



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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

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

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Вілібницькому Олександр Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Методи та засоби адаптивного керування освітленням у

приміщенні

Керівник

проекту (роботи)

Тиш Євгенія Володимирівна, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від «1» грудня 2023 року №4/7-1132

2. Термін подання студентом завершеної роботи

26.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи

Методи контролю освітлення, наукові літературні джерела

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

Вступ. 1. Аналіз досліджень у сфері адаптивного керування освітленням у приміщенні.

2. Аналіз методів адаптивного керування освітленням. Вибір апаратного забезпечення і

методів обміну даними. 3. Застосування обраних методів у системі адаптивного керування освітленням у приміщенні. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновок.

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

1. Актуальність, мета, об'єкт і предмет дослідження. 2. Наукова новизна і практична

цінність дослідження 3. Апаратна архітектура системи адаптивного керування

освітленням у приміщенні. 4. Електрично-принципова схема. 5. Програмний інтерфейс.

6. Алгоритм роботи системи адаптивного керування освітленням у приміщенні.

7. Мережа Петрі 8. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека</i>	<i>Осухівська Г.М.</i>		
<i>в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Стадник І.Я.</i>		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз наукових робіт у сфері адаптивного керування освітленням у приміщенні</i>	<i>28.09.2023 - 10.10.2023</i>	<i>Виконано</i>
2.	<i>Формування актуальності роботи, наукової новизни</i>	<i>11.10.2023 – 15.10.2023</i>	<i>Виконано</i>
3.	<i>Огляд і аналіз існуючих систем адаптивного керування повітря освітленням у приміщенні</i>	<i>15.10.23 - 30.10.23</i>	<i>Виконано</i>
4.	<i>Вибір програмного і апаратного забезпечення</i>	<i>30.10.2023 – 20.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
5.	<i>Розробка електричної принципової схеми пристрою</i>	<i>20.11.2023– 25.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
6.	<i>Розробка алгоритму роботи системи</i>	<i>25.11.2023 – 28.11.2023</i>	<i>Виконано</i>
7.	<i>Написання програмного забезпечення</i>	<i>28.11.23- 02.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
8.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>02.12.2023- 05.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
9.	<i>Оформлення графічного матеріалу</i>	<i>05.12.2023- 10.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>15.12.2023</i>	<i>Виконано</i>
.			
11	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>26.12.2023</i>	
.			

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)*Вілібніцький О.М.*\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)*Тим С.В.*\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Методи та засоби адаптивного керування освітленням у приміщенні // Кваліфікаційна робота магістра // Вілібніцький Олександр Михайлович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІм-61 // Тернопіль, 2023 // с. – 70, рис. – 35, табл. – 3, аркушів А1 – 6, бібліогр. – 22.

Ключові слова: метод, освітлення, засіб, адаптивне, датчик, Bluetooth, мікроконтролер

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню методів і засобів адаптивного керування освітленням у приміщенні для заощадження як самих пристроїв освітлення, так і коштів за їх споживання. Акцент роботи робиться на адаптивних системах, які здатні реагувати на зміни в оточенні та враховувати потреби користувачів.

Дослідження охоплює аналіз літературних джерел, розробку алгоритмів управління, вибір компонентної бази та реалізацію програмної складової.

Результатом є реалізація системи, яка не лише забезпечує ефективне освітлення, але й враховує параметри навколишнього середовища для створення комфортного та енергоефективного простору.

## ABSTRACT

Methods and means of adaptive lighting control in a room // Master's Graduation Thesis // Vilibnitskyi Olexandr // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Systems and Nets // Ternopil, 2023 // p. –70, fig. – 35, table. – 3, Sheets A1 – 6, Ref. – 22.

Keywords: method, lighting, tools, adaptive, sensor, Bluetooth, microcontroller

The qualification work is dedicated to exploring methods and means of adaptive lighting control in a room with the aim of saving both lighting devices themselves and costs associated with their consumption. The focus of the work is on adaptive systems capable of responding to changes in the environment and taking into account the needs of users.

The research encompasses a review of literature sources, the development of control algorithms, the selection of a component base, and the implementation of software components.

The result is the implementation of a system that not only ensures efficient lighting but also considers environmental parameters to create a comfortable and energy-efficient space.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У ПРИМІЩЕННІ.....	13
1.1. Аналіз основних параметрів адаптивного керування освітленням.....	13
1.2. Аналіз сфери застосування адаптивного керування освітленням у приміщенні.	15
1.3. Аналіз існуючих рішень систем адаптивного керування освітленням.....	17
1.4 Висновок до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ. ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І МЕТОДІВ ОБМІНУ ДАНИМИ.....	21
2.1. Обґрунтування головних вимог розроблювальної системи.....	21
2.2. Вибір і обґрунтування обраних методів вирішення задачі.....	22
2.2.1. Мікропроцесор.....	22
2.2.2. Модуль Bluetooth HC-06.....	26
2.2.3. Блок реле.....	28
2.2.4. Датчик руху.....	29
2.2.5. Датчик освітлення.....	31
2.2.6. Сонячні панелі.....	32
2.3. Опис обраних методів обміну інформацією.....	32
2.4. Висновок до розділу 2.....	34
РОЗДІЛ 3 ЗАСТОСУВАННЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ У СИСТЕМІ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У ПРИМІЩЕННІ.....	35
3.1. Розробка алгоритму роботи системи освітлення.....	35
3.2. Застосування мережі Петрі у системі адаптивного керування освітленням.....	39
3.3. Застосування розроблених програм до об'єкту дослідження.....	42
3.3.1. Алгоритм роботи програмного забезпечення.....	43

	7
3.3.2. Опис розробки програмного забезпечення.....	45
3.4. Інструкція з експлуатації.....	49
3.5. Аналіз результатів застосування обраних методів.....	50
3.6. Висновки до розділу.....	51
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	52
4.1 Охорона праці.....	52
4.2 Ергономічні вимоги до робочого місця користувача персональним комп'ютером .....	55
4.3 Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
Додаток А Тексти наукових публікацій дипломної роботи магістра.....	64
Додаток Б Перелік елементів.....	70

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,  
СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ

ШИМ	Широтно-Імпульсна Модуляція
АЦП	Аналогово-Цифровий Перетворювач
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
PIR	Passive Infrared Sensor
IDE	Integrated Development Environment



## ВСТУП

**Актуальність теми.** В сучасному світі, де технологічний прогрес стрімко розвивається, питання оптимізації та підвищення функціональності приміщень стає ключовим для забезпечення комфорту, безпеки та ефективності. Однією з інноваційних та актуальних областей в цьому контексті є використання методів та засобів адаптивного керування освітленням у приміщенні. Ця технологічна концепція не лише спрямована на раціональне використання енергії, але й відкриває широкі можливості для створення оптимальних умов проживання та роботи.

У зв'язку із теперішніми викликами, коли енергозбереження стає пріоритетом, ефективне управління освітленням набуває особливого значення. Використання технологій, таких як датчики руху та світлочутливість, дозволяє точно регулювати яскравість освітлення відповідно до потреб. Наприклад, при наявності достатнього природного світла система може автоматично знижувати інтенсивність штучного освітлення, забезпечуючи необхідний рівень видимості при мінімальних витратах електроенергії. Такий підхід до освітлення не лише сприяє раціональному використанню електроенергії, але й допомагає створити більш екологічно чисті умови. Автоматичне регулювання освітлення вирішує проблему непотрібного використання світла, забезпечуючи при цьому відмінну видимість при мінімальних енергетичних витратах. Це відповідає вимогам сучасного підходу до оптимізації енергоспоживання та сприяє створенню сталого середовища для життя та праці.

Не менш важливим є здатність системи до інтеграції та масштабування. В контексті освітлення, взаємодія з іншими автоматизованими системами стає ключовою. Адаптивне освітлення може безпроблемно взаємодіяти з системами кондиціонування повітря, системами безпеки, аудіо-відео системами і іншими. Наприклад, на основі інформації від датчиків руху чи систем безпеки, система освітлення може автоматично реагувати на присутність людей, забезпечуючи

високий рівень безпеки та зручності. Взаємодіючи з системою кондиціонування повітря, вона також може враховувати температурні параметри, створюючи ідеальні умови для користувачів. Такий підхід до інтеграції різних систем сприяє створенню єдиного екосистемного підходу до управління приміщенням чи будівлею. Це, в свою чергу, забезпечує не лише оптимальні умови освітлення, але і гармонійне взаємодіюче середовище, що підвищує зручність та ефективність використання простору.

**Мета кваліфікаційної роботи:** дослідження методів і засобів адаптивного керування освітленням у приміщенні для заощадження як самих пристроїв освітлення, так і коштів за їх споживання.

Для досягнення мети кваліфікаційної роботи магістра були визначені та розв'язані **наступні задачі:**

- аналіз літературних джерел і наукових робіт, що стосуються різних підходів до створення систем адаптивного керування освітленням;
- сформулювання та виконання головних вимог до розроблювальної системи;
- розробка алгоритмів та структури системи керування освітленням на апаратному та програмному рівнях;
- аргументація вибору компонентів для складової бази комп'ютерної системи;
- впровадження програмної складової для управління освітленням в приміщеннях з використанням запропонованих алгоритмів та моделі.

