

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*

(назва освітнього ступеня)

на тему: Система автоматичного регулювання рівня освітленості з  
можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI

Виконав: студент IV курсу, групи СІ-41

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Головецький Н.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Шингера Н.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим С.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Кряжич О.О.

(прізвище та ініціали)

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  
Осхівська Г.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Головецькому Назару Михайловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI

Керівник роботи Шингера Наталія Ярославівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» лютого 2023 року № 4.7-238

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Тип люмінесцентного сенсора, тип мінікомп'ютера Raspberry PI, мова програмування Python

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

Вступ. 1. Аналіз вимог до систем керування освітленням

2. Проектування системи автоматичного регулювання освітленості

3. Програмне забезпечення системи автоматичного регулювання освітленості

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

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

1. Типові системи керування освітленням

2. Архітектура комп'ютерної системи автоматичного регулювання освітленості

3. Структура і призначення виводів Raspberry PI

4. Схема підключення пристроїв до Raspberry PI

5. Алгоритм функціонування комп'ютерної системи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Гурик О.Я., к.т.н., доц. каф. МТ</i>		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та аналіз технічного завдання</i>	<i>28.02-10.03.2023</i>	
2	<i>Аналіз вимог технічного завдання</i>	<i>10.03-24.03.2023</i>	
3	<i>Особливості, призначення та характеристики сенсорів рівня освітленості</i>	<i>24.03-15.04.2023</i>	
4	<i>Проектування архітектури системи автоматичного регулювання освітленості</i>	<i>15.04-26.04.2023</i>	
5	<i>Розробка алгоритмів та програмного забезпечення для віддаленого керування освітленням</i>	<i>27.04-03.05.2023</i>	
6	<i>Налаштування параметрів автоматичного запуску сценаріїв управління освітленням</i>	<i>03.05-15.05.2023</i>	
7	<i>Розробка інструкцій з налаштування параметрів комп'ютерної системи</i>	<i>15.05-20.05.2023</i>	
8	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>20.05-03.06.2023</i>	
9	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>03.06-12.06.2023</i>	
10	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>12.06-19.06.2023</i>	
11	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>19.06-19.06.2023</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Головецький Назар Михайлович*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Шингера Наталія Ярославівна*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Система автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI // Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр // Головецький Назар Михайлович // ТНТУ, спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»// Тернопіль, 2023 // с.– 80, рис. – 36 , табл. – 8, аркушів А1 – 5, бібліогр. – 20.

Ключові слова: система, регулювання, освітлення, керування, моніторинг, Raspberry PI.

У кваліфікаційній роботі спроектовано та забезпечено налаштування компонентів системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі мікроконтролера Raspberry PI.

Основними апаратними складовими системи є безпосередньо сам мінікомп'ютер, сенсор рівня освітленості TSL 2561, реле та джерело штучного освітлення. До основних програмних компонентів належать програмне забезпечення керування віддаленим доступом, що функціонує як простий веб-сервер на Raspberry PI реалізований на фреймворку bottle, сервіс формування та управління розкладом увімкнення/вимкнення освітленості, а також системне програмне забезпечення для забезпечення можливості одержання даних із датчика світла.

Для запуску сценаріїв управління освітленням використовується системні сервіси cron та crontab.

## ABSTRACT

Automatic adjustment system of illumination level with possible remote control and monitoring based on Raspberry PI// Bachelor's thesis // Holovetskyi Nazar// TNTU, speciality 123 «Computer engineering»// Ternopil, 2023 // p.– 80 , fig. – 36 , tab. – 8, posters A1 – 5, ref. – 20.

Keywords: system, adjustment, illumination, control, monitoring, Raspberry PI.

In the qualifying work, the configuration of the components of the automatic lighting control system with the possibility of remote control and monitoring based on the Raspberry PI microcontroller was designed and provided.

The main hardware components of the system are directly the minicomputer itself, the TSL 2561 light level sensor, a relay and a source of artificial lighting. The main software components include remote access control software that functions as a simple web server on Raspberry PI implemented on the bottle framework, a service for creating and managing the lighting on/off schedule, as well as system software to ensure the possibility of receiving data from the light sensor.

The cron and crontab system services are used to run lighting control scripts.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ .....	10
1.1 Аналіз вимог технічного завдання.....	10
1.2 Особливості та види систем керування освітленням.....	19
1.2.1 Ручний перемикач.....	19
1.2.2 Диммери.....	20
1.2.3 Сенсори рівня освітленості.....	21
1.2.4 Система керування освітленням на основі DALI.....	23
1.2.5 Мережеве керування освітленням .....	24
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ .....	25
2.1 Проектування структури та обґрунтування компонентів системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу .....	25
2.2 Центральний вузол керування системи автоматичного регулювання освітленості .....	27
2.3 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення та розробка схем підключення компонентів системи автоматичного регулювання освітлення.....	31
2.3.1 Сенсор визначення рівня освітленості TSL 2561 .....	31
2.3.2 Реле управління освітленням.....	37

					КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Головецький Н.М.			Система автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry Pi	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Шингера Н.Я.					6	
Реценз.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
Н. Контр.		Тиш Є.В.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

2.4 Особливості протоколів передачі даних у системі автоматичного регулювання освітленості .....	41
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ .....	43
3.1 Конфігурація Raspberry PI та налаштування залежностей.....	43
3.2 Формування розкладу увімкнення/вимкнення світла .....	48
3.3 Налаштування автоматичного запуску сценаріїв регулювання освітлення на основі Cron та Crontab .....	53
3.4 Тестування реле .....	56
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	58
4.1 Фізіологічний вплив факторів існування на життєдіяльність людини .....	58
4.2 Характеристика небезпечних зон обладнання та розробка заходів безпеки	61
ВИСНОВКИ .....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66
Додаток А. Технічне завдання	

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,  
СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

КС	Комп'ютерна система
ПЗ	Програмне забезпечення
ГРІО	General purpose input/output
ІоТ	Internet of Things
GPU	Graphics Proccesing Unit

					<i>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## ВСТУП

Сучасний розвиток технологій комп'ютерної інженерії стимулює і забезпечує розвиток різних галузей народного господарства шляхом впровадження комп'ютерних систем, орієнтованих на оптимізацію і підвищення ефективності їх функціонування.

Сьогодні спостерігається тренд щодо побудови та експлуатації систем генерації альтернативних джерел енергії, зокрема, сонячних панелей, вітрових електростанцій, атомних мініреакторів, гідроелектростанцій та ін. З точки зору споживача актуальним є оптимізація споживання електроенергії, шляхом мінімізації її використання у не потрібні періоди доби та контроль потужності споживання протягом визначеного діапазону часу. Це формує необхідність та актуальність задач побудови комп'ютерних систем автоматичного регулювання споживання електричної енергії, однією з підсистем якої є управління освітленням з можливістю віддаленого доступу до системи автоматизації.

В Україні, враховуючи безпекову ситуацію та нанесені рашистами ракетні удари по критичній енергоінфраструктурі, побудова систем автоматичного регулювання освітлення набуває додаткової актуальності, оскільки дозволить забезпечити мінімізацію використання електроенергії з високим коефіцієнтом корисної дії та надасть можливість збалансувати енергосистему в цілому.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry Pi, що забезпечить можливість оптимального споживання електроенергії у домашніх умовах. В перспективі таку систему можна масштабувати до розмірів підприємства, однак це потребуватиме додаткових ресурсів на формування апаратної та програмної інфраструктури системи.

Окрім цього, система, що проектується у кваліфікаційній роботі, може стати елементом більш комплексної системи «розумного будинку», тобто забезпечується можливість сумісності та інтеграції із суміжними підсистемами.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

## 1.1 Аналіз вимог технічного завдання

Система автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry Pi призначена для ефективного управління використанням енергоносіїв в залежності від рівня природного освітлення. Така система є ефективною при застосуванні як для окремих домоволодінь, так і для промислових підприємств, оскільки забезпечує можливість економії електроенергії і водночас достатнього рівня освітленості для виконання поставлених завдань. Як частину системи керування та моніторингу рівня освітленості можна розглядати базову підсистему збору даних щодо споживання електроенергії. Це в перспективі може посприяти створенню більш складної системи прогнозування рівня споживання енергоносіїв певним споживачем, визначити час пікового навантаження та споживання, що дозволить планувати фінансові витрати та керувати ними.

Завдяки автоматизованим системам контролю та регулювання освітлення можна забезпечити потрібну кількість світла у конкретному випадку. Це допомагає зменшити споживання енергії, що призводить до зниження рахунків за електроенергію та зменшення «вуглецевого сліду».

Системи керування освітленням, зазвичай, використовують три типи датчиків/контролерів, щоб регулювати увімкнення, вимкнення і зменшення інтенсивності освітлення. Зокрема, у таких системах реалізується контроль часу увімкнення/вимкнення світла, тобто можна задавати розклад автоматичного увімкнення/вимкнення освітлення. Сенсори світла у системах автоматичного регулювання освітленості забезпечують вимірювання яскравості та інтенсивності денного природного освітлення і розраховується кількість

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Головецький Н.М.			<i>Аналіз вимог до комп'ютерної системи відеофіксації з використанням сенсорів руху</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Шингера Н.Я.					10	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		Тиш Є.В.						
<i>Затверд.</i>		Осухівська Г.М.						

необхідного штучного світла для підтримки необхідного рівня освітлення. Датчики руху – через виявлення входу або виходу з кімнати, датчики руху вмикаються та відповідно вимикають світло.

Імплементація системи автоматичного регулювання рівня освітленості повинна забезпечувати здатність до адаптації відносно зміни інтенсивності природного освітлення та відповідність встановленому розкладу увімкнення/вимкнення світла.

Реалізація системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю його віддаленого керування та моніторингу потребує проведення аналізу сучасних методів проектування КС, визначення сукупності апаратних та програмних засобів для їх оптимального використання, забезпечення одержання даних з сенсорів щодо інтенсивності природного освітлення та можливість їх ручної зміни.

Основна мета з якою проектується система автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI полягає у забезпеченні гнучкості управління освітленістю у визначених приміщеннях чи їх частинах, що дозволить оптимально використовувати енергоносії та заощадити на оплаті за їхнє використання.

Для того, щоб забезпечити досягнення поставленої у роботі мети, потрібно розв'язати множину задач:

- аналіз особливостей організації комп'ютерних систем контролю та управління освітленням з використанням мікроконтролерів;
- обґрунтування техніко-економічних показників при проектуванні апаратних складових системи;
- проведення комплексу заходів щодо моделювання і проектування структури системи автоматичного регулювання освітленості;
- вибір та аналіз характеристик складових системи і протоколів обміну даними при віддаленому керуванні та моніторингу рівня освітленості;
- налаштування апаратного і програмного забезпечення для одержання даних про рівень природного освітлення в режимі реального часу;

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- створення програмного забезпечення для формування розкладу увімкнення/вимкнення світла, віддаленого доступу до функцій керування та моніторингу освітленості;
- забезпечення захищеності комп'ютерної системи шляхом авторизованого доступу до компонентів комп'ютерної системи;
- проведення експериментальних досліджень щодо функціональності та продуктивності роботи системи автоматичного регулювання освітленості.

Система автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу забезпечує гнучкість та оптимальність використання електроенергії як у домашніх умовах, так і в умовах підприємств. Енергоспоживання типового офісу або комерційного приміщення може бути високим, якщо воно некероване. Системи керування освітленням можна запрограмувати на зменшення споживання енергії шляхом автоматичного вимикання світла, коли воно не потрібне, і зниження інтенсивності освітленості за потреби. У поєднанні зі світлодіодними лампами та світильниками, які ефективніші за традиційні, можна ще більше зменшити споживання енергії. Дослідження також показали, що світлодіодне освітлення знижує витрати на технічне обслуговування, оскільки вимагає менш часті заміни компонентів. У сукупності ці фактори можуть з часом призвести до значного скорочення енергії, що зекономить кошти власнику та зменшить негативний вплив на навколишнє середовище.

Системи автоматичного регулювання освітлення є ефективним способом підвищити безпеку бізнесу, оскільки таку систему можна запрограмувати на увімкнення та вимикання світла у відповідь на певні умови, наприклад, коли присутні люди або коли відчиняються двері. Деякі рішення для керування освітленням можна використовувати для моніторингу активності в будівлі та навколо неї. Ці функції корисні для стримування зловмисників, ускладнюючи їм пересування непоміченими. Крім того, системи керування освітленням також можуть бути запрограмовані на активацію сторонніх систем, таких як сигналізація.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи регулювання освітлення можуть підвищити безпеку кількома способами, зменшуючи потребу у ручному керуванні, знижуючи ймовірність людської помилки та пов'язані з цим ризики. Крім того, системи регулювання освітлення можна запрограмувати на автоматичне вмикання та вимикання світла залежно від кількості людей, часу доби та інших факторів, що ще більше зменшує ймовірність нещасних випадків.

Окрім цього, такі системи пропонують багато переваг, які роблять життя людини більш комфортним та ефективнішим. Комфорт забезпечується шляхом надання можливості регулювати рівень освітлення в просторі відповідно до поставленого завдання та вподобань мешканців. Контролюючи рівень освітлення, відблиски та гарячі точки можна мінімізувати, а загальне освітлення в просторі можна підтримувати на комфортному для людини рівні. Наприклад, приглушення світла в кімнаті може допомогти створити більш спокійну атмосферу. У поєднанні з іншими пристроями IoT, такими як розумні термостати, можна забезпечити ідеальний рівень комфорту з невеликими зусиллями.

При проектуванні системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування і моніторингу на основі Raspberry Pi визначено апаратні компоненти, які забезпечать визначену функціональність системи. До складу компонентів системи входять:

- мікроконтролер на базі Raspberry Pi, що виконує функції центрального вузла керування;
- сенсор визначення освітленості;
- реле керування освітленням;
- провідники для комутації та встановлення з'єднання між компонентами;
- світильники або лампочки для проведення експериментів.

Управління системою автоматичного регулювання освітленості здійснює відповідне програмне забезпечення, до складу якого входить як прикладне, так і системне ПЗ:

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- системне програмне забезпечення для роботи із сенсором освітленості;
- прикладне програмне забезпечення віддаленого доступу до системи регулювання освітленості;
- прикладне програмне забезпечення формування розкладу увімкнення/вимкнення світлових пристроїв;
- прикладне програмне забезпечення для регулювання рівня освітленості у різних зонах приміщення.

Для організації безпеки системи автоматичного регулювання освітленості потрібно забезпечити авторизований доступ користувачів як до фізичних (апаратних), так і програмних компонентів системи. Окрім цього, для забезпечення гнучкості та можливості до масштабування необхідно передбачити способи інтеграції із суміжними системами, які входять до комплексу «smart house».

Основне завдання системи автоматичного регулювання освітлення полягає у визначеній реакції на зміну освітленості та у відповідності до складеного розкладу. Така система має відповідати вимогам надійності та продуктивності.

Вимоги, які висуваються до системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу полягають у визначенні поточного рівня природного освітлення у приміщенні та на основі його значення прийняття рішення щодо регулювання штучного освітлення.

Система повинна надавати можливість віддаленого доступу до зміни та контролю рівня освітленості, формування часових періодів увімкнення та примусового вимкнення освітлення.

Виходячи з теми кваліфікаційної роботи обмеженням щодо проектування системи автоматичного регулювання рівня освітленості є використання мікроконтролера на базі Raspberry Pi. Даний мінікомп'ютер виконує функції «мозку» системи і взаємодіє з сенсором освітленості, реле управління інтенсивністю освітленості та пристроями користувача.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Система повинна адекватно реагувати на зміну освітлення у приміщенні та не порушувати визначених правил щодо розкладу увімкнення/вимкнення світла, а також реагувати на ручну зміну рівня інтенсивності освітлення, що задається користувачем.

Важливими функціональними вимогами, які висуваються до системи автоматичного регулювання освітленості є наступні:

- здатність до самоініціалізації та тестування структурних компонентів системи та підключених периферійних пристроїв;
- здатність вимірювати рівень природного освітлення у приміщенні;
- можливість формувати розклад увімкнення/вимкнення світильників;
- можливість автоматичної регуляції штучного освітлення на основі значень показників природного світла;
- можливість зміни інтенсивності штучного освітлення;
- забезпечення вимог безпеки та авторизованого доступу до компонентів системи автоматичного регулювання рівня освітленості;
- можливість віддаленого доступу до програмних компонентів системи;
- здатність віддаленого контролю рівня освітленості у приміщеннях чи зонах частини приміщень;
- здатність підтримувати визначену продуктивність за наявних обмежень та технічних характеристик системи.

Структура та функціонування системи автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI передбачає використання:

- мікроконтролера на базі Raspberry PI;
- сенсор освітленості TSL2561;
- двохканальне реле з живленням 5 В;
- WiFi обладнання для підключення Raspberry PI до мережі Інтернет;
- ОС Raspbian та Python;
- SD-картка.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До важливих функцій системи автоматичного регулювання рівня освітленості належать:

- здатність одержання і передачі даних про освітленість у приміщенні чи визначеній зоні;
- можливість адекватної реакції на зміну освітленості у приміщенні;
- можливість формування сигналів управління реле при зміні інтенсивності освітленості;
- можливість формувати розклад увімкнення/вимкнення світильників;
- здатність забезпечити віддалений доступ до компонентів системи;
- можливість ручного регулювання діапазонів часу з визначеним рівнем освітленості;
- забезпечення безпеки використання структурних елементів системи;
- наявність сервісу ОС для планування і запуску розкладу увімкнення та вимкнення світильників;
- швидкість реакції зміни освітлення на рівні до 5 с;
- можливість інтеграції із суміжними системами.

