфейс;
- зберігати історію зміни параметрів освітлення для аналізу ефективності роботи системи.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Для реалізації системи необхідно використовувати такі компоненти:

- мікроконтролер ESP32 – для обробки даних та керування освітленням;
- давач освітленості – для вимірювання рівня світла;
- світлодіодні панелі з можливістю зміни яскравості та колірної температури;
- Wi-Fi модуль для зв'язку з хмарним сервісом;
- OLED-дисплей для локального відображення параметрів.

Система повинна працювати у температурному діапазоні від -10°C до +40°C, мати енергоефективні алгоритми керування. Елементна база за можливості має бути широковживаною, доступною і дешевою. Необхідно також враховувати можливість заміни вибраних елементів на аналогічні (вітчизняні чи імпортного виробництва).

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 1. структурна схема системи;
 2. схема електрична принципова;
 3. блок-схема алгоритму роботи;
 4. результати роботи системи.

*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	27.01.2025 – 02.02.2025
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02.2025 – 15.02.2025
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проєктування комп'ютеризованої системи	16.02.2025 – 26.02.2025
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, тестування комп'ютеризованої системи	27.02.2025 – 01.05.2025
5.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	02.05.2025 – 10.05.2025
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	11.05.2025 – 08.06.2025
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	09.06.2025 – 15.06.2025
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06.2025 – 22.06.2025
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	27.06.2025

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б

Перелік елементів

Додаток В

Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера ESP32 для реалізації системи персоналізованого регулювання освітлення приміщення.

```
// ----- BLYNK SETTINGS -----
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4Wkj_0H4P"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Personalized lighting control system"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "xxxxxxxxDdhQcajxxxxxxxx"
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <BH1750.h>

// WiFi credentials.
char ssid[] = "xxxxxx";
char pass[] = "xxxxxx";

// ----- OLED DISPLAY -----
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 oled(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

// ----- RTC -----
RTC_DS3231 rtc;

// ----- LIGHT SENSOR -----
BH1750 lightMeter;

// ----- LED STRIP -----
#define LED_PIN 5
#define NUM_LEDS 24
Adafruit_NeoPixel strip = Adafruit_NeoPixel(NUM_LEDS, LED_PIN,
NEO_GRB + NEO_KHZ800);

// ----- GLOBAL VARIABLES -----
int brightness = 50; // базова яскравість
int currentHour, currentMinute, currentSecond;
float lux = 0;
int r = 255, g = 255, b = 255; // базовий білий
bool autoMode = true;
```

```

// Кольори для періодів автоматичного режиму
int morningR = 255, morningG = 200, morningB = 150;
int dayR = 255, dayG = 255, dayB = 255;
int eveningR = 255, eveningG = 150, eveningB = 80;
int nightR = 180, nightG = 100, nightB = 40;

// Поточний колір з RGB-вибору
int manualR = 255, manualG = 255, manualB = 255;

// ----- BLYNK VIRTUAL PINS -----
#define VPIN_BRIGHTNESS V5
#define VPIN_LUX_DISPLAY V2
#define VPIN_COLOR_RGB V3
#define VPIN_AUTOMODE V4
#define VPIN_BTN_MORNING V6
#define VPIN_BTN_DAY V7
#define VPIN_BTN_EVENING V8
#define VPIN_BTN_NIGHT V9

BlynkTimer timer;

// ----- FUNCTIONS -----
void updateLighting() {
    lux = lightMeter.readLightLevel();
    DateTime now = rtc.now();
    currentHour = now.hour();

    if (autoMode) {
        // Вибір кольору за часом
        if (currentHour >= 6 && currentHour < 12) {
            r = morningR; g = morningG; b = morningB;
        } else if (currentHour >= 12 && currentHour < 18) {
            r = dayR; g = dayG; b = dayB;
        } else if (currentHour >= 18 && currentHour < 21) {
            r = eveningR; g = eveningG; b = eveningB;
        } else {
            r = nightR; g = nightG; b = nightB;
        }

        // Автоматичне регулювання яскравості залежно від освітлення
        if (lux < 100) brightness = 100;
        else if (lux < 300) brightness = 70;
        else if (lux < 600) brightness = 40;
        else brightness = 20;
    }

    // Оновлення світлодіодів
    for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
        strip.setPixelColor(i, strip.Color((r * brightness) / 100, (g *
brightness) / 100, (b * brightness) / 100));
    }
    strip.show();
}