**Об'єктом дослідження** є процес адаптивного керування освітленням у приміщенні.

**Предметом дослідження** є моделі, методи і засоби побудови комп'ютерної системи адаптивного керування освітленням у приміщенні,

**Методи дослідження.** Для вирішення визначених завдань використано наступні методи: аналіз - застосовано при виконанні першого розділу

кваліфікаційної роботи, де досліджувалися існуючі рішення проектування систем адаптивного керування освітленням. Другий розділ включав аналіз при обґрунтуванні вибору апаратного забезпечення. Проектування - використовувалося при створенні схеми компонентів і їх взаємозв'язків. Програмування - було застосовано при розробці програмного забезпечення для Arduino Uno. Тестування - використовувалося для перевірки ефективності запропонованих теоретичних і практичних рішень.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Результати досліджень включають розробку ефективних алгоритмів, які враховують різноманітні фактори, такі як природне освітлення, рух людей, час доби та інші. Ці алгоритми спрямовані на оптимальне використання енергії та створення комфортного освітлення в приміщенні.

Використання сучасних методів моделювання дозволяє прогнозувати та оптимізувати параметри оточуючого середовища. Застосування програмно-апаратних рішень для Arduino Uno в контексті управління освітленням є інноваційним. Це не лише розширює можливості регулювання світла, але й відкриває нові перспективи в галузі розумних систем управління будівлями.

Розроблені методи дозволяють зменшити витрати електроенергії, використовуючи ресурсозберігаючі стратегії, такі як динамічне регулювання використання світла та використання енергоефективних джерел освітлення.

Також вперше було застосовано мережі Петрі при розробці системи у області адаптивного керування освітленням у приміщенні.

### **Практична цінність результатів дослідження.**

Впровадження спроектованої системи адаптивного керування освітленням у приміщеннях дає можливість забезпечити ефективне використання джерел світла, коли це дійсно необхідно, що, в свою чергу, збільшує енергозаощадження.. Окрім цього, досягнуто мети у дистанційному управлінні системою, що збільшує зручність та гнучкість системи.

**Публікації.** Основні результати, одержані у кваліфікаційній роботі магістра, опубліковані та апробовані на XII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на XI науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (13–14 грудня 2023 року) як тези конференцій.

1) Вілібніцький О.М., Тиш Є.В. Інноваційні рішення в області адаптивного контролю освітленням. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2023. с. 263.

2) Вілібніцький О.М., Тиш Є.В. Дослідження фоточутливих датчиків у створенні інтелектуальних систем освітлення. Матеріали XI науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (13–14 грудня 2023 року) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2023. с. 139.

**Структура роботи.** До складу кваліфікаційної роботи входить пояснювальна записка, графічний та презентаційний матеріал. Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 70 арк. формату А4, графічна частина – 6 аркушів формату А1.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У ПРИМІЩЕННІ

### 1.1. Аналіз основних параметрів адаптивного керування освітленням

Світло, як ключовий аспект електромагнітного спектра, визначає наше сприйняття навколишнього середовища та відіграє значущу роль у сучасних системах керування освітленням. Здатність розуміти та використовувати різні частини світлового спектра, включаючи інфрачервоний діапазон, стає ключовою для створення ефективних та інтелектуальних систем освітлення.

Електромагнітні хвилі видимого спектра світла охоплюють частоти  $7.5 \times 10^{14}$  —  $4 \times 10^{14}$  Гц, і мають довжину хвилі від 390 до 750 нанометрів, які сприймаються людським око. У фізиці, термін "світло" використовується як синонім оптичного випромінювання, що охоплює інфрачервоний та ультрафіолетовий спектр.

Характеристики світла, такі як частота, довжина хвилі, поляризація та інтенсивність, визначаються у вакуумі, де світло поширюється із постійною швидкістю, незалежно від системи відліку. У матеріалах швидкість поширення світла залежить від їхніх властивостей та загалом є меншою, ніж у вакуумі. Довжина хвилі пов'язана з частотою відповідно до закону дисперсії, який також визначає швидкість розповсюдження світла в середовищі.

Денне світло складається з електромагнітних хвиль різних частот, які не мають чіткої координації, і відоме як біле світло. Його спектр подібний до спектру сонячного випромінювання. Світло з іншим спектром сприймається як кольорове через розсіювання в середовищі [21].

Людина сприймає електромагнітні хвилі у видимому діапазоні завдяки рецепторам на сітківці ока, які поглинають світло таких частот та викликають відповідні імпульси у нервовій системі. Сітківка має палички, які сприймають

чорно-біле зображення, та колбочки, які реагують на різні діапазони видимого спектра та дозволяють бачити в кольорі.

У рисунку 1.1 наведено відповідність між частотами електромагнітного випромінювання та кольорами. Важливо відзначити, що сприйняття людиною кольорів не обмежується лише частотою. Наприклад, колір зелений сприймається, навіть якщо відсутні світлові хвилі відповідного частотного діапазону, коли використовується суміш жовтого та синього кольорів.

Колір	Діапазон довжин хвиль, нм	Діапазон частот, ТГц	Діапазон енергії фотонів, еВ
Фіолетовий	380—440	790—680	2,82—3,26
Синій	440—485	680—620	2,56—2,82
Блакитний	485—500	620—600	2,48—2,56
Зелений	500—565	600—530	2,19—2,48
Жовтий	565—590	530—510	2,10—2,19
Помаранчевий	590—625	510—480	1,98—2,10
Червоний	625—740	480—405	1,68—1,98

Рис. 1.1. Відповідність між частотами електромагнітного випромінювання й кольорами

Інфрачервоне випромінювання, яке лежить за межами видимого спектра, виявляється особливо корисним у системах керування освітленням, оскільки воно може взаємодіяти з різними датчиками та сенсорами, реагуючи на теплове випромінювання. Така можливість сприяє автоматичному адаптивному регулюванню освітлення відповідно до умов оточуючого середовища та реальних потреб користувачів.

Таке випромінювання охоплює спектр від червоної межі видимого світла при довжині хвилі  $\lambda = 700$  нм до мікрохвильового випромінювання з  $\lambda \sim 1$  мм. Іноді його ще називають інфрачервоним світлом.

Хоча людське око не сприймає інфрачервоне випромінювання, органи чуття деяких тварин, таких як змії та кажани, здатні реагувати на це випромінювання, що дозволяє їм орієнтуватися в темряві.

Термін "теплове випромінювання" також використовується для опису інфрачервоного випромінювання через його спектральну залежність від температури. Люди відчують його як тепло на шкірі. Довжини хвиль, які випромінює тіло, залежать від температури: вища температура викликає коротші хвилі та вищу інтенсивність випромінювання. Зростання температури призводить до зсуву максимуму інтенсивності в бік коротших хвиль, в напрямку видимого спектру.

## 1.2. Аналіз сфери застосування адаптивного керування освітленням у приміщенні

Сучасний розвиток технологій в галузі освітлення виходить за межі традиційних систем і включає в себе інноваційні підходи до керування освітленням у різних сферах застосування. Однією з важливих тенденцій у цьому контексті є впровадження адаптивних систем керування освітленням, які сприяють підвищенню комфорту, забезпеченню енергоефективності та створенню інтелектуальних освітлювальних систем. Ці системи використовують різноманітні технології, включаючи світлодіоди, датчики руху, температурні сенсори, системи Internet of Things (IoT) та інші інноваційні рішення.

В сфері житлових приміщень адаптивне керування освітленням може підвищити комфорт та енергоефективність житла [5]. Здатність налаштовувати інтенсивність та теплові параметри світла відповідно до різних потреб мешканців та різних ситуацій може створювати різноманітні візуальні сценарії вдома. Наприклад, можливість створювати "тепле" та приглушене освітлення для вечірнього відпочинку або "яскраве" освітлення для ранкових активностей. Розумні сценарії також можуть враховувати природні ритми доби, сприяючи легшому пробудженню

рано вранці та створюючи затишну атмосферу перед сном.

Дистанційне керування освітленням через мобільні додатки дозволяє віддалено керувати освітленням у будь-який момент часу, що підвищує зручність та ефективність використання енергії. Інтеграція з голосовими асистентами також робить взаємодію з системою освітлення ще зручнішою.

Адаптивне керування освітленням у офісних приміщеннях відкриває перспективи для створення оптимальних умов для працівників. Регулювання яскравості світла відповідно до природної освітленості та часу доби допомагає забезпечити комфортне освітлення робочого місця. Керування кольоровою температурою світла може покращити енергію та бадьорість працівників, особливо в ранкові та вечірні години. Автоматичне вимкнення світла під час природної освітленості або у випадку відсутності працівників може значно зменшити споживання електроенергії. Застосування розумних сенсорів може допомогти реагувати на рух та динаміку простору, адаптуючи освітлення до конкретних потреб робочого оточення. Такий підхід сприяє створенню ефективного та комфортного робочого середовища.

В промислових об'єктах [3], де важлива роль відводиться безпеці та надійності робочого середовища, адаптивне освітлення може покращити видимість та знизити ризик нещасних випадків. Наприклад, використання датчиків руху може дозволити підтримувати освітлення на робочому місці лише в той час, коли воно дійсно потрібне, що сприяє ефективному використанню електроенергії.

Деякі промислові об'єкти можуть вимагати специфічного освітлення для вирішення конкретних завдань чи виробничих процесів. Адаптивні системи можуть пристосовувати світлові параметри для оптимального виконання завдань, таких як контроль якості, збірка чи обробка матеріалів, підвищуючи ефективність виробничих процесів.

Промислові об'єкти становлять важливу складову сучасного виробничого ландшафту, і ефективне керування освітленням в цих приміщеннях може вплинути



на безпеку, продуктивність та ресурсозбереження.

### 1.3. Аналіз існуючих рішень систем адаптивного керування освітленням

Адаптивне керування освітленням в приміщеннях в останні роки стало об'єктом інтенсивних досліджень і розвитку. Існують різні готові рішення та технології, спрямовані на оптимізацію якості освітлення та ефективного використання енергії.

Прикладом пристрою, який виконує функцію схожу до розроблюваної системи є Philips Hue (рис. 1.2) - це інтелектуальна система освітлення, розроблена компанією Philips. Вона базується на використанні світлодіодів і надає широкий спектр можливостей для адаптивного керування освітленням у приміщенні.