Елементи системи автоматичного регулювання рівня освітленості, зокрема реле і сенсор освітленості приєднуються за допомогою провідників до мінікомп'ютера Raspberry PI. Сенсор освітленості для передачі даних застосовує протокол I<sup>2</sup>C.

Віддалений доступ користувача до Raspberry PI забезпечується через обладнання, що використовує безпроводну передачу даних. У цьому випадку можуть застосовуватися як точки доступу, так і WiFi-маршрутизатори.

Діагностика системи автоматичного регулювання рівня освітленості відбувається у відповідності до вимог документації щодо використання і налаштування параметрів системи. Частота діагностичних дій регламентована розкладом при роботі системи у штатному режимі та неплановими роботами при виникненні збоїв або некоректного функціонування структурних компонентів.

При настанні збою у системі або некоректного функціонування апаратного чи програмного забезпечення треба застосувати визначені заходи щодо їх

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



ліквідації. Важливо, щоб елементи системи були взаємозамінними чи ремонтпридатними.

Перспективами розвитку системи автоматичного регулювання освітлення з можливістю віддаленого керування і моніторингу є інтеграція у більш комплексну систему «розумний будинок». Окрім цього, дані підсистеми логування системи керування освітленням в перспективі дозволить побудувати патерни залежностей щодо оптимального споживання електроенергії та прогнозування витрат. Модернізацію системи автоматичного регулювання освітленості доцільно проводити у випадку масштабування, тобто зростанні кількості приміщень для забезпечення необхідного рівня штучного освітлення. При цьому доцільно будувати розподілену комп'ютерну систему для ефективного управління секторами, які підлягають регулюванню освітленості.

Основні вимоги до надійності системи автоматичного регулювання освітленості передбачають коректне і стійке її функціонування протягом визначеного періоду часу та можливість своєчасної реакції на появу збоїв як апаратного, так і програмного забезпечення

Окрім цього, важливим з точки зору надійного функціонування системи є її захищеність як на локальному рівні, так і при віддаленому доступі в процесі управління та моніторингу освітленості визначених приміщень і зон.

Інтегрально надійність описується сукупністю показників кожного окремо взятого компонента системи та каналів передачі та обміну даними.

Вимоги до функцій системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI характеризуються здатністю до виконання наступних задач:

- здатність аналізу визначеного спектру світла, що характеризує рівень освітленості у приміщенні;
- можливість налаштування параметрів розкладу з відповідною інтенсивністю освітленості в залежності від часу доби;
- можливість ручного регулювання освітленості залежно від приміщення та/або певної визначеної зони;

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- здатність адекватної реакції реле перемикавання на вхідні сигнали від Raspberry PI;
- можливість моніторингу споживання електроенергії в залежності від інтенсивності освітленості;
- можливість програмної зміни розкладу увімкнення/вимкнення електроенергії;
- здатність до взаємодії з визначеними системами;
- можливість налаштування системних параметрів Raspberry PI щодо автоматичного запуску сервісів регулювання освітленості.

Апаратне забезпечення системи регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу включає в себе наступні компоненти:

- мікроконтролер на базі Raspberry PI 3 з інтегрованим WiFi-модулем та оперативною пам'яттю об'ємом 1 Гб;
- типова SD-картка з об'ємом 2 Гб;
- реле SunFounder 2 Channel DC 5V;
- сенсор освітленості TSL2561;
- WiFi пристрій типу точка доступу або маршрутизатор з частотою роботи 2,4 ГГц.

Апаратні вимоги до клієнтських станцій:

- процесор з тактовою частотою не нижче за 1,3 ГГц;
- оперативна пам'ять не менше за 2 Гб;
- об'єм жорсткого диску - 64 Гб.

Клієнтські станції

Системне програмне забезпечення комп'ютерної системи автоматичного регулювання освітленості передбачає сумісність з операційною системою Raspbian. Прикладне програмне забезпечення реалізується за допомогою мови програмування Python.

Основною вимогою до клієнтського програмного забезпечення є наявність web-браузера та доступ до мережі інтернет.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Особливості та види систем керування освітленням

Сучасні системи управління освітленням можна представити у вигляді масштабованих розподілених або централізованих інтелектуальних рішень, що забезпечують можливість взаємодії входів і виходів системи з використання одного або декількох пристроїв керування [1]. Застосування систем управління освітленням широко впроваджується як всередині, так і зовні приміщень. Освітлення відіграє важливу роль у нашому повсякденному житті. Зрозуміло, що всім потрібне світло, щоб бачити, але освітлення відіграє набагато суттєвішу роль. Це не тільки допомагає створити настрій і атмосферу в кімнаті, але сприяє психічному благополуччю.

Для того, щоб отримати максимальну вигоду від освітлення потрібно врахувати такі його характеристики як надійність, гнучкість і те, яким чином здійснюється керуванням ним як цілісною системою – саме тут і з'являються елементи керування освітленням.

### 1.2.1 Ручний перемикач

Основне керування освітленням складається з ручного вимикача. Щоб заощадити гроші за допомогою цих типів керування освітленням, люди в будівлі повинні пам'ятати про те, щоб увімкнути їх, коли вони заходять у кімнату, і вимкнути, коли виходять. Використання енергозберігаючих лампочок, наприклад на основі світлодіодів, із базовими вимикачами може допомогти зменшити оплату за споживання електроенергії [2]. На рис. 1.1 показано вигляд типового ручного перемикача.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рисунок 1.1 – Типовий перемикач світла

### 1.2.2 Диммери

Диммери – це трохи більш інтелектуальний спосіб керування освітленням у кімнаті. Ці перемикачі дозволяють регулювати бажаний рівень освітлення цим самим зменшуючи споживання електроенергії, у порівнянні зі звичайними перемикачами, які підтримують лише два режими – увімкнено та вимкнено [3]. На рис. 1.2 показано зовнішній вигляд диммера.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд перемикача-регулятора освітленості

У поєднанні зі світлодіодними лампочками диммери можуть допомогти контролювати витрати енергії у будівлі. Ці вимикачі призначені для роботи з діодними, галогенними та лампами розжарювання. Але лампочки мають мати функцію затемнення, щоб дозволити використовувати їх із диммером. Прикладами диммерів є 3-сторонній перемикач Lutron Toggler у Lowe's, настінний перемикач GE Slide Dimmer, розумний перемикач-регулятор Kasa HS220

### 1.2.3 Сенсори рівня освітленості

Сенсори рівня освітлення, встановлені як частина системи керування, вимірюють рівень природного освітлення та відповідно регулюють величину штучного освітлення. Ці сенсори вимірюють освітленість, яка може бути використана для вимірювання не лише яскравості джерела світла, а також

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ

Арк.

21

допомагає підвищити енергоефективність, гарантуючи, що електроенергія не витрачається даремно [4].

Фотоелемент або відповідні сенсори по-іншому ще називають сонячними елементами. Рівень освітленості впливає на стан фотоелектричних елементів, які при цьому генерують струм чи напругу деякої величини. Такі елементи можуть зберігати електричну енергію у кремнієвих компонентах для подальшого використання при виникненні екстрених ситуацій або в якості альтернативного джерела енергії. На рис. 1.3 показано вигляд типового сенсора рівня освітленості.



Рисунок 1.3 – Сенсор рівня освітленості

При слабкій інтенсивності освітлення, фотоелектричні сенсори визначення рівня освітленості не генерують струм. Елементи фотоелектричних сенсорів невеликі за розміром та дозволяють забезпечити низьку потужність. Однак, зазвичай, вони поставляються у вигляді цілих панелей з метою вироблення значної кількості струму. Світло видимого для людського ока спектру викликає реакцію сенсора. При побудові систем автоматичного регулювання освітленості можуть використовуватися сенсори руху, які не є дорогими. Даний тип сенсорів реагує на зміну світла інфрачервоного спектру з метою виявлення руху чи наближення певного об'єкта.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 1.2.4 Система керування освітленням на основі DALI

DALI («Цифровий адресований інтерфейс освітлення») представляє собою протокол передачі даних при взаємодії пристроїв управління освітленням. Зокрема це стосується таких пристроїв як електричні баласты, сенсори світла або руху. Використовуючи двосторонній метод, система дозволяє користувачеві спілкуватися зі світлодіодними драйверами та баластом, і навпаки, через контролер DALI, який зазвичай є комп'ютерною системою з програмним забезпеченням або контролером затемнення [5].

DALI також є міжнародним стандартом комунікації освітлення, що означає, що всі компоненти системи освітлення, позначені логотипом DALI, навіть від різних виробників, можуть працювати один з одним. Цей стандарт був створений для забезпечення сумісності та взаємозамінності систем освітлення в галузі. На рис. 1.4 показано систему освітлення із сумісними пристроями та підтримкою протоколу DALI.



Рисунок 1.4 – Система освітлення з підтримкою протоколу DALI

### 1.2.5 Мережеве керування освітленням

Найдосконаліший тип керування освітленням – це мережева система, яка може бути частиною пакету системи автоматизації будівлі або розроблена як окрема система. Мережеве керування освітленням дозволяє операторам керувати освітленням зі своїх комп'ютерів або кишенькових пристроїв, які містять програмне забезпечення системи освітлення. На рис. 1.5 показано комплексну мережеву систему управління освітленням, як частину проекту «розумний будинок» [6].



Рисунок 1.5 – Мережева система управління освітленням

Оператори можуть вмикати та вимикати світло, встановлювати таймери для керування освітленням. Удосконалені програми можуть навіть зберігати дані та створювати діаграми використання, щоб можна було точно контролювати споживання енергії.

Виходячи з особливостей проаналізованих систем управління освітленням, доцільним є розробка системи автоматичного регулювання освітлення з можливістю віддаленого доступу та контролю. Для цього, потрібно провести комплекс заходів у відповідності до розробленого технічного завдання, наведеного у додатку А.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНOSTІ

2.1 Проектування структури та обґрунтування компонентів системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу

Одним з найбільш важливих етапів створення будь-якої комп'ютерної системи є проектування її структури, що відображає концептуально важливі аспекти архітектури, складових компонентів та їх взаємодію. Модель архітектури системи автоматичного регулювання освітленості відображає основні функціональні елементи системи, комунікацію між ними та враховує вимоги, визначені у технічному завданні (додаток А).

Провівши аналіз вимог до функцій системи, особливостей і характеристик апаратного забезпечення на основі якого передбачено реалізацію проекту системи автоматичного регулювання освітлення, встановлено, що базовими компонентами системи є:

- мікроконтролера на базі Raspberry PI 3;
- сенсор освітленості TSL2561;
- реле з двома каналами і живленням 5 В;
- пристрій безпроводної передачі даних та підключення до мережі

Інтернет.

При проведенні проектування системи, а також для налаштування параметрів і програмування мінікомп'ютера Raspberry PI використовується ноутбук або ПК.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Головецький Н.М.</i>			<i>Проектування системи автоматичного регулювання освітленості</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Шингера Н.Я.</i>					25	
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Є.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Тестування віддаленого доступу до системи автоматичного регулювання освітленості варто виконувати з використанням смартфона з доступом до мережі Інтернет та/або ноутбуку.

Структурна схема запропонованої архітектури системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого доступу продемонстрована на рис. 2.1.

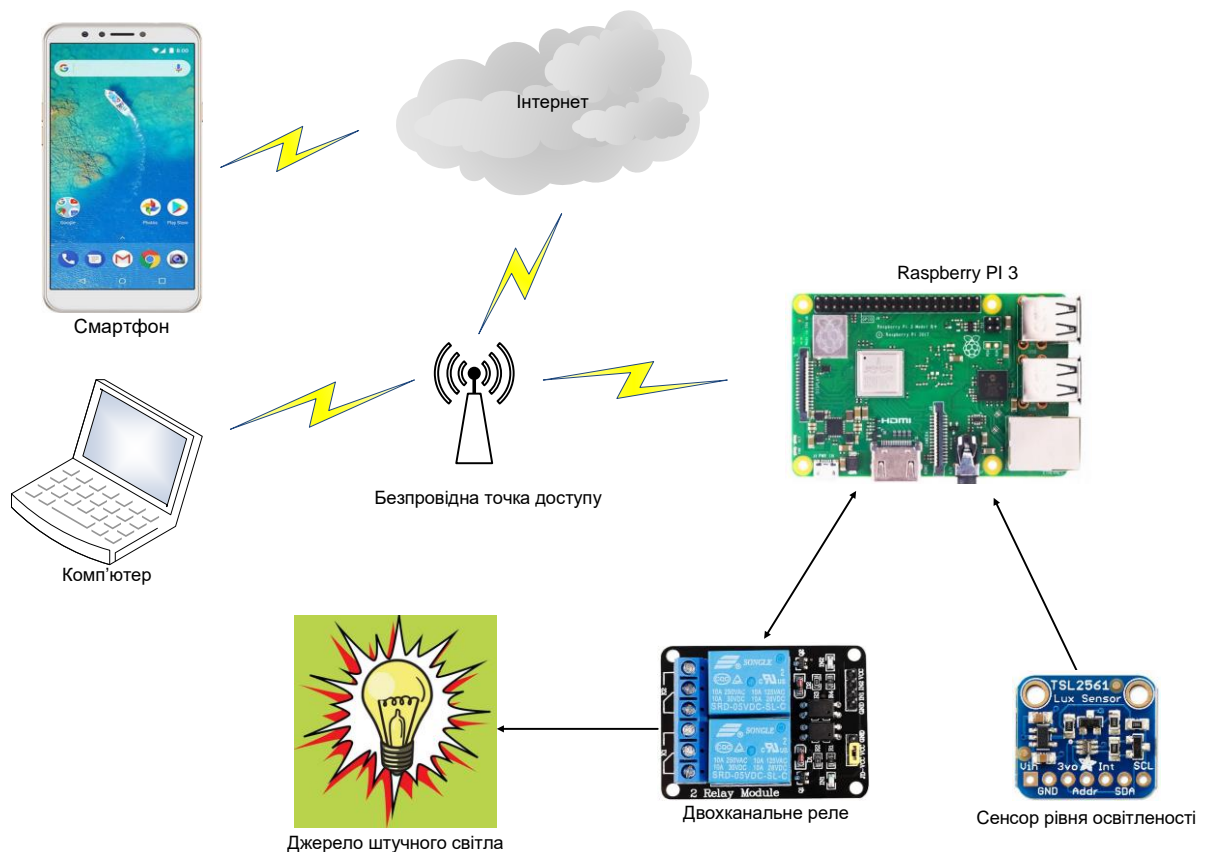


Рисунок 2.1 – Архітектура системи автоматичного регулювання освітлення з можливістю віддаленого керування і моніторингу

Центральним вузлом керування системи автоматичного регулювання освітленості виступає мінікомп'ютер на базі Raspberry PI. Основними функціями даного мікроконтролера є зчитування даних щодо рівня освітленості у приміщенні шляхом аналізу повідомлень від сенсора освітленості.

Логіка роботи системи автоматичного регулювання освітленості полягає у забезпеченні встановленого рівня освітленості для приміщення в залежності від рівня природного освітленості, а також увімкнення або вимкнення штучного

освітлення передбаченого користувацьким розкладом. Так, наприклад, коли рівень природного освітлення нижчий за передбачений користувачем, то система повинна збільшити яскравість (інтенсивність) штучного джерела освітлення, і зменшити в протилежному випадку.

Для забезпечення віддаленого доступу до системи автоматичного регулювання освітленості на Raspberry PI розгортається web-сервер, що на основі авторизаційних даних забезпечує доступу до компонентів системи та надає можливість корекції розкладу увімкнення/вимкнення джерел штучного освітлення.

Взаємодія Raspberry PI з джерелом світла виконується за допомогою реле таким чином, що до реле та світильника приєднується провідник з «нулем», а провідник з «фазою» спочатку з'єднується з реле, а потім від реле з відповідним контактом світильника. Це забезпечує можливість регулювання рівня освітленості на основі сигналів, які поступають від центрального вузла керування.

У результаті проектування архітектури системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування і моніторингу визначено основні програмно-апаратні компоненти та взаємодію між ними. Далі необхідно деталізувати характеристики апаратних пристроїв, дослідити їхні характеристики та розробити програмне забезпечення для керування освітленістю у приміщенні.

## 2.2 Центральний вузол керування системи автоматичного регулювання освітленості

Raspberry PI можна вважати повноцінним мінікомп'ютером, що дозволяє моделювати та створювати прототипи комп'ютерних систем різного призначення. Використання даного мікроконтролера корисне у тому випадку, коли у невеликого бізнесу з'явилась ідея оптимізації процесів, але коштів на повноцінну систему не вистачає, або існує можливість появи критичних ризиків.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки невеликій вартості та можливості підключення цифрових та аналогових сенсорів, а також відеокамери, наявності WiFi модуля та інших компонентів, Raspberry PI є зручним засобом моделювання та прототипування комп'ютерних систем [7]. Основні структурні компоненти Raspberry PI представлено на рис. 2.2.