```

```

    // Відправлення у Blynk
    Blynk.virtualWrite(VPIN_LUX_DISPLAY, lux);
}

// ----- BLYNK CALLBACKS -----
BLYNK_WRITE(VPIN_BRIGHTNESS) {
    if (!autoMode) brightness = param.asInt();
}

BLYNK_WRITE(VPIN_COLOR_RGB) {
    if (!autoMode) {
        manualR = param[0].asInt();
        manualG = param[1].asInt();
        manualB = param[2].asInt();
        r = manualR; g = manualG; b = manualB;
    } else {
        manualR = param[0].asInt();
        manualG = param[1].asInt();
        manualB = param[2].asInt();
    }
}

BLYNK_WRITE(VPIN_AUTOMODE) {
    autoMode = param.asInt();
}

// Кнопки збереження кольорів у відповідні пресети
BLYNK_WRITE(VPIN_BTN_MORNING) {
    if (!autoMode && param.asInt() == 1) {
        morningR = manualR;
        morningG = manualG;
        morningB = manualB;
    }
}

BLYNK_WRITE(VPIN_BTN_DAY) {
    if (!autoMode && param.asInt() == 1) {
        dayR = manualR;
        dayG = manualG;
        dayB = manualB;
    }
}

BLYNK_WRITE(VPIN_BTN_EVENING) {
    if (!autoMode && param.asInt() == 1) {
        eveningR = manualR;
        eveningG = manualG;
        eveningB = manualB;
    }
}

BLYNK_WRITE(VPIN_BTN_NIGHT) {
    if (!autoMode && param.asInt() == 1) {
        nightR = manualR;
        nightG = manualG;
    }
}

```

```

        nightB = manualB;
    }
}

void setup()
{
    // Debug console
    Serial.begin(115200);
    Wire.begin();

    // OLED
    oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
    oled.clearDisplay();
    oled.setTextSize(1);
    oled.setTextColor(1);
    oled.setCursor(0, 0);
    oled.println("    Lighting Control  ");
    oled.println("            System      ");
    oled.println("                        ");
    oled.println("    Created by:       ");
    oled.println(" ");
    oled.setTextSize(1);
    oled.println("  Tymoshenko Yuliya  ");
    oled.display();
    delay(2000);

    // RTC
    if (!rtc.begin()) {
        Serial.println("RTC not found!");
        while (1);
    }

    if (rtc.lostPower()) {
        Serial.println("RTC lost power, let's set the time!");
        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    }

    // Light sensor
    lightMeter.begin();

    // LED strip
    strip.begin();
    strip.show();

    // WiFi + Blynk
    WiFi.begin(ssid, pass);
    Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);

    // Timer
    timer.setInterval(3000L, updateLighting); // кожні 2 с
}

void loop()

```

```

{
    lux = lightMeter.readLightLevel();
    DateTime now = rtc.now();
    currentHour = now.hour();
    currentMinute = now.minute();
    currentSecond = now.second();
    // Выведення на дисплей
    oled.clearDisplay();
    oled.setTextSize(1);
    oled.setCursor(0, 0);
    // oled.print("Hour: "); oled.println(currentHour);
    oled.print("Time: "); oled.print(currentHour);
    oled.print(":"); oled.print(currentMinute);
    oled.print(":"); oled.println(currentSecond);
    oled.print("Mode: "); oled.println(autoMode ? "AUTO" : "MANUAL");
    oled.setTextSize(2);
    oled.setCursor(0, 17);
    oled.print("Lux: "); oled.println(lux,0);
    oled.setTextSize(1);
    oled.println(" ");
    // oled.print("Mode: "); oled.println(autoMode ? "AUTO" :
    "MANUAL");
    oled.print("R: "); oled.println(r);
    oled.print("G: "); oled.println(g);
    oled.print("B: "); oled.println(b);
    oled.display();

    Blynk.run();
    timer.run();

    delay(1000);
}

```