Рис. 1.2. Зовнішній вигляд системи Philips Hue

Система використовує бездротовий протокол Zigbee для забезпечення комунікації між світлодіодними лампами, сенсорами та контролерами. Користувачі можуть керувати системою через мобільний додаток для смартфонів та планшетів.

Однією з ключових можливостей є змога налаштувати колірну температуру світла від теплого до холодного спектру, а також контролювати яскравість. Це дозволяє створювати різні атмосфери в приміщенні від затишної до енергійної.

Philips Hue дозволяє користувачам створювати різні сценарії освітлення для різних ситуацій, таких як "вечірній відпочинок" або "робочий час". За допомогою сенсорів руху та вимірювачів освітленості можна налаштувати автоматичне змінення освітлення відповідно до зміни умов. Також вона сумісна з різними платформами і сторонніми сервісами, такими як Apple HomeKit, Google Assistant та Amazon Alexa. Це дозволяє використовувати рішення Philips Hue в складі більших систем розумного будинку. Користувачі можуть керувати своїми освітлювальними системами навіть здалеку через Інтернет за допомогою хмарного сервісу.

Ще одним прикладом є системи від розробника Lutron.

Lutron (рис. 1.3) - це компанія, яка спеціалізується на технологіях для енергозбереження та автоматизації освітлення. В їх асортименті є різноманітні продукти для створення інтелектуальних систем освітлення в будь-яких приміщеннях.



Рис 1.3. Зовнішній вигляд системи розробника Lutron

Однією з ключових характеристик продукції Lutron є системи освітлення з димерами. Димери дозволяють змінювати яскравість освітлення відповідно до потреб користувача, що дозволяє створювати різноманітні атмосфери в приміщенні. Lutron пропонує сенсори руху та датчики освітленості, які можуть використовуватися для автоматичного регулювання освітлення в залежності від наявності людей та рівня природного світла.

Продукція Lutron інтегрується з різноманітними розумними платформами, такими як Google Assistant, Apple HomeKit та іншими. Це дає користувачам можливість керувати освітленням через різні екосистеми. Lutron дозволяє користувачам керувати своєю системою освітлення віддалено, використовуючи мобільні додатки та веб-інтерфейси [7]. Це особливо зручно для користувачів, які бажають вдало керувати своїм освітленням, навіть коли вони не в приміщенні.

Lutron акцентує увагу на розробці та використанні технологій, які спрямовані на енергозбереження. Зменшення споживання енергії є однією з головних ідей компанії.

До цього ж переліку існуючих систем можна додати DALI (Digital Addressable Lighting Interface)

DALI представляє собою стандарт для цифрового адресного керування освітленням, спроектований з метою створення систем, які дозволяють точне управління кожною окремою світлодіодною лампою чи світильником у великих системах освітлення.

Кожен пристрій освітлення має свою унікальну адресу, що дозволяє йому індивідуально співпрацювати з системою. Ця можливість управління окремими лампами або групами ламп створює зони освітлення в приміщенні, дозволяючи розділити його на різні області зі своїми власними унікальними налаштуваннями. Принцип роботи даної системи представлено на рис. 1.4.

## DALI SYSTEM

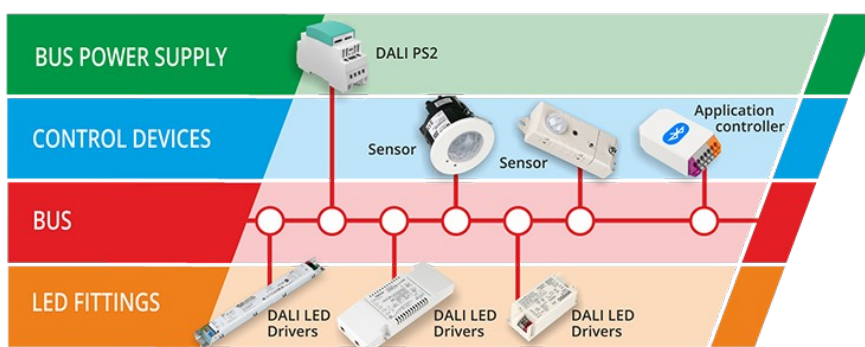


Рис. 1.4. Принцип роботи Digital Addressable Lighting Interface

Система також підтримує регулювання яскравості, створення різних сценаріїв освітлення та програмне управління. Користувач може програмувати різні сценарії освітлення для різних ситуацій, таких як робота чи відпочинок. Крім того, DALI дозволяє налаштовувати різні параметри для кожної лампи, такі як яскравість, колір та час вимикання. Системи, що використовують стандарт DALI, знаходять застосування в різних типах будівель, таких як офіси, готелі, магазини, де важливо забезпечити гнучке та ефективне управління освітленням в режимі зон [20].

### 1.4 Висновок до розділу 1

У першому розділі виконано аналіз основних параметрів системи та встановлено відповідність між частотами електромагнітного випромінювання та відповідними кольорами. Проведено аналіз впливу інфрачервоного спектру у створенні сучасних систем освітлення.

Виконано загальний огляд наявних рішень в даній області, зокрема тих, що стосуються адаптивного керування освітленням у приміщенні. Аналіз включає в себе ефективність та функціональні можливості вже існуючих систем, їхню популярність та можливі обмеження. Це дозволяє визначити найбільш перспективні та ефективні підходи для подальшого вдосконалення та розробки нової системи адаптивного керування освітленням у приміщенні.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ. ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І МЕТОДІВ ОБМІНУ ДАНИМИ

#### 2.1. Обґрунтування головних вимог розроблювальної системи

Розроблювана система призначена для здійснення віддаленого управління роботою освітлення за допомогою пристроїв на Android або автоматичної взаємодії при виявленні руху та врахуванні впливу природного освітлення.

Головні вимоги до розроблюваного пристрою:

- належне освітлення оточуючого простору;
- можливість автоматизованого керування освітленням;
- можливість дистанційного управління через смартфон за допомогою Bluetooth;
- коректне відображення програми на екрані Android-пристрою;
- низькі витрати на виготовлення;
- гнучкість.

Система складається з двох основних частин. Перша - включає в себе пристрій із вбудованими датчиками. Друга - представлена андроїд-пристроєм, який використовується для управління системою. Для здійснення керування необхідно встановити з'єднання з пристроєм через Bluetooth.

Складові системи:

- 1) Bluetooth-модуль – призначений для передачі даних по Bluetooth.
- 2) Акумулятор – отримує та подає енергію від сонячної панелі.
- 3) Arduino Uno – основа всього пристрою. Використовується для зчитування, обробки та передачі даних.
- 4) Реле - використовується для введення живлення на лампу.
- 5) Датчик руху – використовується для фіксування руху у приміщенні.

б) Датчик освітлення - призначений для реагування на зменшення денного світла.

Зв'язки між цими складовими продемонстровані у структурній схемі на рис. 2.1.

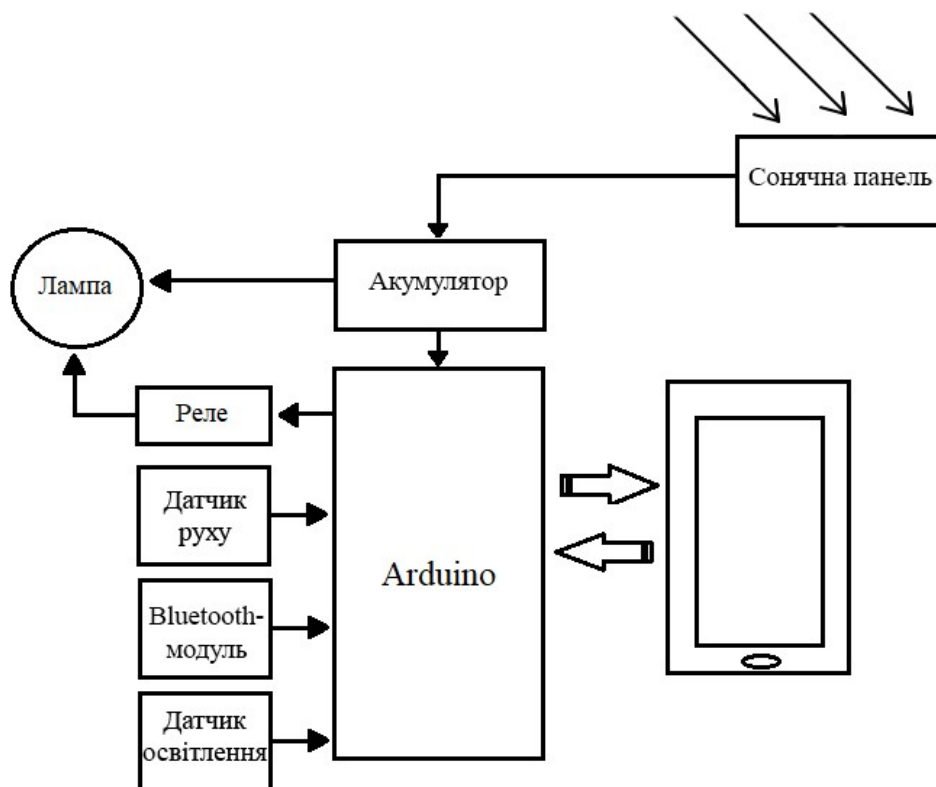


Рис. 2.1. Структурна схема розроблювальної системи

## 2.2. Вибір і обґрунтування обраних методів вирішення задачі

2.2.1. Мікропроцесор. Для реалізації вказаної задачі використовувалася мікроконтролерна плата Arduino Uno, що базується на контролері Atmega 328P. Ця плата має 14 цифрових входів/виходів, 6 з яких можуть працювати як виходи ШІМ, шість аналогових входів, порт USB, кнопку перезавантаження, силовий роз'єм, роз'єм ICSP.