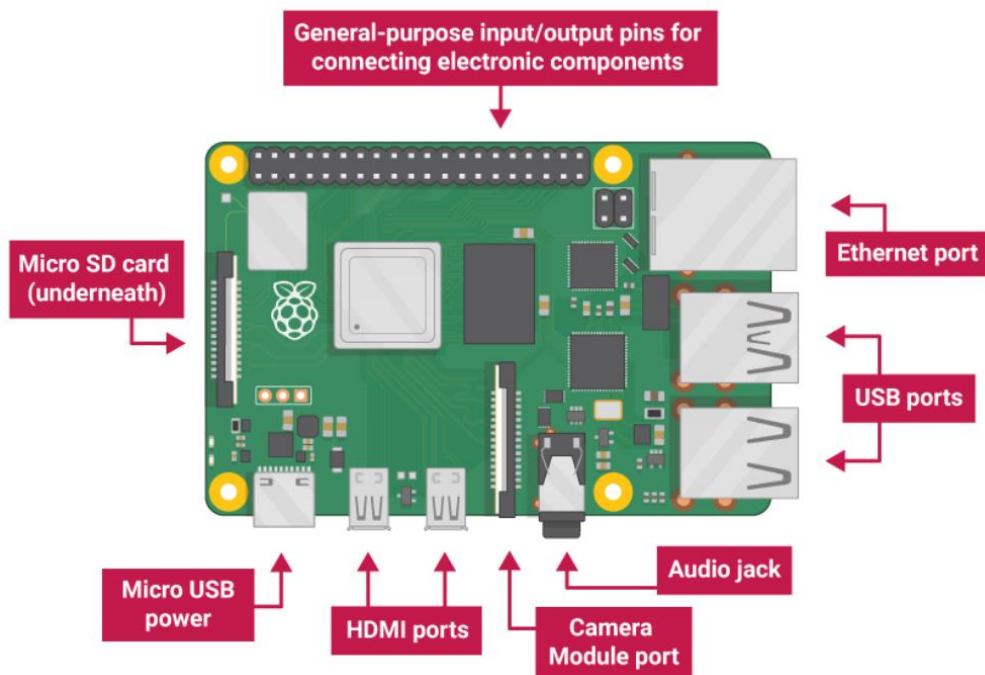


Рисунок 2.2 – Компоненти мінікомп'ютера Raspberry PI

Окрім спеціалізованого застосування при прототипуванні комп'ютерних систем, Raspberry PI можна застосовувати в якості типового комп'ютера для вирішення елементарних задач, зокрема групування даних у таблиці (табличний редактор), текстового процесора, обробці динамічних і статичних зображень та ін.

Наявність інтерфейсу GPIO, тобто цифрових виводів, забезпечує можливість фізичного підключення периферійних пристроїв до мікроконтролера. Це забезпечує гнучкість при реалізації наступних функцій:

- можливість під'єднання пристроїв із споживанням номіналів напруги на рівні 3,3 В та 5В, що забезпечує широкий спектр використовуваних

периферійних пристроїв і відповідно масштабованість та розширення функціональності проектованої комп'ютерної системи;

- наявність контактів заземлення – забезпечує захист пристроїв і самого мікроконтролера від перепадів напруги і безпеку користувача;
- підтримка управляючих сигналів – дає змогу обмінюватися повідомлення між мікроконтролером і зовнішніми пристроями.

Гнучкість інтерфейсу GPIO забезпечуються шляхом програмування цифрових виводів, тобто існує можливість використання одного і того ж виводу як в якості вхідного, так і вихідного сигналу. Призначення виводів інтерфейсу GPIO продемонстровано на рис. 2.3.

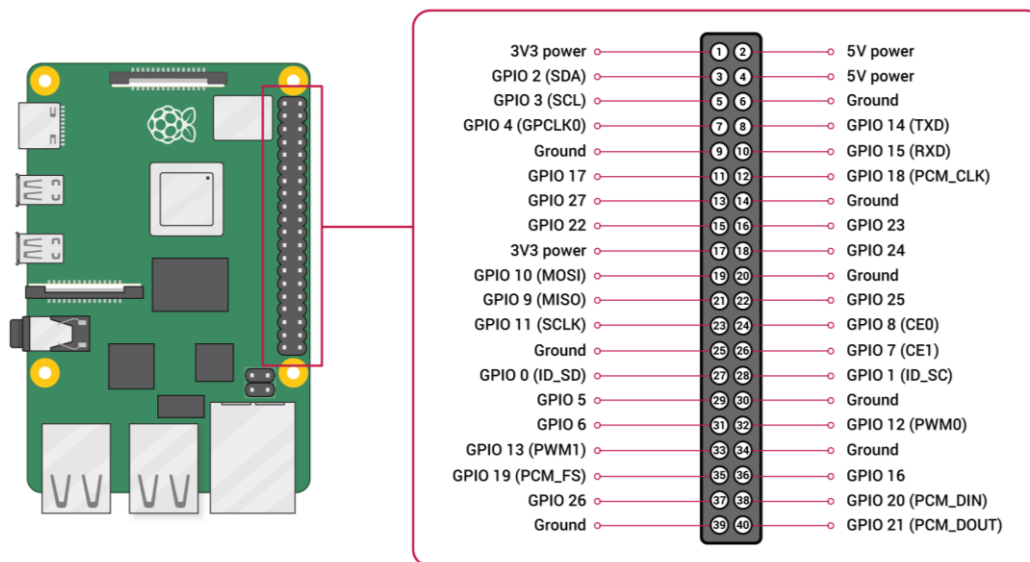


Рисунок 2.3 – Виводи GPIO

Для підключення плат розширення до Raspberry PI призначені виводи, які позначені на рис. 2.3 маркерами 27 («VCM0») і 28 («VCM1»). Ці контакти також можна задіювати і для підключення зовнішніх периферійних пристроїв, однак повинно існувати обґрунтоване рішення для їх використання, оскільки це не є прямим їх застосуванням.

Контроль номіналу живлення, що подається на виводи інтерфейсу GPIO, є важливим аспектом при підключенні та проектуванні комп'ютерних систем. Сила струму, що подається до виводів повинна не перевищувати 50 мА.

На рис. 2.4 показано більш детальне подання інтерфейсу GPIO із вказанням призначення кожного з виводів, а на рис. 2.5 – схему електричну принципову його організації [7].

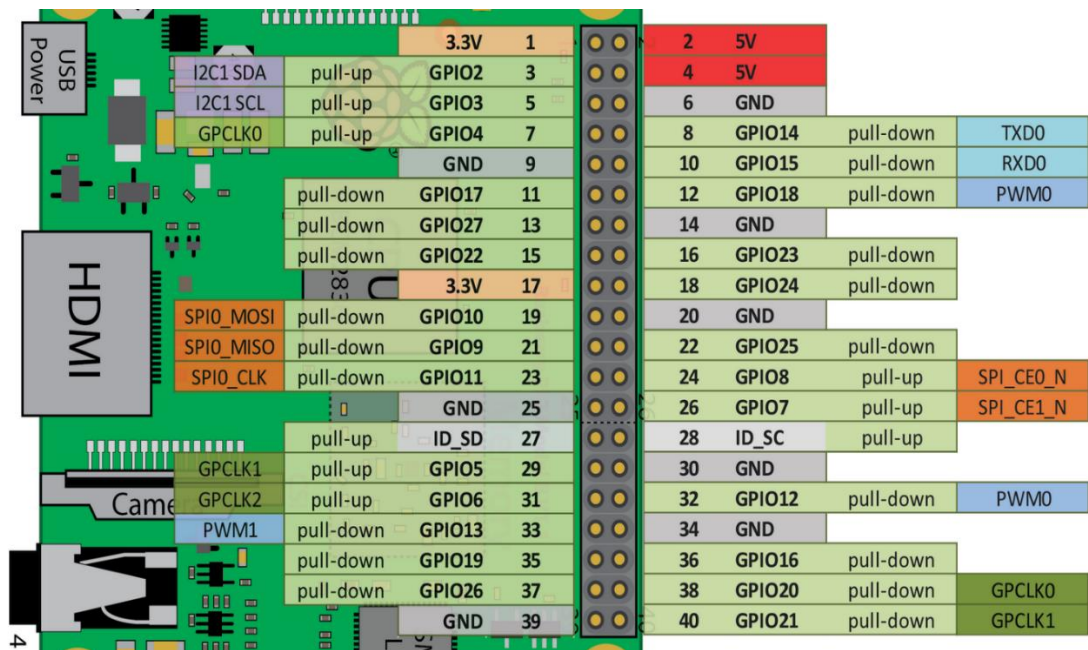


Рисунок 2.4 – Детальне подання інтерфейсу GPIO

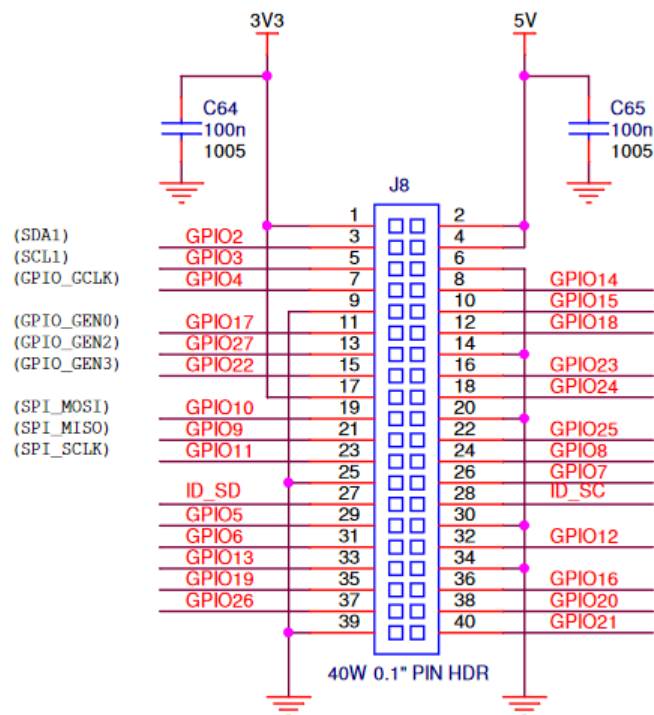


Рисунок 2.5 – Схема електрична принципова інтерфейсу цифрових виводів

Raspberry PI

## 2.3 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення та розробка схем підключення компонентів системи автоматичного регулювання освітлення

Технічним завданням у кваліфікаційній роботі передбачено використання наступного апаратного забезпечення:

- мікроконтролер Raspberry PI;
- сенсор рівня освітленості TSL 2561;
- модуль реле «SunFounder 2 Channel DC 5V Relay»
- провідники;
- джерело світла.

Система автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу аналізує рівень природного освітлення і в залежності від його значення підвищує, або знижує інтенсивність джерела штучного світла. Перед цим виконується перевірка розкладу увімкнення/вимкнення щодо поточного часу доби і виконуються відповідні передбачені користувачем дії.

За допомогою реле можна запрограмувати Raspberry PI на вмикання та вимикання освітлення у встановлений час. Додавання сенсора освітленості означає, що мікроконтролер може визначати рівень навколишнього освітлення та вмикати світло лише тоді, коли це дійсно потрібно.

Оскільки Raspberry PI є мінікомп'ютером, який має можливість підключення до мережі передачі даних, то можна налаштувати керування ним через Інтернет. «Розумні ліхтарі» матимуть три входи для визначення, коли вони вмикаються:

- запрограмований графік;
- рівень навколишнього освітлення;
- сигнал перевизначення, надісланий через мережу Інтернет.

### 2.3.1 Сенсор визначення рівня освітленості TSL 2561

TSL2561 — це сенсор світла, який може виявляти інфрачервоний, повний і видимий для людини спектри світла. Цей датчик може підключатися до

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Raspberry Pi і надсилати дуже точні цифрові дані щодо рівня освітленості. Датчик повідомляє рівень освітленості за шкалою від 0,1 («немає світла») до 40 000 («яскраве сонце») [8].

TSL2560 і TSL2561 представляють собою перетворювачі світлового сигналу у цифровий, тобто трансформують інтенсивність світла в цифровий вихідний сигнал із можливістю прямої передачі даних за допомогою інтерфейсу I<sup>2</sup>C (TSL2561) або SMBus (TSL2560).

Така інтегральна схема здатна забезпечувати практично фотопічний відгук у ефективному 20-бітному динамічному діапазоні (16-бітна роздільна здатність).

Два інтегруючих АЦП перетворюють струми фотодіодів у цифровий вихід, який представляє випромінювання, виміряне на кожному каналі. Цей цифровий вихід може бути підключений до мікропроцесора, де освітленість (рівень навколишнього освітлення) у люксах визначається за допомогою емпіричної формули для приблизної реакції людського ока.

Пристрій TSL2560 допускає переривання типу SMB-Alert, а пристрій TSL2561 підтримує традиційне переривання рівня, яке залишається заявленим, доки мікропрограма не очистить його.

Незважаючи на те, що пристрої TSL2560/61 корисні в контексті застосування як датчиків світла загального призначення, вони розроблені спеціально для панелей дисплеїв (LCD, OLED тощо) з метою продовження терміну служби батареї та забезпечення оптимального перегляду відеоконтенту за різноманітних умов освітлення.

Підсвічуванням панелі дисплею, яке може становити від 30 до 40 відсотків від загальної потужності платформи, можна автоматично керувати. Обидва пристрої також ідеально підходять для керування підсвічуванням клавіатури залежно від умов навколишнього освітлення. Інформацію про освітленість можна також використовувати для керування експозицією у цифрових камерах [8].

Пристрої TSL2560/61 ідеально підходять для ноутбуків/планшетів, ПК-моніторів, плоских телевізорів, мобільних телефонів і цифрових камер. Крім того, такі сенсори застосовуються при керуванні вуличним освітленням,

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



охоронними системами, збиранні інформації про сонячне світло та застосуванні у сфері комп'ютерного зору. Зовнішній вигляд сенсора TSL2561 показано на рис. 2.6.

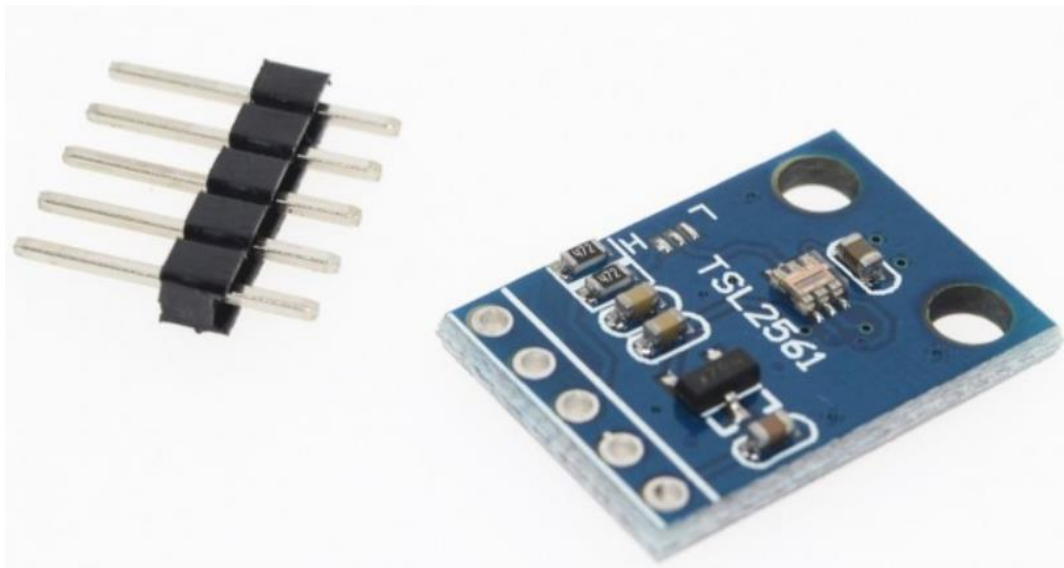


Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд сенсора TSL2561

Функціональна схема датчика світла TSL2561 продемонстровано на рис. 2.7.

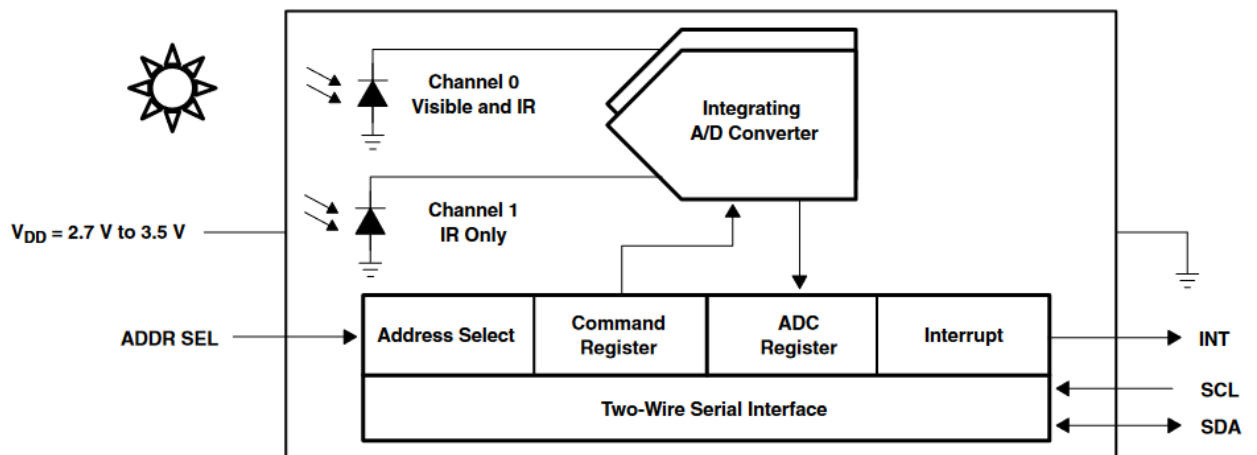


Рисунок 2.7 – Функціональна схема датчика світла TSL2561

TSL2560 і TSL2561 є датчиками зовнішнього освітлення другого покоління. Кожен містить два інтегруючих аналого-цифрових перетворювача

(АЦП), які інтегрують струми від двох фотодіодів. Інтеграція обох каналів відбувається одночасно. Після завершення циклу перетворення результат передається в реєстри даних каналу 0 і каналу 1 відповідно.