На зображенні плати, представленому на рис. 2.2, можна побачити її

зовнішній вигляд. Важливі виходи включають виводи живлення ( $V_{CC}$ , GND), цифрові входи/виходи (1,2,3,4-16), аналогові входи/виходи (19-24), а також виводи для взаємодії з LCD-екраном (27,28).



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд плати Arduino Uno

Платформа може функціонувати при зовнішньому живленні від 6 В до 20 В. Важливо відзначити, що при напрузі живлення менше 7 В платформа може виявляти нестабільну роботу. З іншого боку, використання напруги вище 12 В може призвести до перегріву регулятора і може пошкодити плату [14]. Рекомендований діапазон напруги для безперебійної роботи знаходиться від 7 В до 12 В. Будь-який з 14 цифрових виводів може бути налаштований як вхід або вихід і працює при напрузі 5 В.

Розміри Arduino становлять 6.9 см у довжину та 5.3 см у ширину. Роз'єми USB та силовий роз'єм розташовані за межами вказаних розмірів. Чотири отвори в платі дозволяють закріплювати її на поверхні. Важливо відзначити, що відстань між цифровими виводами 7 і 8 становить рівно 0.4 см. Характеристики плати наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

### Характеристики Arduino Uno

Мікроконтролер	Atmega328P
Робоча напруга	5 В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В
Цифрові Входи / Виходи	14 входів, 6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід / вихід	40 мА
Постійний струм для виведення 3.3В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 Кб
ОЗУ	2 Кб
EEPROM	1 Кб
Тактова частота	16 МГц

Arduino Uno фактично має два мікроконтролери: один основний мікроконтролер ATmega328P, який відповідає за виконання програми та контроль основних функцій, а також координацію роботи всіх компонентів плати та другий мікроконтролер ATmega16U2, який використовується лише для управління USB-зв'язком з комп'ютером.

Характеристики мікроконтролера Atmega328P:

- висока продуктивність при низькому споживанні енергії;
- прогресивна PDIP-архітектура для оптимальної роботи;
- наявність 131 потужної інструкції. 32 x 8 загального призначення робочих



регістрів;

- статичні операції для стабільної роботи;
- пропускна здатність до 20MIPS при тактовій частоті 20 МГц;
- високовитривалі енергонезалежні частини пам'яті;
- обсяг пам'яті EEPROM варіюється від 256 до 1К байт у залежності від моделі;

моделі;

- внутрішня SRAM складає від 512 до 2К байт (залежно від моделі);
- збереження даних: до 20 років при 85 ° С або до 100 років при 25 ° С;
- наявність розділу завантажувального коду з незалежними бітами блокування.

Периферійні особливості:

– два таймери/лічильники з роздільним прескалером і режимом порівняння, кожен розрядністю 8 біт;

– один таймер/лічильник розрядністю 16 біт з окремим попереднім дільником та режимом порівняння.

Режими роботи включають:

– ШІМ з шести каналами;

– 10-бітний 8-канальний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) у пакеті TQFP/QFN/MF;

- 10-бітний 6-канальний АЦП у пакеті PDIP;
- мастер/слейв послідовний інтерфейс;
- таймер з можливістю програмування та вбудованим генератором;
- інтегрований аналоговий компаратор.

Спеціальні особливості мікроконтролера включають:

- автоматичне скидання при включенні живлення;
- інтегрований калібрований генератор;
- різноманітні варіанти введення/виведення та пакети;

– 23 входи/виходи.

Робочі температури в діапазоні від 40° С до 85° С, а в активному режимі споживання становить 0,3 мА. При відсутності живлення споживання становить 0,1 мА, а в економному режимі - 0,8 мкА.

2.2.2. Модуль Bluetooth HC-06. Модуль HC-06 (рис. 2.3) розроблено для передачі та отримання даних через технологію Bluetooth [16]. При введенні живлення до модулю червоний світлодіод розпочинає мигати, і коли встановлюється зв'язок з іншим пристроєм - світиться червоним кольором.

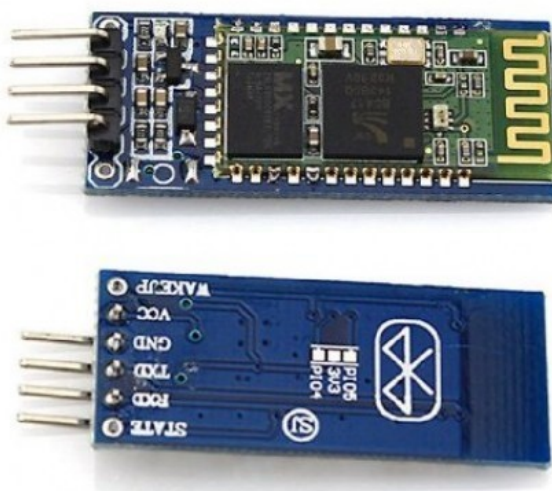


Рис. 2.3. Модуль Bluetooth HC-06

Для активації цього модуля спершу його слід підключити за допомогою USB до комп'ютера та з'єднати термінал із створеним послідовним портом. Наступний крок - надіслати тестову команду "AT" і перевірити, чи надійшов відповідний сигнал "OK". Якщо відповідь позитивна, це свідчить про правильну конфігурацію. У випадку, якщо відповідь відсутня, слід перевірити підключення та живлення

(включений стан модуля позначатиметься миготливим червоним світлодіодом).

Також важливо перевірити швидкість зв'язку в терміналі та врахувати можливість оновлення програмного забезпечення модуля. Характеристики HC-06 подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

### Основні параметри модуля HC-06

Напруга живлення	3.3-5V
Максимальна вхідна напруга	5V
Вихідна напруга	3.3V
Максимальний струм споживання	45 мА
Швидкість передачі даних	1200–1382400 бод
Дальність зв'язку при прямій видимості	30 м

На рис. 2.4 подано схему підключення Bluetooth модуля HC-06 до платформи Arduino. Ця схема визначає, як взаємодіє модуль HC-06 із мікроконтролером Arduino, забезпечуючи можливість бездротового зв'язку між Arduino та іншими пристроями через технологію Bluetooth.

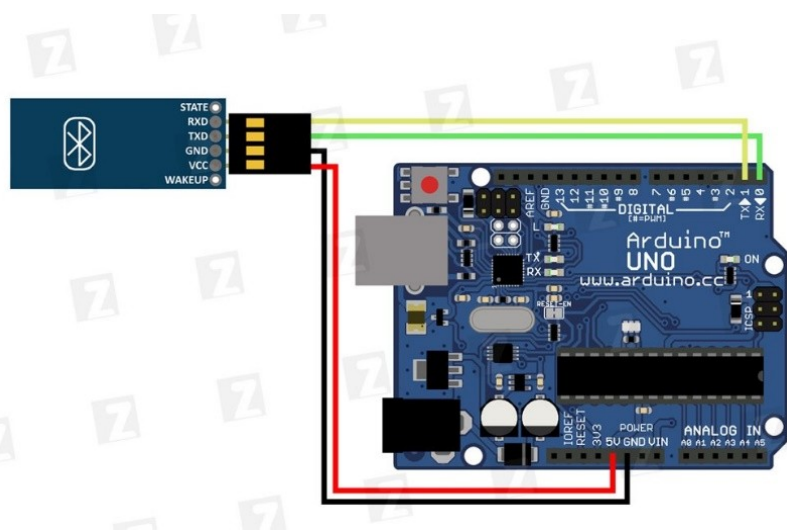


Рис. 2.4. Підключення безпроводного датчика до Arduino

2.2.3. Блок реле. Для подачі електрики використовується електромагнітне реле. Даний модуль представляє собою електричний вимикач, який керується електромагнітом. Під час проходження струму через котушку, один або декілька електричних контактів перемикаються, забезпечуючи включення або відключення навантаження реле [17].

У даній системі використовується модуль реле, заснований на моделі SRD-05VDC-SL-C, який представлено на рис. 2.5.

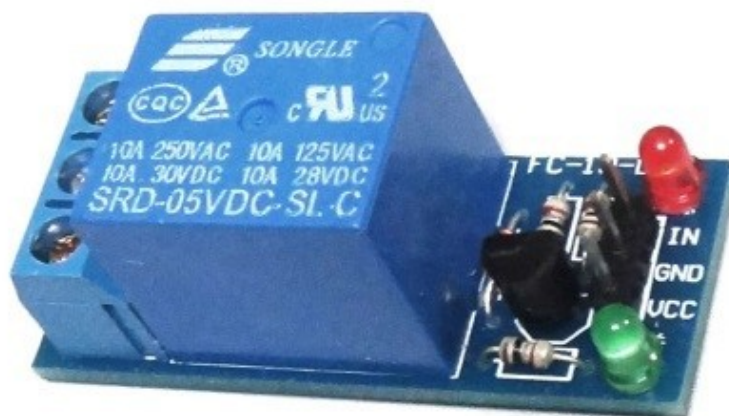


Рис. 2.5. Зовнішній вигляд модуля реле

Характеристики SRD-05VDC- SL-C:

- споживана потужність: 0.36 В;
- номінальна напруга: 5 В;
- опір котушки: 70 Ом;
- максимальний комутований струм: 10 А;
- опір ізоляції: 100 МОм;
- зносостійкість: 100000 циклів;
- габаритні розміри: 19.2x15.5x5.2 мм.

На рис. 2.6 представлено схему підключення блоку реле до платформи

Arduino. Ця схема визначає, як блок реле інтегрується з мікроконтролером Arduino, надаючи можливість безпосередньо керувати подачею живлення для освітлення.

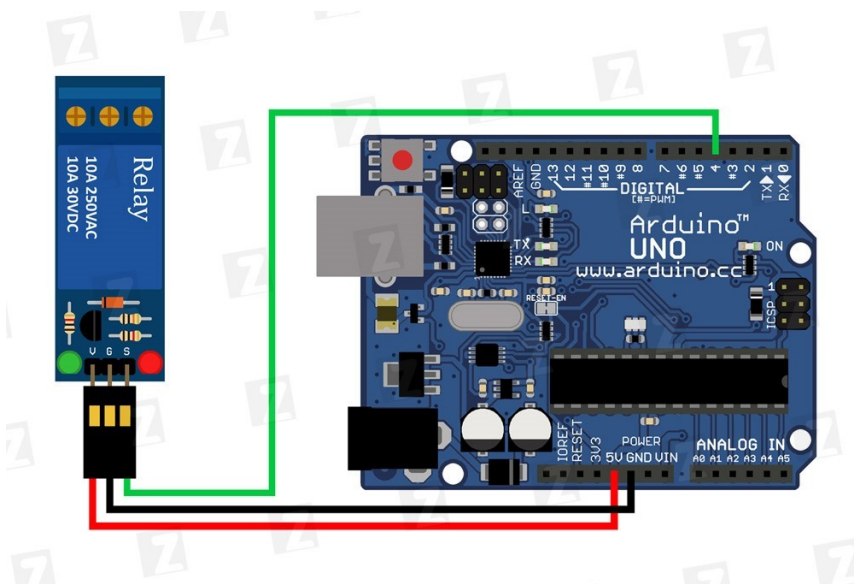


Рис. 2.6. Підключення блоку реле до плати Arduino

2.2.4. Датчик руху. Інфрачервоний датчик руху (рис. 2.7), спроектований для використання з мікроконтролерами. Цей датчик здатний виявляти рух на відстані до 7 метрів, і ця відстань може бути налаштована.



Рис. 2.7. Зображення зовнішнього вигляду датчика

### Характеристики:

- діапазон реагування на відстані: від 0 до 7 метрів;
- кут реагування:  $110^\circ$  на відстані до 7 м;
- рекомендована напруга живлення: від 4.5 до 12 В;
- вихідна напруга логічного рівня: від 0 до 3.3 В;
- час затримки: від 0.3 до 300 секунд (регульований);
- споживаний струм: 65 мА;
- робочий температурний діапазон: від -20 до +50 градусів;
- габаритні розміри: 32x24 мм.

Датчик має два входи для живлення (+5 В і земля) та один цифровий вихід для передачі даних. Коли датчик не реєструє жодних перешкод, на його виході буде високий рівень (3.3 В). З іншого боку, у випадку виявлення руху (при перемицці у положення Н), вихід датчика буде у постійному високому режимі. Коли датчик реєструє рух і переходить у стан L, вихід датчика перемикається з високого на низький рівень і повертається назад приблизно один раз на секунду. Спосіб підключення датчика до плати показано на рис. 2.8.

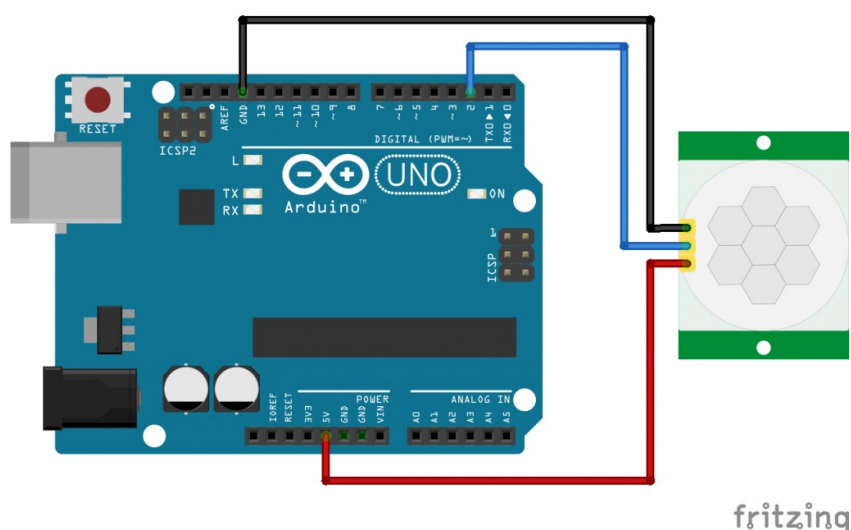


Рис. 2.8. Підключення датчика руху до плати

2.2.5. Датчик освітлення. TSL2591 - це інтегрований датчик освітленості (рис. 2.9), розроблений фірмою ams (раніше званою TAOS - Texas Advanced Optoelectronic Solutions). Цей датчик призначений для вимірювання яскравості світла в різних умовах освітлення. Основні характеристики TSL2591 включають високу чутливість, широкий діапазон вимірювань та інтегрований алгоритм фільтрації шуму [10].



Рис. 2.9. Зовнішній вигляд сенсора

Основні технічні характеристики TSL2591:

– діапазон вимірювань освітленості: TSL2591 здатний вимірювати освітленість в широкому діапазоні значень, що дозволяє використовувати його як в умовах слабого освітлення, так і в яскравому сонячному світлі;

– чутливість: датчик має високу чутливість до світла, що дозволяє вимірювати навіть дуже слабке освітлення;

– інтегровані фільтри та алгоритми обробки сигналу: TSL2591 використовує ряд фільтрів та алгоритмів для фільтрації шуму та отримання точних вимірювань освітленості навіть в умовах низького сигнал-шумового співвідношення;

– інтерфейси: зазвичай, TSL2591 має цифровий інтерфейс, такий як I2C

(Inter-Integrated Circuit), що дозволяє легко підключати його до мікроконтролерів та інших електронних пристроїв;

– коефіцієнти корекції: деякі версії TSL2591 можуть мати коефіцієнти корекції для адаптації до конкретних умов освітлення або типів джерел світла.

2.2.6. Сонячні панелі. Сонячні панелі грають ключову роль у адаптивних системах керування освітленням у приміщеннях для оптимізації використання сонячної енергії та підвищення енергоефективності.

Панелі заряджають акумулятори у періоди зайвої сонячної енергії. Ці акумулятори можна використовувати для живлення системи освітлення під час недостатку сонячного світла, забезпечуючи енергонезалежність системи.

Інтеграція сонячних панелей у системи освітлення дозволяє створювати сталі та енергоефективні приміщення, що адаптовані до змінних умов освітлення та сприяють збереженню енергії.

### 2.3. Опис обраних методів обміну інформацією

Однією з основних шин, якою користується плата Arduino Uno, є UART. У цій системі вона використовується для з'єднання з модулем Bluetooth.

UART є формою асинхронного приймача та передавача, який передає дані між паралельною та послідовною формами. Ця шина часто використовується разом із іншими стандартами, такими як EIA RS-232 [19]. На сучасний момент більшість мікроконтролерів вже включають в себе дані шини.

Біти даних передаються з одного місця на інше через провідник або інші носії. Зокрема, коли йдеться про значні відстані, вартість проводів може стати важливим фактором. Процес обміну інформацією по шині UART проілюстровано на рисунку 2.10.



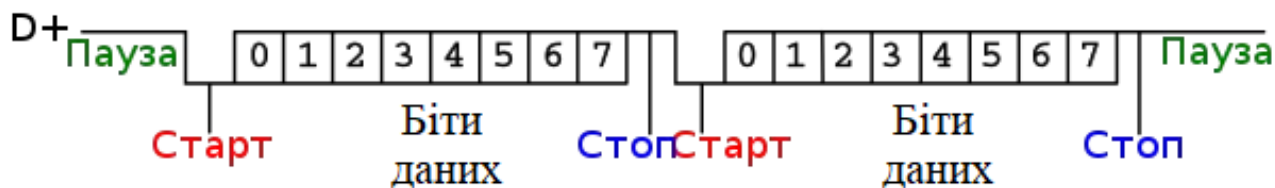


Рис. 2.10. Обмін інформацією по UART

Зовнішній сигнал може набувати різноманітних форм, зокрема, RS-232, RS-422 або RS-485 від EIA. Існують два основних типи передачі даних:

- при асинхронній передачі шина спочатку висилає стартовий біт, за яким слідує від п'яти до восьми бітів даних, де перший є найменш значущим. Потім опціональний біт парності, після чого один, півтора чи два стопових біти завершують передачу;

- при синхронній передачі частота тактового генератора відокремлена від потоку даних, і біти старту-стопу не беруть участі. Це підвищує ефективність каналу зв'язку, що дозволяє передавати більше корисних даних.

Складові компоненти UART:

- тактовий генератор;
- зсувні регістри вводу та виводу;
- схема контролю передачі/приймання;
- логіка контролю читання/запису.

У пристроїв, що підтримують UART, зазвичай є дві позначки: RX і TX (позначають передачу та приймання відповідно). Важливо правильно підключати RX одного пристрою до TX іншого для коректного обміну даними. На платах Arduino або сумісних з ними, апаратний UART позначений символами RX і TX (рис. 2.11).