Передача даних подвійно буферизується, щоб забезпечити збереження цілісності даних. Після цього пристрій автоматично починає наступний цикл інтеграції. Зв'язок із пристроєм здійснюється через стандартну двопровідну шину SMBus або послідовну шину I<sup>2</sup>C. Таким чином, пристрій TSL256x можна легко підключити до мікроконтролера або вбудованого контролера [8-10].

Оскільки вихід пристрою TSL256x є цифровим, то він фактично захищений від шуму порівняно з аналоговим сигналом. Пристрої TSL256x також підтримують функцію переривання, яка спрощує та покращує ефективність системи, усуваючи необхідність проведення опитування датчика щодо значення інтенсивності світла.

Основна мета функції переривання — виявити значущу зміну інтенсивності світла. Концепція значущої зміни може бути визначена користувачем як за інтенсивністю світла, так і за часом або стійкістю цієї зміни інтенсивності.

Пристрої TSL256x мають можливість визначати порогове значення вище та нижче поточного рівня освітлення. Переривання генерується, коли значення перетворення перевищує одну з цих меж.

Інтерфейс і керування TSL256x здійснюється через двопровідний послідовний інтерфейс до набору реєстрів, які забезпечують доступ до функцій керування пристроєм і вихідних даних. Послідовний інтерфейс сумісний із системною шиною керування (SMBus) версій 1.1 і 2.0 і швидкісним режимом шини I<sup>2</sup>C. TSL256x пропонує три slave адреси, які можна вибрати через зовнішній контакт (ADDR SEL). Позначення виводів сенсора TSL 2561 і їх призначення показані на рис. 2.8 та у таблиці 2.1.

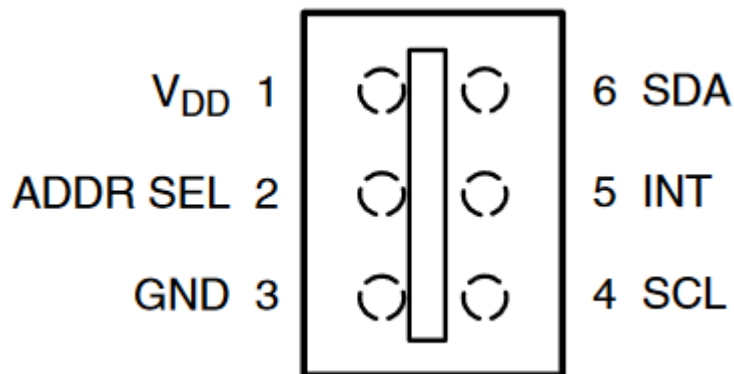


Рисунок 2.8 – Контакти TSL 2561

Таблиця 2.1 – Призначення виводів сенсора TSL 2561

Позначення виводу	Номер виводу	Тип виводу	Опис
V <sub>DD</sub>	1	-	Напруга живлення
ADDR SEL	2	Input	Вибір пристрою SMBus – три стани
GND	3	-	Заземлення джерела живлення. Усі напруги прив'язані до GND.
SCL	4	Input	Вхідний термінал послідовного годинника SMBus – тактовий сигнал для послідовних даних SMBus
INT	5	Output	Переривання сповіщення про рівень SMB
SDA	6	Input/Output	Термінал вводу/виводу послідовних даних SMBus – введення/виведення послідовних даних для SMBus.

Лінії живлення повинні бути роз'єднані за допомогою конденсатора 0,1 мкФ, розміщеного якомога ближче до корпусу пристрою (рис. 2.9). Байпасний конденсатор повинен мати низький ефективний послідовний опір (ESR) і низьку ефективну послідовну індуктивність (ESI), наприклад звичайні

керамічні типи, які забезпечують шлях із низьким опором до землі на високих частотах для обробки перехідних струмів, викликаних внутрішньою логікою.

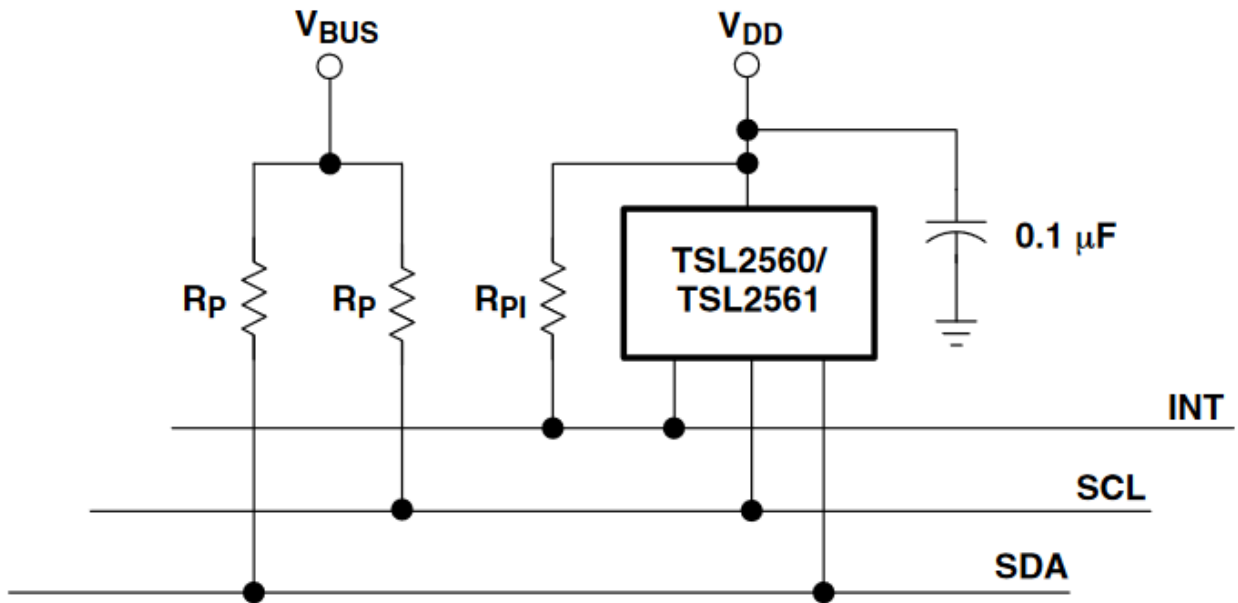


Рисунок 2.9 – Схема типового підключення датчика світла TSL 2561

Плата TSL2561 обмінюється даними з Raspberry Pi за допомогою протоколу I<sup>2</sup>C. Шина I<sup>2</sup>C потребує лише двох з'єднань: одне для годинника, щоб підтримувати синхронізацію двох пристроїв, і одне для даних, що передаються. Датчик освітленості також потребує певної потужності, тому є чотири контакти, які потрібно підключити за схемою, що наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Підключення сенсора TSL 2561 з Raspberry Pi

Контакт Raspberry Pi	Контакт TSL 2561
1 (3,3 V)	V <sub>DD</sub>
3 (SDA)	SDA
5 (SCL)	SCL
9 (GND)	GND

Схематично підключення датчика світла до Raspberry Pi показано на рис. 2.10.

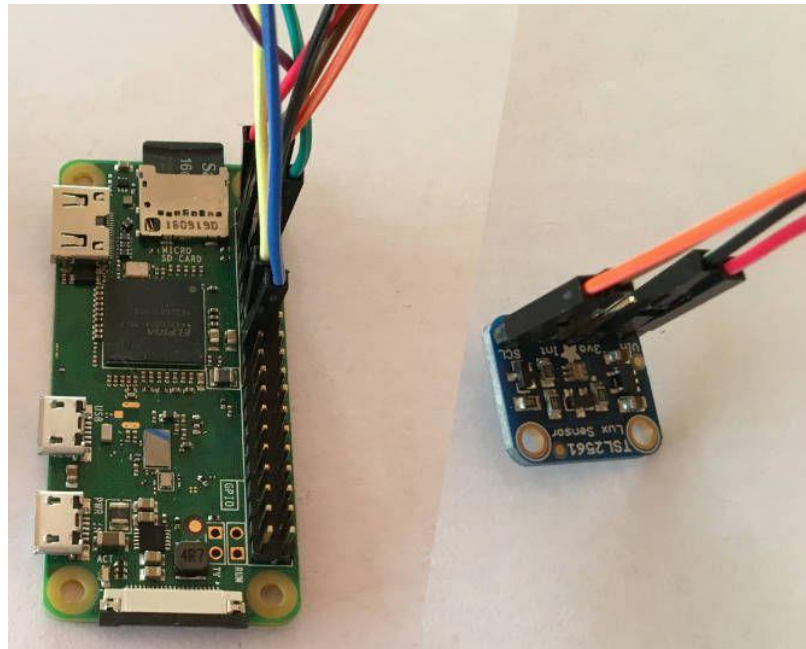


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчика світла до Raspberry PI

Наступним кроком є вибір і підключення реле та світильників, управління якими буде забезпечувати система автоматичного регулювання освітленості.

### 2.3.2 Реле управління освітленням

Для керування освітленням, зокрема підтримки функціонування системи автоматичного регулювання освітлення за розкладом, потрібно використати реле з низьким рівнем споживання напруги управління. Для цього у роботі запропоновано скористатися двоканальним реле від фірми SunFounder – SunFounder 2 Channel DC 5V Relay.

Таке реле представляє собою 2-канальну інтерфейсну плату низького рівня напруги на рівні 5 В, а для кожного каналу застосовується струм управління на рівні 15-20 мА. Його можна використовувати для управління різними приладами та обладнанням, які споживають великий струм та працюють під напругою у 250В і струмом 10А або напругою 30В і струмом 10А. Реле виконано у вигляді плати зі стандартним інтерфейсом, яким можна керувати безпосередньо за допомогою мікроконтролера [10]. На рис. 2.11 показано зовнішній вигляд реле SunFounder 2 Channel DC 5V Relay.

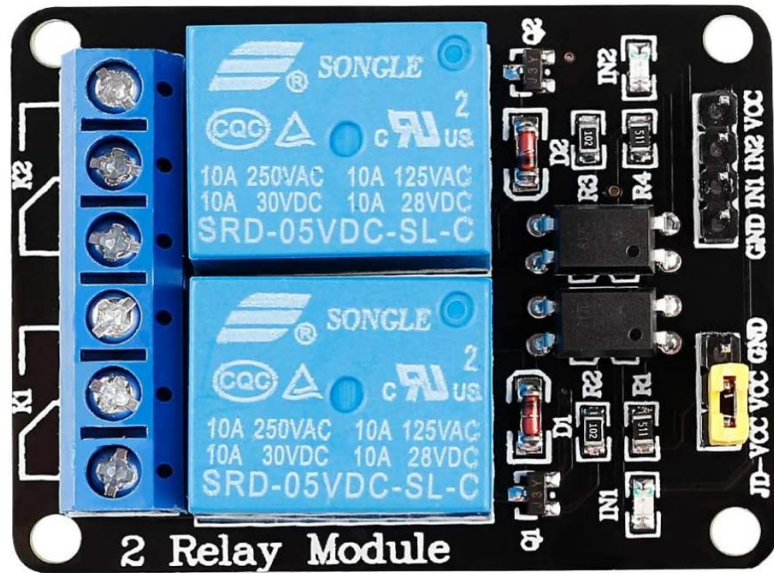


Рисунок 2.11 – Двоканальне реле системи автоматичного регулювання освітленості

До основних функціональних характеристик даного типу реле належить:

- максимальний вихід реле по живленню – 30 В/10 А, змінний струм 250 В/10 А;
- 2-канальний релейний модуль з платою розширення LOW Level Trigger Optocoupler, яка сумісна з Arduino та Raspberry PI;
- стандартний інтерфейс, яким можна керувати безпосередньо за допомогою мікроконтролера;
- реле з підтримкою SPDT – загальний термінал, нормально відкритий, один нормально закритий термінал;
- ізоляція оптронів, хороший захист від перешкод

Схема електрична принципова реле двоканального реле SunFounder показана на рис. 2.12.

VCC і RY-VCC також є джерелом живлення релейного модуля. Коли потрібно забезпечити керування великим навантаженням, то треба зняти перемичку та підключити додаткове живлення до RY-VCC, а також за допомогою підключення VCC до 5 В плати MCU забезпечити подачу вхідних сигналів.

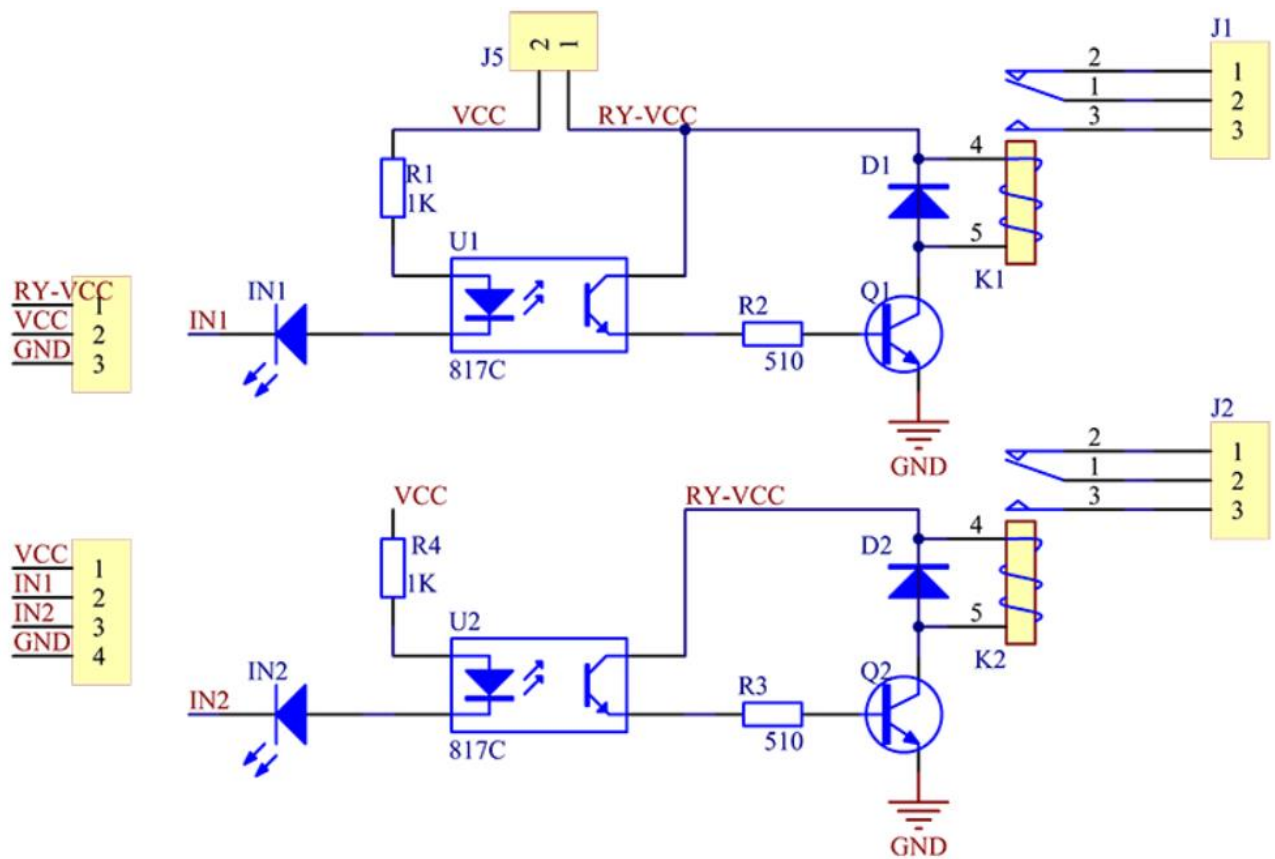


Рисунок 2.12 – Схема електрична принципова двоканального реле

Для підключення реле до Raspberry PI потрібно насамперед відключити від живлення усі пристрої і з'єднати відповідні виводи як показано у таблиці 2.3 та на рис. 2.13 [12].

Таблиця 2.3 – Схема підключення реле та Raspberry PI

Контакт Raspberry PI	Контакт TSL 2561
2 (5 V)	JD-VCC
6 (GND)	GND
15 (GPIO 22)	IN1
17 (3,3 V)	VCC

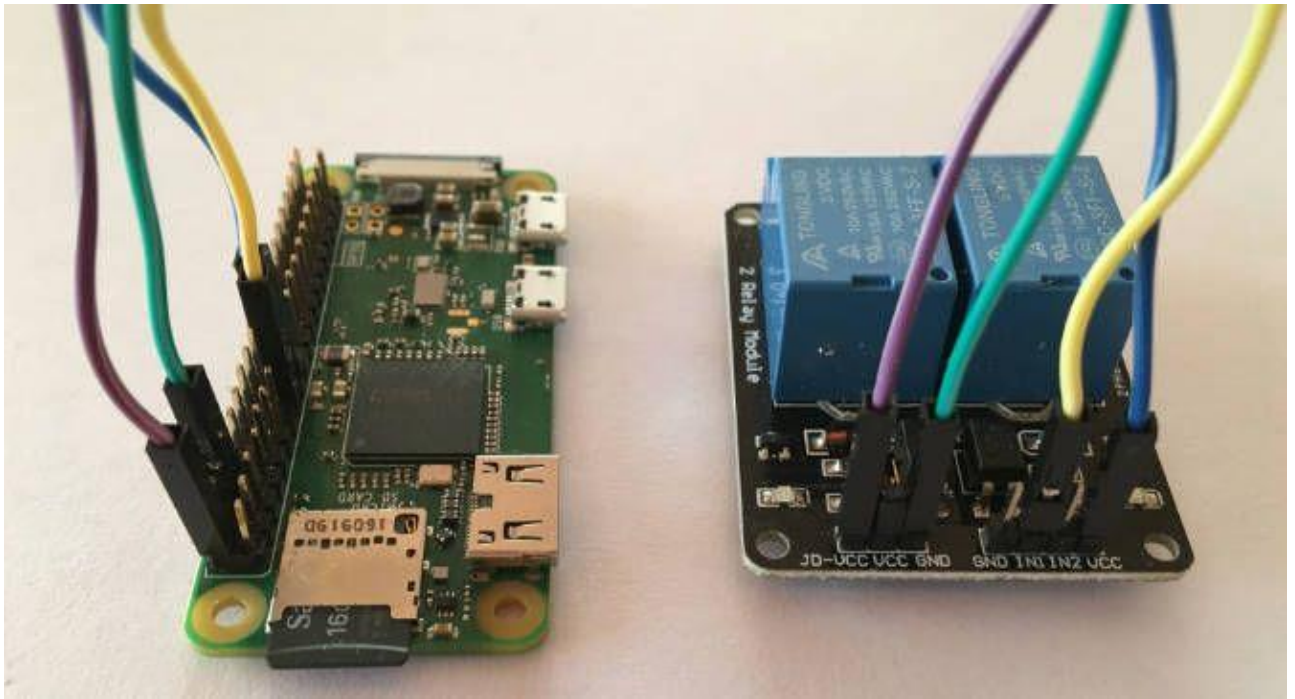


Рисунок 2.13 – Схема під'єднання реле з Raspberry Pi

До реле також під'єднується джерело штучного освітлення як показано на рис. 2.14. Однак перед цим потрібно вимкнути і від'єднати Raspberry Pi. У даному випадку використовуються нормально відкриті (NO) роз'єми на платі реле замість звичайного перемикача.

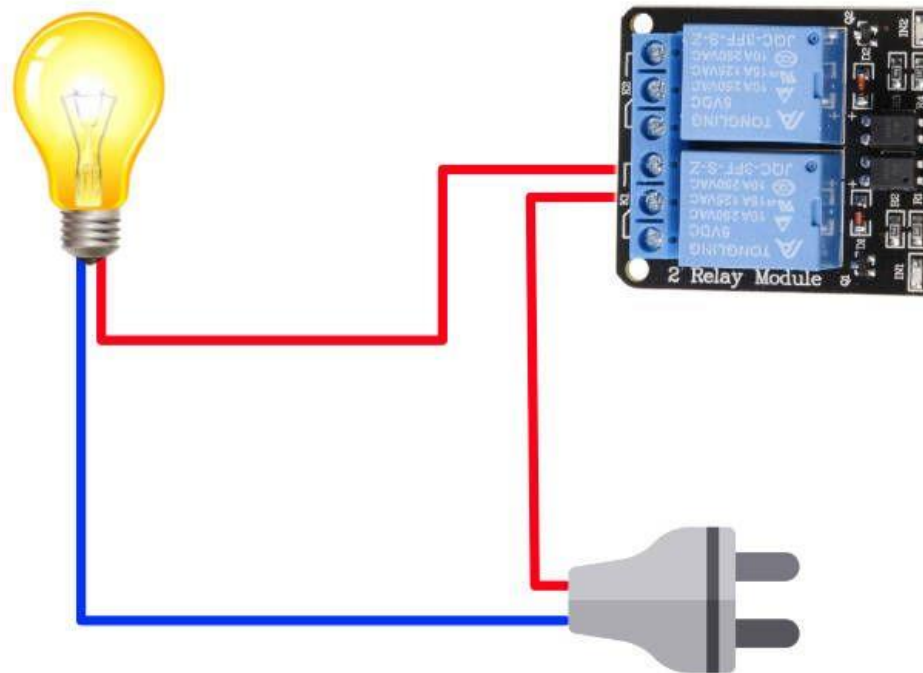


Рисунок 2.14 – Схема під'єднання джерела штучного освітлення до реле

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ

Арк.

40



## 2.4 Особливості протоколів передачі даних у системі автоматичного регулювання освітленості

I<sup>2</sup>C – це протокол обміну даними, який створений компанією Phillips Electronics та широко використовується у проектах створення комп'ютерних систем на основі мікроконтролерів. Доцільність використання протоколу обумовлена тим, що для ефективною передачі даних використовується лише два канали (провідники) на відміну від мінімум чотирьох при використанні SPI.

Даний протокол підтримується бібліотеками, створеними користувачами та існує багато компонентів, які призначені для використання з I<sup>2</sup>C на Raspberry Pi. Незважаючи на те, що він повільніший, ніж SPI, все ще працює досить швидко для випадку повсякденного використання. Подібно до SPI, протокол має головний пристрій (master), такий як Pi, і ведений пристрій (slave), такий як екран, реєстр зсуву або драйвер двигуна. Першим з'єднанням між пристроями є SCL (Serial Clock), який встановлюється головним для синхронізації передачі даних. Друге з'єднання – це SDA (Serial Data), який передає дані туди й назад між усіма пристроями на шині I<sup>2</sup>C.

Головний пристрій (master) починає обмін даними з початкового біта та семибітної шістнадцяткової адреси. Це має співпадати з даними підлеглого пристрою, щоб вони могли ефективно взаємодіяти. Це є причиною того, чому так багато пристроїв можна використовувати лише з двома проводами. Після цього пристрій master визначає чи потрібно виконувати читання або запис (R/W) даних slave пристрою, перш ніж отримати підтвердження або відповідь ACK.

Увімкнення або вимкнення I<sup>2</sup>C на Raspberry Pi можна виконати через меню конфігурації. Для цього потрібно у терміналі ввести наступну команду:

```
sudo raspi-config
```

Після цього за допомогою клавіш зі стрілками треба вибрати опцію «Interfacing Options», а потім «P5 I2C Enable/Disable automatic loading of I2C kernel module». Підтвердивши увімкнення протоколу повинно з'явитися вікно, як показано на рис. 2.15.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

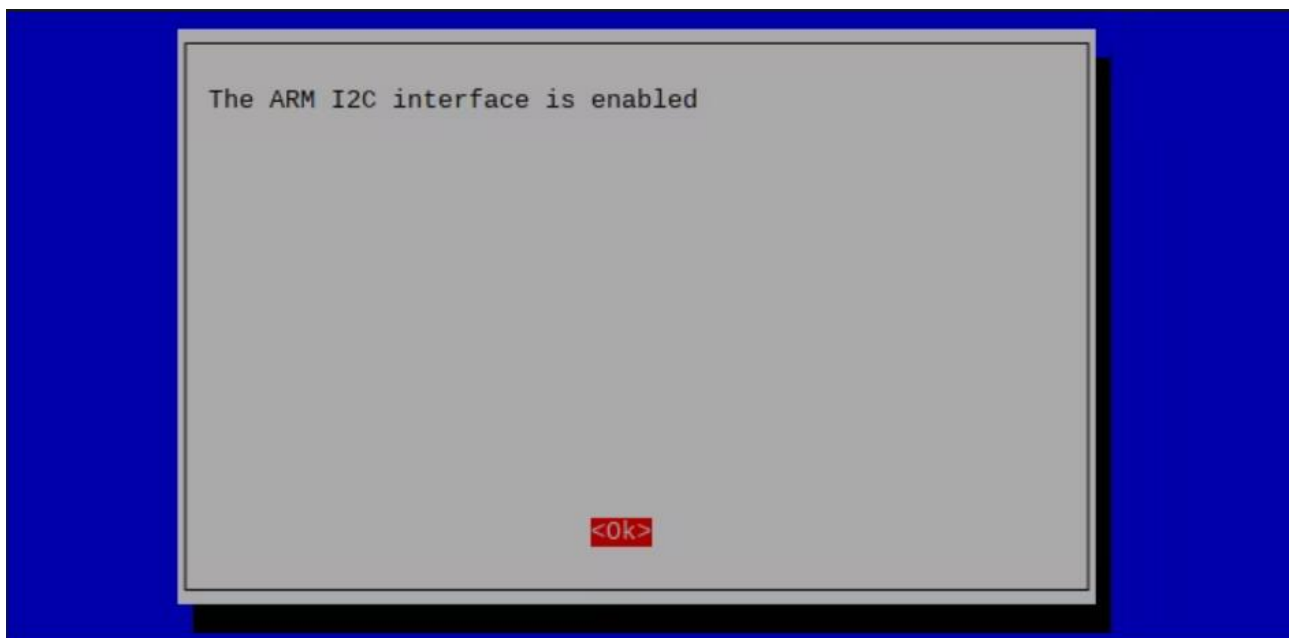


Рисунок 2.15 – Вікно підтвердження активації I<sup>2</sup>C

Як і у випадку з SPI, іншим шляхом увімкнення підтримки I<sup>2</sup>C є внесення змін у файл конфігурації «config.txt». Для того, щоб відкрити цей файл потрібно у терміналі Raspberry PI ввести наступну команду:

```
sudo nano /boot/config.txt
```

Після цього потрібно розкоментувати стрічку коду «#dtparam=i2c\_arm=on». У результаті таких дій, фрагмент файлу конфігурації матиме вигляд, як показано на рис. 2.16.

```
# Uncomment some or all of these to enable the optional hardware interfaces  
dtparam=i2c_arm=on  
#dtparam=i2s=on
```

Рисунок 2.16 – Активація I<sup>2</sup>C через файл конфігурації

Таким чином, спроектовано архітектуру системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування і моніторингу, визначено апаратні складові, їх характеристики та способи підключення. Наступний етап проектування системи полягає у налаштуванні та розробці програмного забезпечення для управління процесом освітлення приміщень.

## РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ

### 3.1 Конфігурація Raspberry PI та налаштування залежностей

Перед тим як налаштувати параметри, які безпосередньо стосуються керування освітленістю та віддаленим управлінням потрібно виконати перевірку доступності I<sup>2</sup>C, оскільки за замовчуванням дана опція вимкнена. Для цього виконуються дії, які наведені в останньому підрозділі другого розділу. У результаті успішного налаштування опції, вигляд вікна буде такий як показано на рис. 3.1.

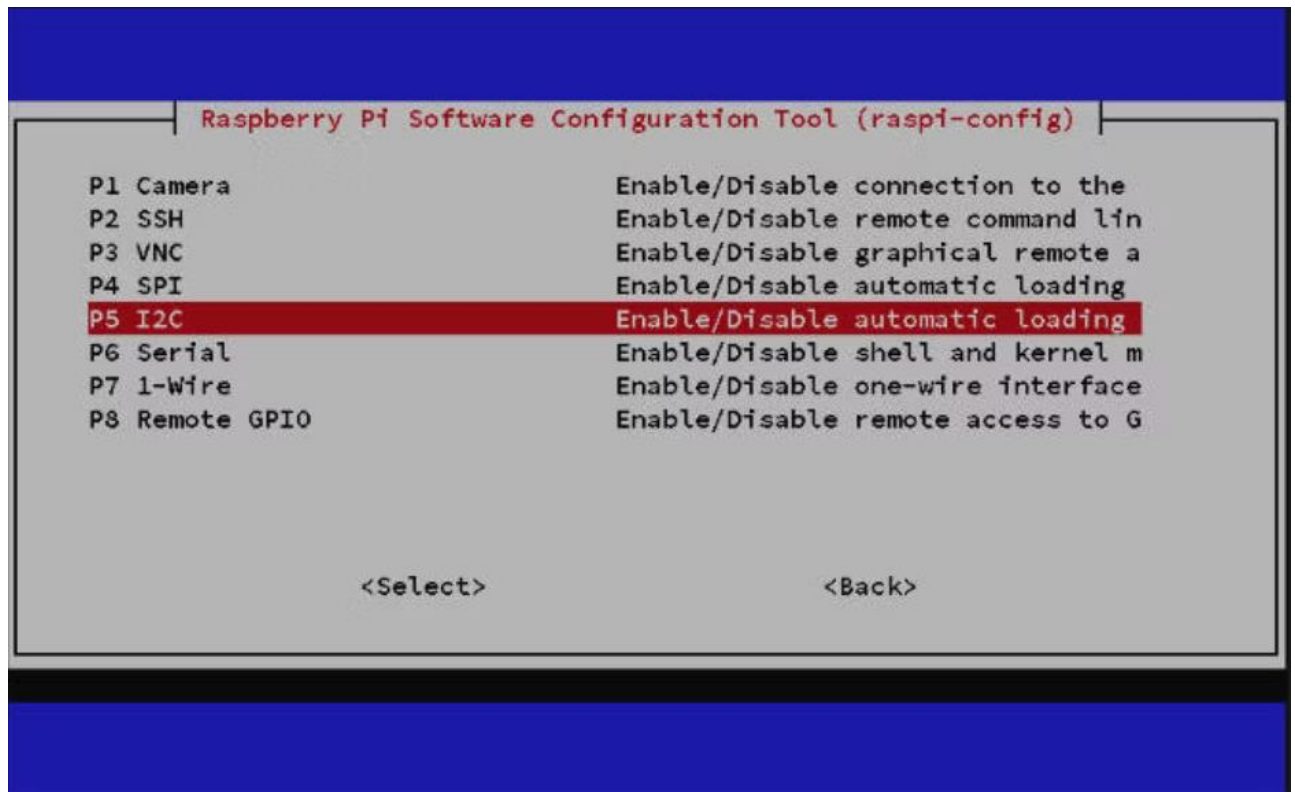


Рисунок 3.1 – Встановлення опції доступності I<sup>2</sup>C

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Головецький Н.М.			Програмне забезпечення системи автоматичного регулювання освітленості	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Шингера Н.Я.					43	
Реценз.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		
Н. Контр.		Тиш Є.В.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

Після успішного налаштування опції (рис. 3.1) потрібно перезавантажити пристрій Raspberry PI і встановити залежності для забезпечення можливості обміну повідомленнями між мікроконтролером та сенсором освітленості TSL 2561.

Налаштування залежностей виконується таким чином як показано на рис. 3.2.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install -y python-smbus
sudo apt-get install -y i2c-tools
```

Рисунок 3.2 – Налаштування залежностей для роботи із сенсором світла

У даному випадку проінстальовано бібліотеки «smbus» та «i2c-tools», які містять алгоритми функціонування відповідних протоколів для забезпечення працездатності та обміну даними між Raspberry PI та TSL 2561 [13].

Для перевірки встановлених залежностей використовується команда, яка представлена на рис. 3.3.

```
sudo i2cdetect -y 1
```

Рисунок 3.3 – Команда перевірка встановлених залежностей

Якщо залежності встановлені успішно, а датчик визначення рівня освітленості підключено правильно, то у результаті виконання команди, показаної на рис. 3.3 має з'явитися вікно, по типу того, яке показано на рис. 3.4.

У цьому випадку утиліта повідомляє, що вона знайшла пристрій I2C (датчик освітлення) за адресою I2C 39. Однак на цьому налаштування залежностей ще не завершується.

```
  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30:  -- -- -- -- -- -- -- -- 39 -- -- -- -- -- --
40:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
50:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
60:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
70:  -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
```

Рисунок 3.4 – Результат перевірки коректності встановлених залежностей

Окрім цього, для функціонування системи автоматичного регулювання освітленості необхідно ще встановити декілька бібліотек. Для цього спочатку створюється папка з метою зберігання всього того, що стосується проекту даної системи. На рис. 3.5 показано програмний код для створення теки зберігання необхідних бібліотек.

```
mkdir ~/lighting
cd ~/lighting
```

Рисунок 3.5 – Створення теки для зберігання файлів проекту

Наступний крок полягає у встановленні та налаштуванні веб-сервера для віддаленого керування. Для цього потрібно завантажити простий python-фреймворк bottle, що буде використовуватися для керування освітленням з мережі Інтернет. Для завантаження фреймворку bottle потрібно виконати команду на рис. 3.6.