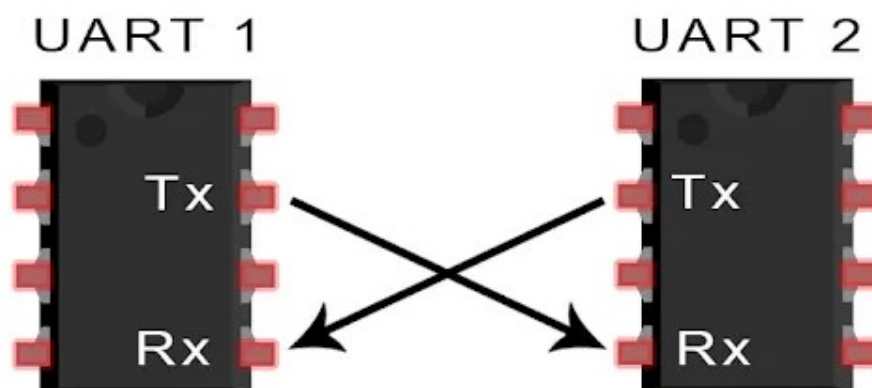


Рис. 2.11 Схеми взаємодії UART

Для передавання даних з Arduino застосовується двійкова система. Це завдання ефективно вирішується за допомогою управління портами виводу, яке. Мікропроцесор Arduino Uno у своєму функціоналі має можливість підтримки ШІМ (Широтно-Імпульсна Модуляція). Це процес управління тривалістю імпульсів високої частоти. У сфері електроніки цей метод використовується для регулювання середнього значення вихідної напруги за допомогою зміни часу затримки замкнутого стану електричного ключа.

#### 2.4. Висновок до розділу 2

У другому розділі було проведено обґрунтування обраної моделі, вибрано елементну базу та наведено основні параметри компонентів. Описано протоколи, які використовуються для обміну інформації в середині системи, наведено їхні особливості.

## РОЗДІЛ 3

### ЗАСТОСУВАННЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ У СИСТЕМІ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ У ПРИМІЩЕННІ

#### 3.1. Розробка алгоритму роботи системи освітлення

Протягом розробки системи освітлення вдалося вирішити ряд ключових завдань, пов'язаних із створенням алгоритму для її оптимального функціонування. Основною метою цього алгоритму було забезпечити ефективне та адаптивне керування освітленням у приміщенні, враховуючи різноманітні сценарії використання та вимоги до енергозбереження.

Важливим етапом у розробці алгоритму стало створення електрично-принципової схеми пристрою, яка відображена на рисунку 3.1. Ця схема виконує ключову роль у забезпеченні взаємодії всіх компонентів системи, зокрема мікроконтролера, датчиків, модуля Bluetooth та блока реле. Ілюстрація чітко демонструє взаємодію та підключення між різними елементами системи.

Мікроконтролер, який в даному випадку є Arduino Uno, виступає центральним вузлом для обробки інформації та прийняття рішень щодо керування освітленням. Датчики, підключені до мікроконтролера, надають важливі дані щодо навколишнього середовища, зокрема руху та освітлення, що стає ключовим елементом для автоматичного режиму керування системою.

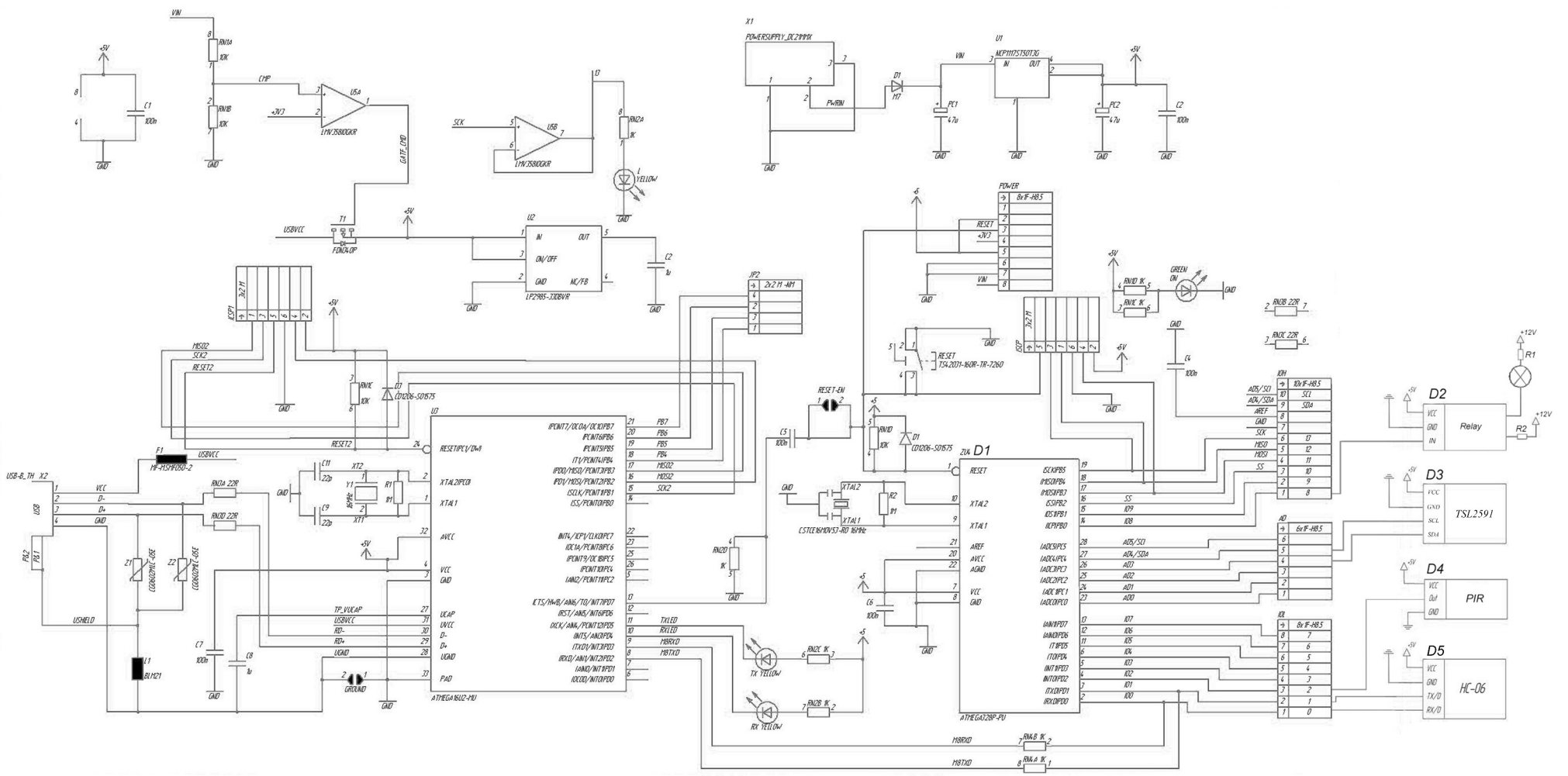


Рис. 3.1. Електрично-принципова схема системи адаптивного керування освітленням у приміщенні

Розроблюваний пристрій складається з таких функціональних вузлів:

– Arduino Uno - виконує роль центрального мозку пристрою, приймаючи сигнали від Bluetooth-модуля та інфрачервоного датчика, обробляючи їх і подавши відповідну команду на реле;

– датчик руху інфрачервоний (PIR) - дозволяє виявляти рух на відстані до 7 метрів (регульовано). Він має два входи (+5 В і Земля) і один цифровий вихід. Схематично датчик представлений на рис. 3.2.

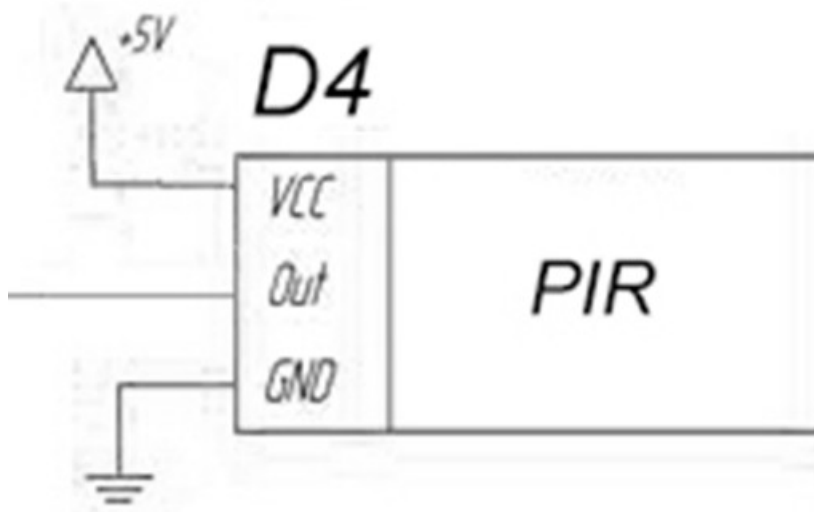


Рис. 3.2. PIR-датчик на електрично-принциповій схемі

– Bluetooth-модуль HC-06 - призначений для передачі та отримання даних через технологію Bluetooth. Його зовнішній вигляд показано на рис. 3.3;

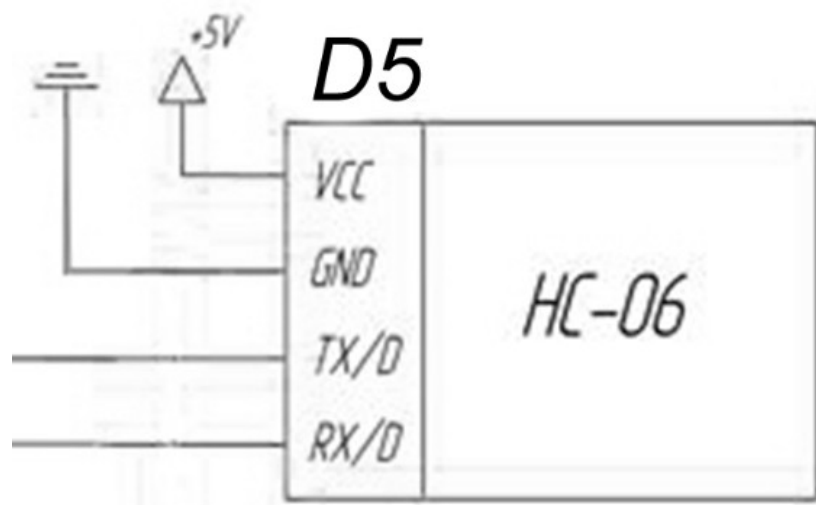


Рис. 3.3. Bluetooth-модуль на електрично-принциповій схемі

– реле SRD-05VDC-SL-C використовується для управління освітленням. Електрично-принципова схема реле представлена на рис. 3.4;