```
wget https://bottlepy.org/bottle.py
```

Рисунок 3.6 – Скрипт завантаження фреймворку bootle

На сьогодні існує багато python-фреймворків, які дозволяють створювати веб-сторінки та веб-сервери, наприклад, django, bottle, flask. Фреймворк Bottle представляє собою швидкий і водночас легкий мікровеб-фреймворк WSGI для Python у вигляді одного файлового модуля без залежностей, окрім стандартної бібліотеки Python [14].

Вміст даного фреймворку розділений на такі частини, як маршрутизатори, патерни, утиліти і сервер.

Маршрутизатори виконують функції формування запитів з метою зіставлення викликів функцій як для статичних, так і для динамічних URL-адрес.

Патерни передбачають швидкий і вбудований механізм використання шаблонів, які підтримують принципи make, jinja2 і cheetah.

Утиліти використовуються для зручного одержання доступу до даних на формах, завантаження файлів, cookies та інших метаданих, пов'язаних із HTTP.

У bottle наявний інтегрований HTTP-сервер, що підтримує fapws3, gae, cherгуру та ін.

Інші бібліотеки, які необхідні для побудови системи автоматичного регулювання освітлення з можливістю віддаленого керування та моніторингу можна завантажити з Github. Однак для цього потрібно попередньо встановити Git на Raspberry Pi. Для цього використовується команда, яка наведена на рис. 3.7.

```
sudo apt-get install git
```

Рисунок 3.7 – Встановлення Git на Raspberry Pi

Після встановлення Git на мінікомп'ютер потрібно скопувати дві бібліотеки для коректного доступу до інтерфейсу GPIO та можливості опрацювання даних на входах і виходах мікроконтролера. Для цього використовується скрипт, показаний на рис. 3.8

```
git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_GPIO.git
git clone https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_PureIO.git
```

Рисунок 3.8 – Клонування бібліотек з Git

Для перевірки коректності налаштувань і визначення працездатності встановлених бібліотек потрібно створити тестовий файл із вміст, який продемонстрований на рис. 3.9.

```
#!/usr/bin/env python
# -*- coding: utf-8 -*-
from future import import absolute_import, division, print_function, unicode_literals
from tsl2561 import TSL2561
if __name__ == "__main__":
    tsl = TSL2561(debug=True)
    print(tsl.lux())
```

Рисунок 3.9 – Вміст скрипта перевірки працездатності встановлених бібліотек

Для збереження скрипта тестування працездатності встановлених бібліотек використовується комбінація клавіш CTRL+X, а його запуск виконується шляхом написання команди в терміналі: «python <назва файлу>».

Скрипт, показаний на рис. 3.9 орієнтований на підключення бібліотеки та відповідних її об'єктів, та виведення на екран показника рівня освітленості в Люксах.

Якщо все встановлено та працює, то на екрані з'явиться число, одержане із сенсора світла та інтерпретує рівень поточного рівня освітлення. Також можна спробувати вимкнути датчик або забезпечити таке регулювання його, щоб він був більш-менш світлим. Після зміни значень можна знову запустити тестовий скрипт і подивитися, як зміниться рівень освітленості.

Визначивши залежності і встановивши необхідні бібліотеки для обміну даними між сенсором рівня освітленості, далі потрібно розробити програмне забезпечення для формування розкладу увімкнення та вимкнення освітлення.

### 3.2 Формування розкладу увімкнення/вимкнення світла

Формування розкладу за яким буде вмикатись та вимикатись освітлення є важливою частиною при побудові системи автоматичного регулювання освітленості. Це означає що для Raspberry Pi потрібно розробити програмне забезпечення, яке буде керувати увімкненням штучного джерела світла у випадку, коли поточний рівень нижчий за встановлений. Окрім цього, повинен бути визначений час вимкнення світла. Наприклад, користувач може захотіти, щоб світло вмикалося, коли стемніє ввечері, а потім вимикалося опівночі, щоб заощадити електроенергію. Джерело світла може увімкнутися знову рано вранці, а потім вимкнутися, коли розвидняється. Щоб керувати таким розкладом із кількома часовими поясами, є два різні сценарії, які реалізуються двома різними python-скриптами. У такому випадку, скрипт увімкнення запускатиметься щохвилини саме в той час, коли потрібно користувачу або коли поточний рівень освітлення відповідає темній частині доби. Інший python-скрипт запускатиметься щохвилини в той час, коли потрібно, щоб світло було вимкнено незалежно від рівня освітлення [15]. Приклад розкладу, за яким можливе регулювання освітленості у приміщенні, з врахуванням часу доби показано на рис. 3.10.

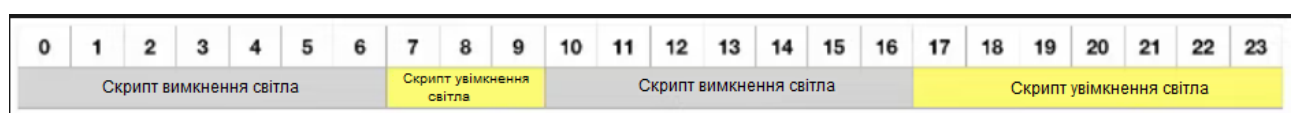


Рисунок 3.10 – Приклад розкладу увімкнення/вимкнення за часом доби

Виконання сценаріїв буде заплановано за допомогою завдань cron, даний сервіс розглянуто у наступному підрозділі. Вибравши години дня та ночі для кожного сценарію, буде легко встановити години, коли світло вмикатиметься автоматично. За допомогою Cron tab можна встановити скільки завгодно періодів увімкнення та вимкнення. Окрім сценаріїв для автоматичного керування освітленням, існує третій сценарій для керування ситуаціями



перевизначення. Це дозволить дистанційно вмикати світло незалежно від рівня навколишнього освітлення. Фрагмент підключення бібліотек, необхідних для формування розкладу автоматичного увімкнення світла та налаштування цифрових виводів інтерфейсу GPIO наведено на рис. 3.11 у вигляді python-скрипта

```
from __future__ import absolute_import, division, print_function, unicode_literals
from tsl2561 import TSL2561
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import os

# Change this value to whatever is suitable for your situation:
lowlux = 50

# Set up the GPIO
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) # Board numbering scheme
GPIO.setup(15, GPIO.OUT) # Pin 15 = Light Relay

# Check if the control files are in place
if not os.path.exists("/home/pi/lighting/lights.status"):
    print("DEBUG: lights.status file does not exist - creating it.")
    statusFile = open("/home/pi/lighting/lights.status", "w")
    statusFile.write("ON")
    statusFile.close()

if not os.path.exists("/home/pi/lighting/override.status"):
    print("DEBUG: override.status file does not exist - creating it.")
    statusFile = open("/home/pi/lighting/override.status", "w")
    statusFile.write("0")
    statusFile.close()

# Check the override status
override = open("/home/pi/lighting/override.status", "r+")
overrideMinutes = int(override.read())
if overrideMinutes > 0:
    # We are in override, so decrement the counter
    override.seek(0)
    override.write(str(overrideMinutes - 1))
    override.truncate()
else:
    # We are not in override, so check the light level
    print("DEBUG: Lowlux = " + str(lowlux))
```

Рисунок 3.11 – Скрипт підключення бібліотек та налаштування інтерфейсу GPIO

Щоразу, коли запускається скрипт увімкнення світла, він отримуватиме значення рівня освітленості від сенсора для того, щоб визначити поточний рівень

світла у приміщенні. У випадку, коли рівень освітленості буде відповідати темній порі доби, виконується перевірка того, чи увімкнено чи вимкнено світло. Якщо штучне джерело освітлення вимкнено, то Raspberry PI їх увімкне. Якщо рівень освітленості є достатнім, то скрипт побачить чи увімкнено світла і якщо перевірка істинна, то джерело світла буде вимкнено. Скрипт управління увімкненням світла з перевіркою поточного рівня освітлення показано на рис. 3.12.

```
# Get the current status of the lights
lightstat = open("/home/pi/lighting/lights.status","r")
lights = lightstat.read()
lightstat.close()
print("DEBUG: Lights are currently " + lights)

tsl = TSL2561(debug=True)
print("DEBUG: Lux value is currently " + str(tsl.lux()))

if tsl.lux() < lowlux and lights == "OFF":
    # Light is low and lights are off, so switch them ON
    print("Switching the lights ON due to low light.")
    lightstat = open("/home/pi/lighting/lights.status","w")
    lightstat.write("ON")
    lightstat.close()
    GPIO.output(15, False)

if tsl.lux() > lowlux and lights == "ON":
    # Light is good and lights are on, so switch them OFF
    print("Switching the lights OFF due to good light.")
    lightstat = open("/home/pi/lighting/lights.status","w")
    lightstat.write("OFF")
    lightstat.close()
    GPIO.output(15, True)

override.close()
```

Рисунок 3.12 – Фрагмент скрипта управління увімкнення/вимкнення світла

Сценарій, показаний на рис. 3.11, використовує змінну під назвою «lowlux», щоб визначити, у який момент достатньо темно, щоб увімкнути світло. Значення цієї змінної можна змінити на інше, що потрібно у конкретній ситуації.

Скрипт вимкнення світла запускатиметься щохвилини на вимогу користувача, якщо його не було перевизначено [16]. Логіка скрипта примусового віддаленого вимкнення освітлення показано на рис. 3.13.

```

# Check the override status
override = open("/home/pi/lighting/override.status", "r")
overrideMinutes = int(override.read())
override.close()
if overrideMinutes > 0:
    # We are in override, so decrement the counter
    override = open("/home/pi/lighting/override.status", "w")
    override.write(str(overrideMinutes - 1))
    override.close()
else:
    # We are not in override, so run the normal process

    # Get the light status
    lightstat = open("/home/pi/lighting/lights.status", "r")
    lights = lightstat.read()
    lightstat.close()

    print("DEBUG: Lights are currently " + lights)

    if lights == "ON":
        # We are in the off zone and the lights are on, so switch them OFF
        print("Switching the lights OFF due to being outside hours.")
        lightstat = open("/home/pi/lighting/lights.status", "w")
        lightstat.write("OFF")
        lightstat.close()
        GPIO.output(15, True)

```

Рисунок 3.13 – Сценарій примусового вимкнення освітлення

Скрипт, наведений на рис. 313 не цікавить факт рівня поточного освітлення. Його робота полягає в тому, щоб просто вимкнути світло, якщо воно увімкнене (якщо його не було перевизначено).

Скрипт перевизначення сервера створює просту веб-службу, яка може приймати команди для виконання наступних операцій:

- увімкнення світла на кілька хвилин незалежно від рівня навколишнього освітлення;
- вимкнення світла;
- визначення стану системи автоматичного регулювання освітлення на предмет увімкнення чи вимкнення джерела штучного світла;
- визначити тривалість того, як довго освітлення має залишатися увімкненим, якщо їх було відмінено.

Програмний код підключення бібліотек і використання фреймворку bootle, а також налаштування інтерфейсу GPIO показано на рис. 3.14.

```

# Load some libraries
import RPi.GPIO as GPIO
import time
from bottle import route, run, template
import os

# Set up the GPIO
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) # Board numbering scheme
GPIO.setup(15, GPIO.OUT) # Pin 15 = Light Relay
GPIO.output(15, True) # Switch lights off when we start the server (cron will switch them on when necessary)

```

Рисунок 3.14 – Підключення бібліотек та налаштування інтерфейсу GPIO

Далі необхідно виконати перевірку наявності файлів щодо управління та регулювання освітленості на веб-сервері. Для цього використовується програмний код, показаний на рис. 3.15.

```

# Check if the control files are in place
if not os.path.exists("/home/pi/lighting/lights.status"):
    statusFile = open("/home/pi/lighting/lights.status", "w")
    statusFile.write("ON")
    statusFile.close()

if not os.path.exists("/home/pi/lighting/override.status"):
    statusFile = open("/home/pi/lighting/override.status", "w")
    statusFile.write("0")
    statusFile.close()

# Set up a default index page
@route('/')
def index():
    return 'Nothing to see here. Bye.'

# Set up a status page
@route('/lightstatus')
def lightstatus():
    lightStat = open("/home/pi/lighting/lights.status", "r")
    lights = lightStat.read()
    lightStat.close()
    return lights

```

Рисунок 3.15 – Перевірка наявності файлів управління освітленням

Перед тим, як переходити до наступного кроку, потрібно запустити сценарій, що забезпечує вимкнення освітлення, шляхом виконання відповідної команди. Це створить контрольні файли, які сценарії використовують для автоматичного регулювання освітленості. Далі необхідно реалізувати налаштування автоматичного запуску необхідних скриптів.

### 3.3 Налаштування автоматичного запуску сценаріїв регулювання освітлення на основі Cron та Crontab

Можливість автоматизації завдань – одна з тих технологій, які ефективно використовуються при функціонування програмних і комп'ютерних систем. Кожен користувач Linux може отримати вигоду від планування системних і призначених для користувача завдань завдяки cron – зручній у користуванні фоновій службі.

Отримання вигоди користувачів Linux від планування завдань є однозначною, незалежно від того, пов'язані вони із системою (наприклад, очищення старих журналів і оновлення пакетів) чи обслуговуванням користувача (перевірка електронної пошти, завантаження подкастів...). Користувачі Windows застосовують планувальник завдань, починаючи з Windows 95. Утиліта, яка виконує ту саму роботу в Linux, називається cron.

Cron – це системна служба, яка працює у фоновому режимі, перевіряє наявність запланованих завдань і виконує їх, якщо такі знайде. Завдання, також називають «завданнями cron», визначені в спеціальних конфігураційних файлах (crontabs), які cron сканує щохвилини.

Кілька версій cron можна знайти в різних дистрибутивах Linux. Наприклад, розгалуження cron у Fedora називається cronie, а також є fcron, bcrn і dcrn. Деякі мають додаткові функції, тоді як інші більше зосереджені на безпеці, але всі вони засновані на одній ідеї.

Якщо користувач серйозно планує керувати своїм часом, то напевно у нього є якийсь календар – програма або принаймні аркуш паперу. Crontab дуже схожий на календар комп'ютера. Він містить інформацію про заплановані завдання, повідомляючи cron, які команди виконувати в який час. Насправді у системі існує кілька crontab. Кожен користувач має свій власний crontab, включаючи root (адміністратора). Crontab користувача зберігаються за шляхом – `«/var/spool/cron/crontabs/»`.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Команда `crontab -l` покаже список файлу `crontab` для поточного користувача. Перевірка кореневого `crontab` виконується за допомогою команди `sudo crontab -l`.

Крім того, існує системний файл `crontab`, який використовується для загальносистемних завдань. Зазвичай, вони мають форму виконуваних сценаріїв, що належать `root`. Доступ до системних завдань можна отримати за такими шляхами, як:

- `/etc/crontab`
- `/etc/cron.hourly/`
- `/etc/cron.daily/`
- `/etc/cron.weekly/`
- `/etc/cron.monthly/`

Для того, щоб запланувати завдання, просто потрібно додати їх у потрібний `crontab`. Оскільки `crontab` є спеціальним конфігураційним файлом, не рекомендується редагувати його вручну. Замість цього варто використовувати команду `crontab -e`.

Щоб редагувати `root` та `crontab`-файли інших користувачів, необхідно запустити команду з правами адміністратора та додати ім'я користувача після параметра `-u`, як показано на рис. 3.16.

```
sudo crontab -u root -e
sudo crontab -u username -e
```

Рисунок 3.16 – Команди для редагування `crontab`-файлів

Результат виконання команд, показаних на рисунку 3.16, продемонстровано на рис. 3.17.

```
Select an editor. To change later, run 'select-editor'.
 1. /bin/ed
 2. /bin/nano <---- easiest
 3. /usr/bin/vim.tiny

Choose 1-3 [2]:
```

Рисунок 3.17 – Доступ для редагування crontab користувача

Запланувати часові діапазони увімкнення світла можна за допомогою дефіса. Наприклад, вказавши 14-22 під «Годинами» буде виконуватись завдання безперервно з 14:00 до 22:00. Окрім цього, можна запустити одне завдання кілька разів, визначивши список, розділений комами, наприклад – 1, 3,5 у розділі «День тижня» виконуватиме завдання в понеділок, середу та п'ятницю.

Водночас значення кроку позначаються слешем (/), і вказує на кількість пропусків у діапазоні; наприклад, 3-20/3 у розділі «Години» виконуватиме завдання кожні три години з 3 ранку до 8 вечора. Це корисно, коли потрібно повторювати завдання кожні X годин, оскільки можна поєднати зірочку та крок (\* / X). Також можна поєднувати діапазони зі списками та кроки з діапазонами, якщо використовувати числа. Іншими словами, комбінації на кшталт "jan-mar" або "Tue,Fri-Sun" заборонені.

Крім того, замість встановлення значення для кожного стовпця можна просто написати «@weekly», «@yearly», «@monthly», «@daily» або «@hourly» на початку рядка, а потім вказати потрібну команду. Заплановані таким чином завдання запускатимуться в першу можливу хвилину, тому «@weekly» запускатиметься опівночі першого дня тижня. Якщо треба запустити завдання відразу після (повторного) запуску системи, можна скористатися командою «@reboot».

У системі автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого управління та моніторингу, Raspberry Pi може запускати сценарії автоматизації за допомогою cron. Для цього потрібно виконати команду, як показано на рис. 3.16 і відредагувати його як показано на рис. 3.18.

```
* 7,8,9,17,18,19,20,21,22,23 * * * python /home/pi/lighting/onzone.py > NULL
* 0,1,2,3,4,5,6,10,11,12,13,14,15,16 * * * python /home/pi/lighting/offzone.py > NULL
```

Рисунок 3.18 – Формування розкладу запуску сценаріїв управління освітленням

У першому рядку, показаному на рис. 3.18, вказано усі години, коли потрібно, щоб світло вмикалося. Усі години, коли треба вимикати світло перелічені у другому рядку. Далі варто налаштувати автоматичний запуск сценарію перевизначення під час запуску Raspberry PI, шляхом редагування і додавання до початку файлу «*sudo nano /etc/rc.local*» стрічки коду, який показаний на рис. 3.19.

```
nohup python /home/pi/lighting/lightserver.py &
```

Рисунок 3.19 – Команда автоматичного запуску сценарію перевизначення сервера при запуску Raspberry PI

Для застосування в дію наведених вище змін необхідно виконати перезавантаження Raspberry PI. Таким чином виконано автоматичне налаштування параметрів регулювання освітленості із застосуванням розроблених сценаріїв з можливістю віддаленого управління. Після цього потрібно протестувати працездатність реле, апаратне підключення якого до Raspberry PI та джерела штучного світла спроектовано у другому розділі кваліфікаційної роботи.

### 3.4 Тестування реле

Перш ніж підключати освітлювальні прилади, треба перевірити, чи все працює за допомогою функції перевизначення. Для цього у веб-браузері у тій же мережі, що й Raspberry PI, потрібно замінити IP-адресу власною адресою Raspberry PI. На рис. 3.20 показано приклад заміни IP-адреси.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



```
11.22.33.44:1234/overrideon/3
```

Рисунок 3.20 – Перевірка працездатності реле

Якщо все працює коректно, то можна почути клацання реле, і браузер видаватиме повідомлення про те, що світло увімкнено протягом трьох хвилин.

Коли реле замкнено, можна перевірити інші функції перевизначення. Наприклад, скільки хвилин освітлення залишатиметься увімкнутим через перевизначення показано на рис. 3.21.

```
11.22.33.44:1234/getoverridereaining
```

Рисунок 3.21 – Запит на визначення тривалості увімкнутого джерела світла

Для того, що визначити чи стан джерела штучного освітлення використовується запит наступного вигляду (рис. 3.22).

```
11.22.33.44:1234/lightstatus
```

Рисунок 3.22 – Перевірка стану джерела штучного освітлення

Для вимкнення реле використовується команда, яка наведена на рис. 3.23.