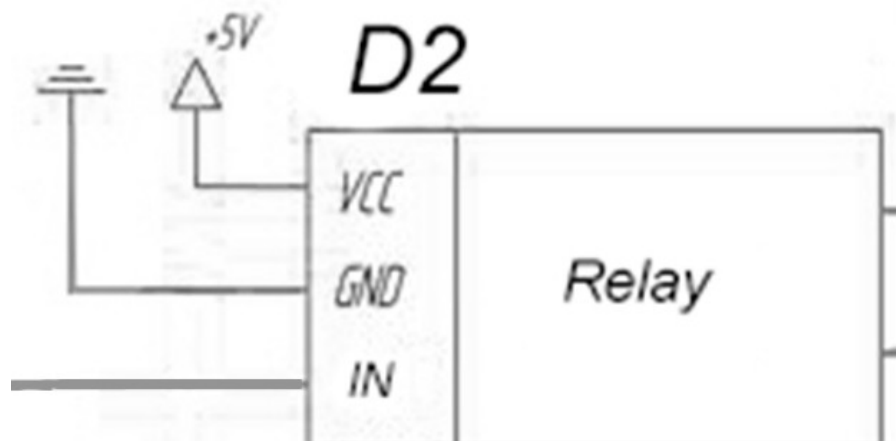


Рис. 3.4. Реле на електрично-принциповій схемі

– датчик освітлення TSL2591 – призначений для фіксування порогового рівня освітлення у приміщенні. Позначення на схемі представлено на рис. 3.5.

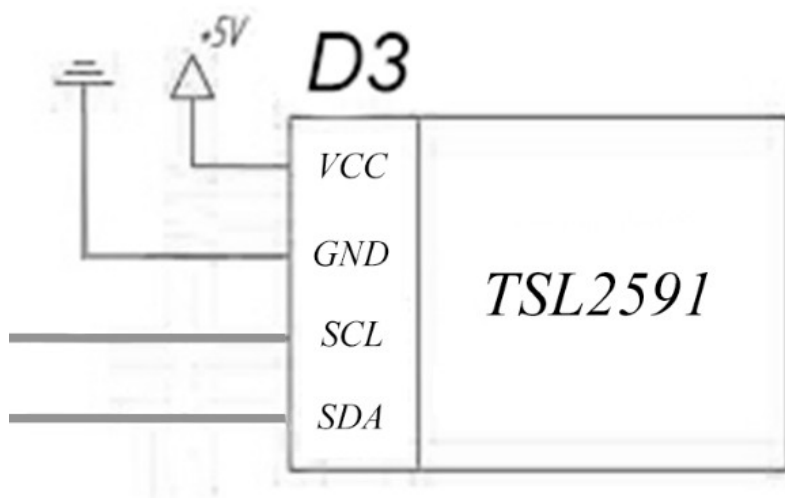


Рис. 3.5. Датчик освітлення на електрично-принциповій схемі

### 3.2. Застосування мережі Петрі у системі адаптивного керування освітленням

Мережа Петрі представляє собою графічний і математичний інструмент для моделювання систем і процесів. Графічно ця мережа відображається у вигляді двовимірного орієнтованого мультиграфа з маркерами, який є маркованим орієнтованим графом і має дві категорії вершин: позиції та переходи. Позиції можуть бути або порожніми, або маркованими, визначаючи стан мережі. Переходи визначають дії. Орієнтовані ребра графу визначають зв'язки між позиціями та переходами.

Функціонування системи адаптивного керування освітленням може бути модельоване за допомогою мережі Петрі. Ця модель описує основні стани системи і переходи між ними.

Початково система перебуває у вимкненому стані, після чого вмикається. Здійснюється ініціалізація початкових даних, таких як бібліотеки, оголошення змінних і перевірка даних на UART. Далше система переходить у стан готовності, де можливий вибір режиму роботи. При натисканні клавіші, що встановлює значення "L", вмикається світильник у звичайному режимі, де користувач самостійно управляє пристроєм через додаток.

При натисканні клавіші "D" вмикається автоматичний режим світильника, який використовує роботу датчиків руху та освітлення. Спочатку іде аналіз, чи рівень освітлення не знизився нижче порогового. Тоді поступає інформація про відсутність руху. Після отримання цих даних та виконання обох умов - пристрій автоматично вимикається через 3 хвилини. Клавіша "E" вимикає світильник.

Повний опис всіх позицій і переходів мережі наведено у табл. 3.

Таблиця 3

**Опис позицій і переходів мережі Петрі для системи керування освітленням**

Позиція	Опис позиції	Перехід	Опис переходу
P1	Система вимкнена	t1	Увімкнути систему
P2	Система увімкнена	t2	Вимкнути систему
P3	Система в режимі готовності до роботи	t3	Початкова ініціалізація
P4	Увімкнення вибраного режиму роботи	t4	Задання звичайного режиму роботи
P5	Система обробила інформацію	t5	Задання автоматичного режиму роботи
		t6	Увімкнення світла
		t7	Зчитування даних з датчиків руху та освітлення
		t8	Вимкнення світла та моніторинг руху і освітлення
		t9	Увімкнення світла
		t10	Вимкнення пристрою

На рис. 3.6 представлена мережа Петрі для системи адаптивного керування освітленням у приміщенні.



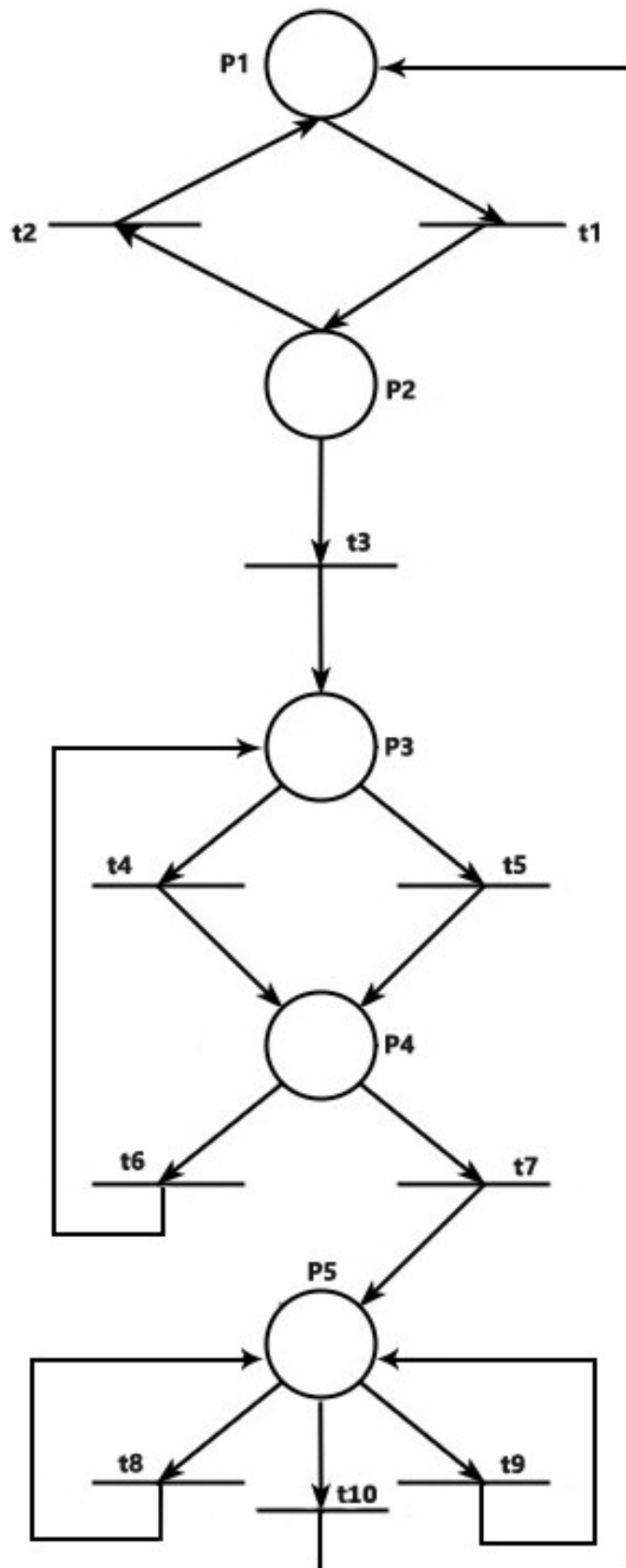


Рис. 3.6. Мережа Петрі для системи адаптивного керування освітленням у приміщенні

### 3.3. Застосування розроблених програм до об'єкту дослідження

Для створення системи на платформі Arduino використовувалось власне програмне середовище Arduino IDE. Для розробки додатку на платформі Android було використано середовище App Inventor.

Вбудоване середовище розробки Arduino, яке можна побачити на рис. 3.7, є кроссплатформним додатком Java, що включає редактор коду, компілятор і модуль для завантаження програми на плату. Це середовище засноване на мові програмування Processing і в основному використовує мову C++, доповнену відповідними бібліотеками. Програми обробляються процесором та після цього компілюються за допомогою AVR-GCC.



Рис. 3.7. Вбудоване середовище розробки

Додаток для пристроїв на платформі Android був створений за допомогою «App Inventor». «App Inventor» - це середовище візуальної розробки додатків для Android.