```
11.22.33.44:1234/overrideoff
```

Рисунок 3.23 – Команда вимкнення реле

У випадку відкриття реле (рис. 3.23), можна почути традиційне його клацання.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Фізіологічний вплив факторів існування на життєдіяльність людини

Людина – це складна біоенергетична система, життєдіяльність якої забезпечується на трьох рівнях: фізіологічному, психічному та соціальному.

На фізіологічному рівні людина виступає як представник тваринного світу і її розвиток підпорядковується усім відомим біологічним законам [18].

Фундаментальною властивістю живого організму є його відносна сталість, яка забезпечується певним, властивим цьому організмові, рівнем обміну речовин і енергії та характером перебігу життєво важливих процесів.

Обмін речовин – це складний ланцюг перетворень речовин в організмі, починаючи з надходження їх із навколишнього середовища і завершуючи видаленням продуктів розпаду.

В процесі обміну організм дістає речовини для будівельних цілей та енергію, яка витрачається на синтез специфічних для цього організму сполук, на підтримку постійної температури тіла, проведення нервових імпульсів та ін.

Для різних процесів життєдіяльності організму людини потрібно близько 10 500 кДж (2 500 ккал) на добу. Джерело її – енергія хімічних зв'язків молекул органічних речовин, які людина споживає з їжею. Для нормального функціонування організму щоденний раціон повинен містити шість основних складових: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та воду [19].

Отже, організм не можна відокремити від середовища, яке його оточує і забезпечує його існування. Єдиним об'єктивним критерієм впливу довкілля на організм людини є його реакції. Реакції організму, які дають змогу зберігати його відносну сталість в умовах значних коливань параметрів довкілля, називаються адаптаційними. Поки організм людини спроможний за допомогою адаптаційних

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Головецький Н.М.			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів		Шингера Н.Я.					58	
Консульт.		Гурик О.Я.				<b>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</b>		
Н. Контр.		Тиш Є.В.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

реакції забезпечити стабільне функціонування, здоров'я людини перебуває в стані безпеки. Якщо ж організм потрапляє в умови, коли інтенсивність дії чинників довкілля перевищує його адаптаційні можливості, то виникає стан небезпеки для життя людини.

Отже, безпека життєдіяльності людини значною мірою залежить від реакції організму на зовнішні подразники, його можливостей уникати дії небезпечних чинників довкілля.

Енерговитрати сучасної людини різко скоротилися і, згідно з першою вимогою, скорочується споживання їжі. Однак зниження потреби в енергії не супроводжується відповідним зниженням потреби в інших життєво важливих харчових компонентах (вітамінах, мікро- та макроелементах). Оскільки джерелами енергії та інших біологічно активних речовин є одні і ті ж харчові продукти, то виникає певний дисбаланс: адекватний за енергетичною цінністю раціон не забезпечує потреби у вітамінах, мікроелементах та інших речовинах. З цієї причини треба дотримуватись рекомендацій дієтологів про додаткове споживання вітамінних препаратів з добавками мікроелементів хоча б у зимовий період року [19].

Режим харчування повинен забезпечувати ефективну роботу органів травлення, оптимальне засвоєння харчових продуктів і належний перебіг обмінних процесів.

Фізіологічно обґрунтованим є три–чотири разове харчування з інтервалами в 4–5 год. При триразовому харчуванні сніданок повинен забезпечувати 30% енергетичної цінності добового раціону, обід – 45% і вечеря – 25%. При чотириразовому харчуванні на перший сніданок повинно припадати 25%, на другий – 15%, на обід – 35% і вечерю – 25% добової енергетичної цінності харчування.

Під безпечним харчуванням розуміють відсутність токсичного, канцерогенного, мутагенного чи будь-якого іншого несприятливого впливу продуктів харчування на організм людини при споживанні у рекомендованих кількостях [19].

Продукти харчування стають небезпечними, якщо в них наявні:

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- хвороботворні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності – токсини;
- отрути тваринного та рослинного походження;
- отруйні гриби;
- важкі метали та миш'як;
- пестициди;
- нітрати, нітрити і нітрозаміни;
- радіонукліди;
- харчові добавки.

Якщо хвороботворні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності, отрути тваринного та рослинного походження, отруйні гриби мають природне походження, то всі інші забруднювачі харчових продуктів – важкі метали, пестициди, нітрати, нітрити, нітрозаміни, радіонукліди і харчові добавки мають антропогенне походження.

Хвороботворні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності, потрапляючи в організм із їжею людини, здатні викликати інфекційні захворювання і харчові отруєння. Серед харчових інфекцій та отруєнь мікробної етіології найчастіше трапляються:

- дизентерія, збудником якої є мікроорганізми, що належать до роду шигел;
- черевний тиф, збудником якого є черевнотифозна паличка;
- холера, збудник якої – холерні вібріони;
- сальмонельоз, збудник якого – сальмонели; гельмінтози, спричинені паразитичними червами;
- токсоінфекції, спричинені бактеріями роду протея, кишковими паличками, паличками цереус, парагемолітичними вібріонами, стрептококами (ентерококами);
- токсикози: бактеріальні, викликані стафілококами та ботулінічною паличкою, і мікотоксикози, що зумовлені токсинами мікроскопічних грибів.

Джерелом збудників бувають хворі люди, бактеріоносії, хворі тварини, корм для тварин, ґрунти тощо. Для харчових отруєнь характерним є короткий

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інкубаційний період (2–24 год) і раптовий гострий початок з ознаками розвитку як місцевих процесів у шлунково-кишковому тракті, так із загальнотоксичними ознаками (головний біль, підвищена температура).

Чинники, які сприяють попаданню хвороботворних мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності в організм:

- споживання продуктів харчування, одержаних від інфікованих тварин;
- інфікування продуктів харчування під час їх заготівлі;
- порушення умов зберігання та транспортування;
- порушення вимог кулінарної обробки;
- порушення термінів реалізації готової продукції;
- стан здоров'я працівників харчових підприємств (відсутність хворих та носіїв збудників хвороб).

Отрути тваринного та рослинного походження рідко потрапляють в організм людини. Можливе отруєння скумбрієвими рибами. М'ясо цих риб містить гістидин, який при порушенні умов і термінів зберігання перетворюється в отруту – заурин. Тимчасово, на час нересту ікра, молоко і печінка деяких риб (окуня, налима, щуки та ін.) можуть теж бути отруйними, хоча їхнє м'ясо є безпечним.

#### 4.2 Характеристика небезпечних зон обладнання та розробка заходів безпеки

Процес експлуатації основного і допоміжного технологічного обладнання передбачає безпосередній тимчасовий або постійний контакт людини з органами контролю і управління обладнання. В цьому просторі людина може потрапляти під дію НШВФ. В техніці безпеки простір, в якому постійно або тимчасово діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори, отримав назву небезпечних зон. Небезпечні зони поділяються на постійні і змінні. Постійні характеризуються незмінними розмірами у часі, змінні – змінюють розміри у часі [20].

Засоби захисту небезпечних зон згідно ГОСТ 12.4.011 – 75 ССБТ поділяються на колективні і індивідуальні.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коллективні засоби захисту небезпечних зон умовно розділяють на: огорожувальні, запобіжні, сигнальні, дистанційного управління.

Огорожувальні засоби бувають стаціонарними, знімними і переносними.

Стаціонарні – постійно закривають доступ до небезпечної зони і демонтуються при огляді, ремонті та обслуговуванні робочих органів обладнання. Це корпуси, кожухи, бар'єри, незнімні огороження тощо.

Знімні – встановлюються в місцях періодичного доступу до небезпечних зон і знімаються для виконання допоміжних операції (завантаження – розвантаження сировини в машинах періодичної дії, зміни інструменту, зміна картриджу тощо). Вони обов'язково блокуються з приводом робочих органів і забезпечують їх зупинку при зміні положення знімного огороження. Блокувальні пристрої бувають механічними, електричними, фотоелектричними, електромеханічними тощо [20].

Переносні огороження встановлюються на час виконання монтажних, ремонтних, будівельних та інших робіт.

Запобіжні пристрої забезпечують захист обладнання у автоматичному режимі від аварій і поломок та пов'язаних з цим вірогідністю травматизму. Запобіжні пристрої в залежності від відновлення працездатності обладнання підрозділяються на:

- з автоматичним включенням (запобіжний клапан, термореле та інші);
- з ручним включенням (електромагнітний вимикач, тепловий захист тощо);
- зі зміною слабкої ланки (штифти, які зрізуються; плавкі вставки; запобіжні мембрани тощо).

Сигнальні пристрої інформують працівників про роботу обладнання і виникаючих при цьому небезпечних і шкідливих виробничих факторах. Інформація буває оперативною, попереджувальною та іншою [20]. Доводиться до працюючих світлом, кольором, знаками, звуком або їх комбінацією. Вони широко застосовуються для контролю різних параметрів: рівня продукту, тиску, температури і вологості середовища, хімічного складу, вібрації, шуму тощо.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дистанційне управління дозволяє усунути дію на людину вібрації, шуму, теплових випромінювань та інших небезпечних і шкідливих факторів. Воно широко розповсюджено на підприємствах харчової промисловості і в значній мірі поліпшує умови праці людини.

Індивідуальні засоби захисту використовують в тих випадках, коли використання колективних засобів захисту недостатньо або при їх відсутності. До них відносяться: глушники шуму, діелектричні рукавички, окуляри, протигази, хімічний одяг, кольчужні рукавички, каски і широкий клас інших засобів захисту.

Основне технологічне і допоміжне обладнання у виробничих приміщеннях розташовується і компонується у відповідності до галузевих норм технологічного проектування та галузевих правил з охорони праці.

Основні вимоги галузевих норм:

- послідовність розташування згідно технологічної схеми;
- максимальне забезпечення безпеки робіт;
- зручність налаштування, обслуговування, ремонту;
- забезпечення максимального значення коефіцієнта природного освітлення (КПО);
- забезпечення нормованих показників мікроклімату робочої зони і виробничих приміщень тощо.

Основні норми ширини проходів при розміщенні обладнання для магістральних (генеральних проходів) не менше 1,5 м; між обладнанням не менше 1,2 м; між стінами виробничих будівель і обладнанням не менше 1,0 м. Вони збільшуються на 0,75 м при однобічному розташуванні працюючих від проходів і не менш ніж на 1,5 м при двобічному розташуванні працюючих від проходів [20]. Ширина проїздів устанавлюється в залежності від виду транспорту, який використовується, з урахуванням радіуса його повороту. Для ремонту і обслуговування відстань від обладнання до стін повинна бути не менше 0,7 м.

Монтажні прорізи у перекриттях будівель повинні бути передбачені не менш ніж на 1 м більше габаритів змонтованого обладнання.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Основне технологічне та допоміжне обладнання повинно виготовлятися відповідно до наступних ергономічних вимог: антропометричних, психофізіологічних та естетичних.

Відповідність антропометричним вимогам визначається економією рухів, виключенням незручних поз, вибором параметрів конструкції з урахуванням антропометричних особливостей людини тощо.

Психофізіологічна відповідність базується на властивостях аналізаторів людини, які відповідають за взаємодію людини з об'єктами навколишнього середовища: зоровий, слуховий та шкірний [20].

Естетична відповідність визначається емоційним задоволенням людини від зорового сприйняття виробничого об'єкта за гармонійністю, пропорцією, кольором, масштабністю тощо.

Загальні вимоги безпеки щодо організації робочих місць:

- необхідні для роботи предмети розташовуються поруч з працівником;
- не слід захарашувати робоче місце непотрібними предметами, заготовками й готовими деталями;
- робоче місце повинно мати необхідну оглядовість;
- більш небезпечне обладнання треба розташовувати вище менш небезпечного;
- засоби відображення інформації повинні бути розташовані в зонах інформаційного поля робочого місця;
- більш значуща інформація повинна виділятися від менш значущої тощо.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі спроектовано та забезпечено налаштування компонентів системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі мікроконтролера Raspberry Pi. Основними апаратними складовими системи є безпосередньо сам мінікомп'ютер, сенсор рівня освітленості TSL 2561, реле та джерело штучного освітлення. До основних програмних компонентів належать програмне забезпечення керування віддаленим доступом, що функціонує як простий веб-сервер на Raspberry Pi реалізований на фреймворку bottle, сервіс формування та управління розкладом увімкнення/вимкнення освітленості, а також системне програмне забезпечення для забезпечення можливості одержання даних із датчика світла. Для запуску сценаріїв управління освітленням використовується системні сервіси cron та crontab.

Основні задачі, які розв'язано у роботі згідно технічного завдання, полягають в наступному:

- розроблено та проаналізовано технічне завдання на проектування системи автоматичного регулювання освітленості;
- проведено аналітичний огляд систем керування освітленням;
- спроектовано архітектуру системи автоматичного регулювання освітлення з можливістю віддаленого управління та моніторингу;
- забезпечено обґрунтований вибір апаратних складових системи;
- розроблено прикладне програмне забезпечення управління освітленням та виконано налаштування на системному рівні;
- розроблено розклад функціонування системи регулювання освітлення в залежності від часу доби та з врахуванням поточного рівня навколишнього освітлення;
- реалізовано можливість віддаленого авторизованого доступу до системи;
- проведено тестування працездатності функціонування системи автоматичного регулювання освітленості.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Способи та пристрої керування освітленням будинку. URL: <https://www.obudom.com/sposobi-ta-pristroi-keruvannya-osvitlennyam-budinku/> (дата звернення: 18.04.2023 р.).
2. Стаценко Д.В., Злотенко Б.М., Натрошвілі С.Г., Кулік Т.І., Демішонкова С.А. Комп'ютерна система для керування освітленням приміщень. Вісник Хмельницького національного університету. Том 2. 2021. С. 40-44.
3. Говоров П.П., Перепечений В.О., Говоров В.П. Освітлювальні електричні системи та мережі. ХНАМГ. Харків. 2009. 227 с.
4. Bottle: Python Web Framework. URL: <https://bottlepy.org/docs/dev/index.html> (дата звернення: 25.04.2023 р.)
5. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
6. Python 3.9.2 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення 18.04.2023 р.)
7. Mathematical statistics functions. URL: <https://docs.python.org/3/library/statistics.html> (дата звернення 02.05.2023 р.)
8. Raspberry Pi Computer Boards. URL: <https://www.okdo.com/c/pi-shop/the-raspberry-pi/> (дата звернення 15.05.2022 р.).
9. Kharchenko A., Galay I., Yatcyshyn V. The method of quality management software. 2011 Proceedings of 7th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2011 . Polyana , 2011. 82-84
10. Introduction to Bottle Web Framework – Python. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-bottle-web-framework-python/> (дата звернення 20.04.2023 р.).
11. Іоффе К.І., Черкашина О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями» (для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла»)). Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків :ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 57 с.

12. Waher P. Learning Internet of Things. Packt Publishing. 2015. 286 p.

13. IoT: від «розумних» лампочок до передових технологій виробництва / Новини / IT українською URL: <http://it-ua.info/news/2016/06/21/iot-ud-rozumnih-lampochok-do-peredovih-tehnology-virobnictva.html> (дата звернення 26.04.2023р.).

14. Python Tutorial. URL: <https://www.w3schools.com/python/default.asp> (дата звернення 18.05.2023 р.).

15. Shelgaonkar S.K. Creating a smart home environment with IOT driven home appliances. GRIN Verlag. 2016 p. 80 p.

16. Автоматизація бізнес-процесів підприємства. URL: [http://stud.com.ua/37085/ekonomika/avtomatizatsiya\\_biznes\\_protsesiv\\_pidpriyemstva](http://stud.com.ua/37085/ekonomika/avtomatizatsiya_biznes_protsesiv_pidpriyemstva) (дата звернення 20.05.2022 р.).

17. Осухівська Г. М., Тиш Є. В., Луцик Н. С., Паламар А. М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

18. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Київ. 2018.

19. Катренко Л.А., Катренко А.В. Охорона праці в галузі комп'ютингу. Львів: Магнолія-2006. 2012. 544 с.

20. Бедрій Я. Основи охорони праці користувачів персональних комп'ютерів: навчальний посібник для студентів ВНЗ та інженерів-практиків. Навчальна книга-Богдан. 2014. 144 с.

					<b>КС КРБ 123.037.00.00 ПЗ</b>	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 кафедри КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ ОСВІТЛЕНОСТІ З  
МОЖЛИВІСТЮ ВІДДАЛЕНОГО КЕРУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ НА  
ОСНОВІ RASPBERRY PI

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на 14 листках

**Вид робіт:**

Кваліфікаційна робота

**На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»**

**Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»**

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Шингера Н.Я.

\_\_\_\_\_ Головецький Н.М.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**Тернопіль 2023**

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Система автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.037.00.00

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Головецький Назар Михайлович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4.7-238 від 28.02.2023 р.)

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 28.02.2023 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 24.06.2023 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, ДСТУ, ЕСКД, ЕСПД.

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 на 90% , 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 автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry Pi призначена для ефективного управління використанням енергоносіїв в залежності від рівня природного освітлення. Така система є ефективною при застосуванні як для окремих домоволодінь, так і для промислових підприємств, оскільки забезпечує можливість економії електроенергії і водночас достатнього рівня освітленості для виконання поставлених завдань. Як частину системи керування та моніторингу рівня освітленості можна розглядати базову підсистему збору даних щодо споживання електроенергії. Це в перспективі може посприяти створенню більш складної системи прогнозування рівня споживання енергоносіїв певним споживачем, визначити час пікового навантаження та споживання, що дозволить планувати фінансові витрати та керувати ними.

Завдяки автоматизованим системам контролю та регулювання освітлення можна забезпечити потрібну кількість світла у конкретному випадку. Це допомагає зменшити споживання енергії, що призводить до зниження рахунків за електроенергію та зменшення «вуглецевого сліду».

Системи керування освітленням, зазвичай, використовують три типи датчиків/контролерів, щоб регулювати увімкнення, вимкнення і зменшення інтенсивності освітлення. Зокрема, у таких системах реалізується контроль часу увімкнення/вимкнення світла, тобто можна задавати розклад автоматичного увімкнення/вимкнення освітлення. Сенсори світла у системах автоматичного регулювання освітленості забезпечують вимірювання яскравості та інтенсивності денного природного освітлення і розраховується кількість необхідного штучного світла для підтримки необхідного рівня освітлення. Датчики руху – через виявлення входу або виходу з кімнати, датчики руху вмикаються та відповідно вимикають світло.

Імплементация системи автоматичного регулювання рівня освітленості повинна забезпечувати здатність до адаптації відносно зміни інтенсивності природного освітлення та відповідність встановленому розкладу увімкнення/вимкнення світла.

Реалізація системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю його віддаленого керування та моніторингу потребує проведення аналізу сучасних методів проектування КС, визначення сукупності апаратних та програмних засобів для їх оптимального використання, забезпечення одержання даних з сенсорів щодо інтенсивності природного освітлення та можливості їх ручної зміни.

## 2.2 Мета створення системи

Основна мета з якою проектується система автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI полягає у забезпеченні гнучкості управління освітленістю у визначених приміщеннях чи їх частинах, що дозволить оптимально використовувати енергоносії та заощадити на оплаті за їхнє використання.

Для того, щоб забезпечити досягнення поставленої у роботі мети, потрібно розв'язати множину задач:



- аналіз особливостей організації комп'ютерних систем контролю та управління освітленням з використанням мікроконтролерів;
- обґрунтування техніко-економічних показників при проектуванні апаратних складових системи;
- проведення комплексу заходів щодо моделювання і проектування структури системи автоматичного регулювання освітленості;
- вибір та аналіз характеристик складових системи і протоколів обміну даними при віддаленому керуванні та моніторингу рівня освітленості;
- налаштування апаратного і програмного забезпечення для одержання даних про рівень природного освітлення в режимі реального часу;
- створення програмного забезпечення для формування розкладу увімкнення/вимкнення світла, віддаленого доступу до функцій керування та моніторингу освітленості;
- забезпечення захищеності комп'ютерної системи шляхом авторизованого доступу до компонентів комп'ютерної системи;
- проведення експериментальних досліджень щодо функціональності та продуктивності роботи системи автоматичного регулювання освітленості.

## 2.3 Характеристика об'єкту

### 2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

Система автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу забезпечує гнучкість та оптимальність використання електроенергії як у домашніх умовах, так і в умовах підприємств. Енергоспоживання типового офісу або комерційного приміщення може бути високим, якщо воно некероване. Системи керування освітленням можна запрограмувати на зменшення споживання енергії шляхом автоматичного вимикання світла, коли воно не потрібне, і зниження інтенсивності освітленості за потреби. У поєднанні зі світлодіодними лампами та світильниками, які ефективніші за традиційні, можна ще більше

зменшити споживання енергії. Дослідження також показали, що світлодіодне освітлення знижує витрати на технічне обслуговування, оскільки вимагає менш частої заміни компонентів. У сукупності ці фактори можуть з часом призвести до значного скорочення енергії, що зекономить кошти власнику та зменшить негативний вплив на навколишнє середовище.

Системи автоматичного регулювання освітлення є ефективним способом підвищити безпеку бізнесу, оскільки таку систему можна запрограмувати на увімкнення та вимикання світла у відповідь на певні умови, наприклад, коли присутні люди або коли відчиняються двері. Деякі рішення для керування освітленням можна використовувати для моніторингу активності в будівлі та навколо неї. Ці функції корисні для стримування зловмисників, ускладнюючи їм пересування непоміченими. Крім того, системи керування освітленням також можуть бути запрограмовані на активацію сторонніх систем, таких як сигналізація.

Системи регулювання освітлення можуть підвищити безпеку кількома способами, зменшуючи потребу у ручному керуванні, знижуючи ймовірність людської помилки та пов'язані з цим ризики. Крім того, системи регулювання освітлення можна запрограмувати на автоматичне вмикання та вимикання світла залежно від кількості людей, часу доби та інших факторів, що ще більше зменшує ймовірність нещасних випадків.

Окрім цього, такі системи пропонують багато переваг, які роблять життя людини більш комфортним та ефективнішим. Комфорт забезпечується шляхом надання можливості регулювати рівень освітлення в просторі відповідно до поставленого завдання та вподобань мешканців. Контролюючи рівень освітлення, відблиски та гарячі точки можна мінімізувати, а загальне освітлення в просторі можна підтримувати на комфортному для людини рівні. Наприклад, приглушення світла в кімнаті може допомогти створити більш спокійну атмосферу. У поєднанні з іншими пристроями IoT, такими як розумні термостати, можна забезпечити ідеальний рівень комфорту з невеликими зусиллями.

При проектуванні системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування і моніторингу на основі Raspberry PI визначено апаратні компоненти, які забезпечать визначену функціональність системи. До складу компонентів системи входять:

- мікроконтролер на базі Raspberry PI, що виконує функції центрального вузла керування;
- сенсор визначення освітленості;
- реле керування освітленням;
- провідники для комутації та встановлення з'єднання між компонентами;
- світильники або лампочки для проведення експериментів.

Управління системою автоматичного регулювання освітленості здійснює відповідне програмне забезпечення, до складу якого входить як прикладне, так і системне ПЗ:

- системне програмне забезпечення для роботи із сенсором освітленості;
- прикладне програмне забезпечення віддаленого доступу до системи регулювання освітленості;
- прикладне програмне забезпечення формування розкладу увімкнення/вимкнення світлових пристроїв;
- прикладне програмне забезпечення для регулювання рівня освітленості у різних зонах приміщеннях.

Для організації безпеки системи автоматичного регулювання освітленості потрібно забезпечити авторизований доступ користувачів як до фізичних (апаратних), так і програмних компонентів системи. Окрім цього, для забезпечення гнучкості та можливості до масштабування необхідно передбачити способи інтеграції із суміжними системами, які входять до комплексу «smart house».

Основне завдання системи автоматичного регулювання освітлення полягає у визначеній реакції на зміну освітленості та у відповідності до складеного розкладу. Така система має відповідати вимогам надійності та продуктивності.

### 3 Вимоги до системи

#### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Вимоги, які висуваються до системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу полягають у визначенні поточного рівня природного освітлення у приміщенні та на основі його значення прийняття рішення щодо регулювання штучного освітлення.

Система повинна надавати можливість віддаленого доступу до зміни та контролю рівня освітленості, формування часових періодів увімкнення та примусового вимкнення освітлення.

Виходячи з теми кваліфікаційної роботи обмеженням щодо проектування системи автоматичного регулювання рівня освітленості є використання мікроконтролера на базі Raspberry PI. Даний мінікомп'ютер виконує функції «мозку» системи і взаємодіє з сенсором освітленості, реле управління інтенсивністю освітленості та пристроями користувача.

Система повинна адекватно реагувати на зміну освітлення у приміщенні та не порушувати визначених правил щодо розкладу увімкнення/вимкнення світла, а також реагувати на ручну зміну рівня інтенсивності освітлення, що задається користувачем.

Важливими функціональними вимогами, які висуваються до системи автоматичного регулювання освітленості є наступні:

- здатність до самоініціалізації та тестування структурних компонентів системи та підключених периферійних пристроїв;
- здатність вимірювати рівень природного освітлення у приміщенні;
- можливість формувати розклад увімкнення/вимкнення світильників;
- можливість автоматичної регуляції штучного освітлення на основі значень показників природного світла;
- можливість зміни інтенсивності штучного освітлення;

- забезпечення вимог безпеки та авторизованого доступу до компонентів системи автоматичного регулювання рівня освітленості;
- можливість віддаленого доступу до програмних компонентів системи;
- здатність віддаленого контролю рівня освітленості у приміщеннях чи зонах частини приміщень;
- здатність підтримувати визначену продуктивність за наявних обмежень та технічних характеристик системи.

### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура та функціонування системи автоматичного регулювання рівня освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry PI передбачає використання:

- мікроконтролера на базі Raspberry PI;
- сенсор освітленості TSL2561;
- двохканальне реле з живленням 5 В;
- WiFi обладнання для підключення Raspberry PI до мережі Інтернет;
- ОС Raspbian та Python;
- SD-картка.

До важливих функцій системи автоматичного регулювання рівня освітленості належать:

- здатність одержання і передачі даних про освітленість у приміщенні чи визначеній зоні;
- можливість адекватної реакції на зміну освітленості у приміщенні;
- можливість формування сигналів управління реле при зміні інтенсивності освітленості;
- можливість формувати розклад увімкнення/вимкнення світильників;
- здатність забезпечити віддалений доступ до компонентів системи;
- можливість ручного регулювання діапазонів часу з визначеним рівнем освітленості;

- забезпечення безпеки використання структурних елементів системи;
- наявність сервісу ОС для планування і запуску розкладу увімкнення та вимкнення світильників;
- швидкість реакції зміни освітлення на рівні до 5 с;
- можливість інтеграції із суміжними системами.

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

Елементи системи автоматичного регулювання рівня освітленості, зокрема реле і сенсор освітленості приєднуються за допомогою провідників до мінікомп'ютера Raspberry PI. Сенсор освітленості для передачі даних застосовує протокол I<sup>2</sup>C.

Віддалений доступ користувача до Raspberry PI забезпечується через обладнання, що використовує безпроводну передачу даних. У цьому випадку можуть застосовуватися як точки доступу, так і WiFi-маршрутизатори.

### 3.1.3 Вимоги по діагностуванню системи

Діагностика системи автоматичного регулювання рівня освітленості відбувається у відповідності до вимог документації щодо використання і налаштування параметрів системи. Частота діагностичних дій регламентована розкладом при роботі системи у штатному режимі та неплановими роботами при виникненні збоїв або некоректного функціонування структурних компонентів.

При настанні збою у системі або некоректного функціонування апаратного чи програмного забезпечення треба застосувати визначені заходи щодо їх ліквідації. Важливо, щоб елементи системи були взаємозамінними чи ремонтпридатними.

### 3.1.4 Перспективи розвитку, модернізація системи

Перспективами розвитку системи автоматичного регулювання освітлення з можливістю віддаленого керування і моніторингу є інтеграція у більш комплексну

систему «розумний будинок». Окрім цього, дані підсистеми логування системи керування освітленням в перспективі дозволить побудувати патерни залежностей щодо оптимального споживання електроенергії та прогнозування витрат. Модернізацію системи автоматичного регулювання освітленості доцільно проводити у випадку масштабування, тобто зростанні кількості приміщень для забезпечення необхідного рівня штучного освітлення. При цьому доцільно будувати розподілену комп'ютерну систему для ефективного управління секторами, які підлягають регулюванню освітленості.

### 3.1.5 Вимоги до надійності системи

Основні вимоги до надійності системи автоматичного регулювання освітленості передбачають коректне і стійке її функціонування протягом визначеного періоду часу та можливість своєчасної реакції на появу збоїв як апаратного, так і програмного забезпечення

Окрім цього, важливим з точки зору надійного функціонування системи є її захищеність як на локальному рівні, так і при віддаленому доступі в процесі управління та моніторингу освітленості визначених приміщень і зон.

Інтегрально надійність описується сукупністю показників кожного окремо взятого компонента системи та каналів передачі та обміну даними.

### 3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Вимоги до функцій системи автоматичного регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу на основі Raspberry Pi характеризуються здатністю до виконання наступних задач:

- здатність аналізу визначеного спектру світла, що характеризує рівень освітленості у приміщенні;
- можливість налаштування параметрів розкладу з відповідною інтенсивністю освітленості в залежності від часу доби;

- можливість ручного регулювання освітленості залежно від приміщення та/або певної визначеної зони;
- здатність адекватної реакції реле перемикавання на вхідні сигнали від Raspberry PI;
- можливість моніторингу споживання електроенергії в залежності від інтенсивності освітленості;
- можливість програмної зміни розкладу увімкнення/вимкнення електроенергії;
- здатність до взаємодії з визначеними системами;
- можливість налаштування системних параметрів Raspberry PI щодо автоматичного запуску сервісів регулювання освітленості.

### 3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратне забезпечення системи регулювання освітленості з можливістю віддаленого керування та моніторингу включає в себе наступні компоненти:

- мікроконтролер на базі Raspberry PI 3 з інтегрованим WiFi-модулем та оперативною пам'яттю об'ємом 1 Гб;
- типова SD-картка з об'ємом 2 Гб;
- реле SunFounder 2 Channel DC 5V;
- сенсор освітленості TSL2561;
- WiFi пристрій типу точка доступу або маршрутизатор з частотою роботи 2,4 ГГц.

Апаратні вимоги до клієнтських станцій:

- процесор з тактовою частотою не нижче за 1,3 ГГц;
- оперативна пам'ять не менше за 2 Гб;
- об'єм жорсткого диску - 64 Гб.

Клієнтські станції

### 3.1.8 Вимоги до програмного забезпечення



Системне програмне забезпечення комп'ютерної системи автоматичного регулювання освітленості передбачає сумісність з операційною системою Raspbian. Прикладне програмне забезпечення реалізується за допомогою мови програмування Python.

Основною вимогою до клієнтського програмного забезпечення є наявність веб-браузера та доступ до мережі інтернет.

#### 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
  - графічного матеріалу:
1. Типові системи керування освітленням.
  2. Архітектура комп'ютерної системи регулювання освітленості
  3. Структура і призначення виводів Raspberry PI
  4. Схема підключення пристроїв до Raspberry PI
  5. Алгоритм функціонування комп'ютерної системи

\*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

#### 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка та аналіз технічного завдання	23.03-28.03.2023
2	Аналіз вимог технічного завдання	28.03-07.04.2023
3	Особливості, призначення та характеристики сенсорів освітленості	08.04-20.04.2023

Продовж. табл. 1

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
4	Проектування архітектури системи автоматичного регулювання освітленості	20.04-26.04.2023
5	Розробка алгоритмів та програмного забезпечення для віддаленого управління освітленням	27.04-03.05.2023
6	Налаштування параметрів автоматичного запуску сценаріїв управління освітленням	03.05-15.05.2023
7	Розробка інструкцій з налаштування параметрів комп'ютерної системи	15.05-20.05.2023
8	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	20.05-03.06.2023
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	03.06-12.06.2023
10	Попередній захист кваліфікаційної роботи	12.06-20.06.2023
11	Захист кваліфікаційної роботи	22.06-24.06.2023

#### 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

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