Для програмування у даному середовищі розробки [14] використовується мова програмування схожа на мови типу Scratch. У App Inventor (рис. 3.8)

використовується редактор блоків для програмування. Компілятор, що перетворює візуальну блочну мову App Inventor в байтовий код для Android, базується на фреймворку GNU для втілення динамічних мов Kawa.

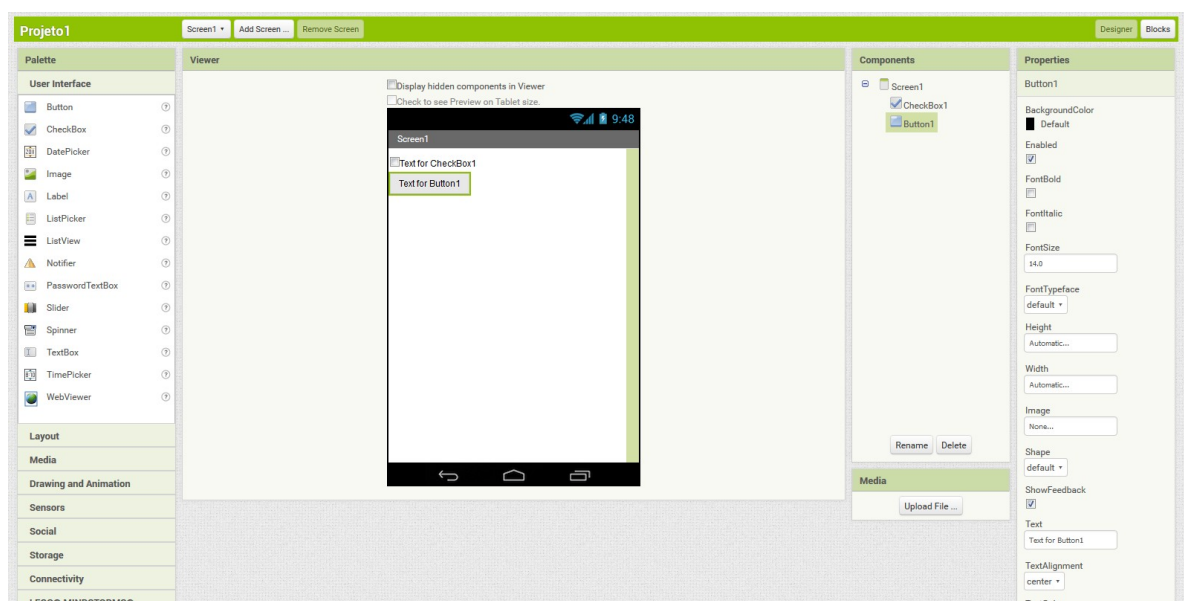


Рис. 3.8. Інтерфейс середовища App Inventor

3.3.1. Алгоритм роботи програмного забезпечення. Для з'ясування принципів роботи програми було створено алгоритм у вигляді блок-схеми (рис. 3.9).

Алгоритм функціонування системи адаптивного керування освітленням:

- 1) Запуск бібліотек і ініціалізація датчиків .
- 2) Визначення змінних .
- 3) Перевірка наявності даних через UART .
- 4) Якщо дані відсутні, перейти до кроку 3 .
- 5) У випадку натискання клавіші, що встановлює значення "L", увімкнення світильника в звичайному режимі.
- 6) При натисканні клавіші, яка встановлює значення "D", встановлення автоматичного режиму для світильника.
- 7) У випадку відсутності руху та вищого рівня освітлення, за порогове, під

час автоматичного режиму, світильник вимикається.

8) При натисканні клавіші, що встановлює значення "E", вимкнення світильника .

9) Вимкнення світильника.

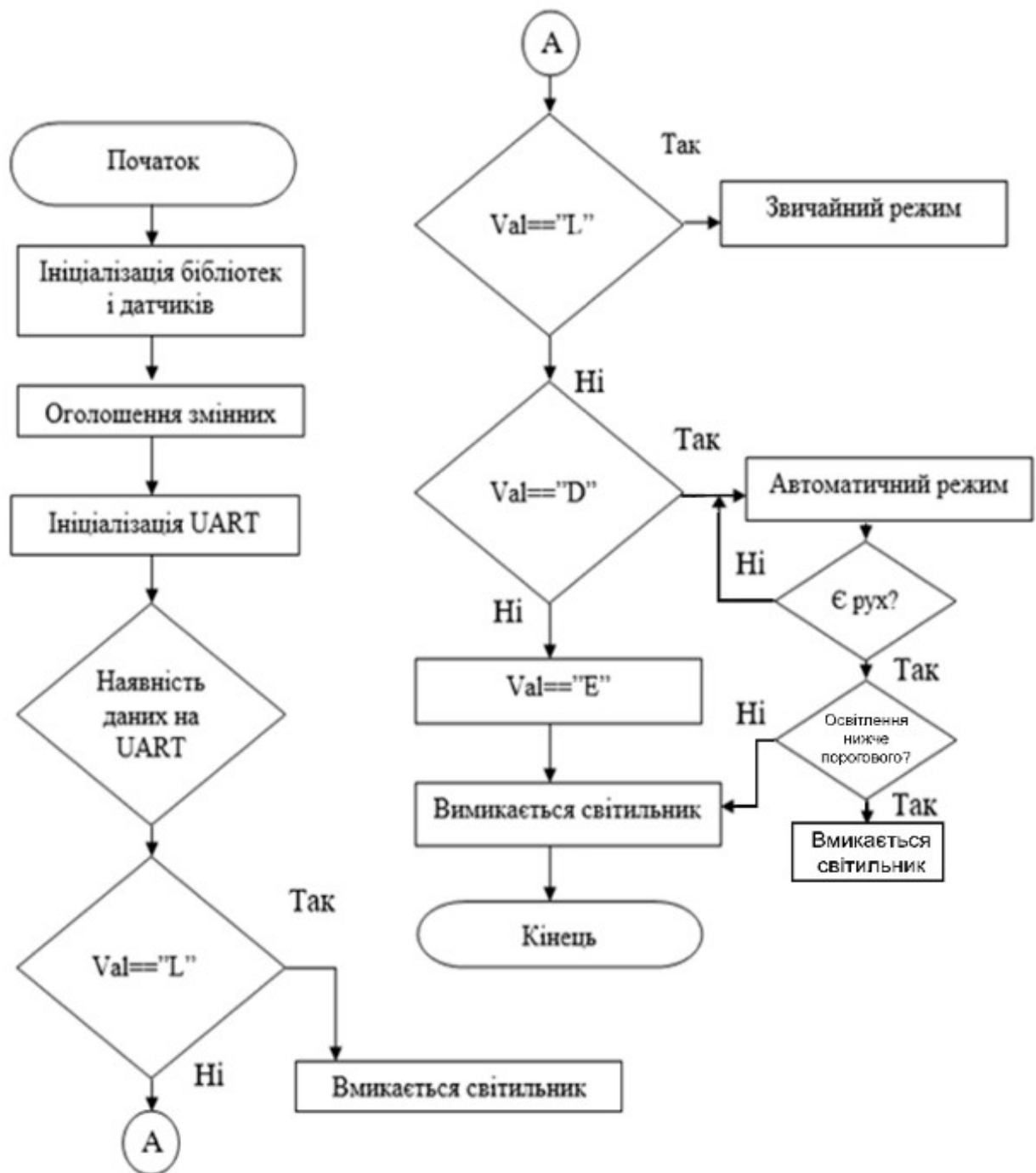


Рисунок 3.9 – Блок-схема алгоритму роботи системи

3.3.2. Опис розробки програмного забезпечення. Для створення програм в App Inventor використовуються логічні блоки з алгоритмами. На рис. 3.10 показано фрагмент, відповідальний за відображення наявних Bluetooth-пристроїв під час натискання конкретної клавіші.

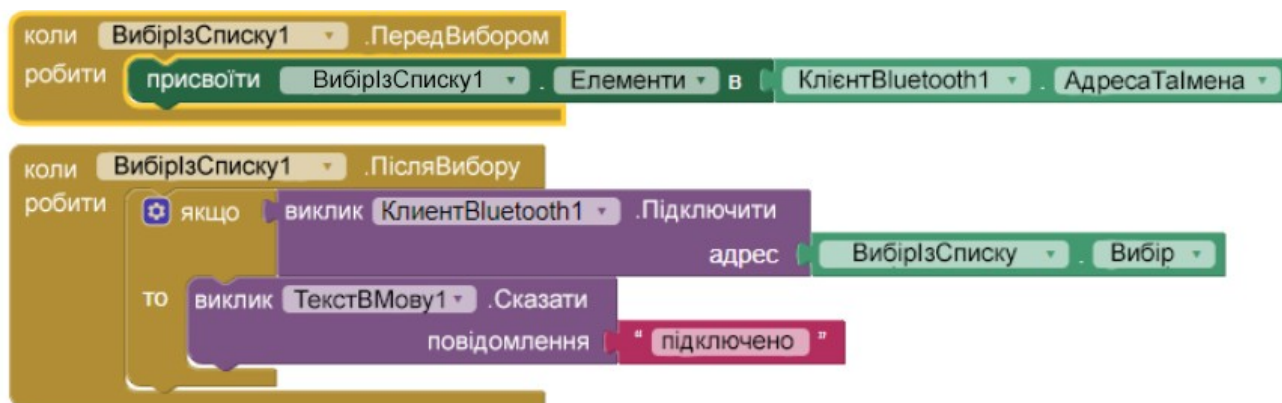


Рис. 3.10. Виклик списку Bluetooth-пристроїв та підключення

На рис. 3.11 показані дії, які виконуються при натисканні клавіші "ВКЛЮЧИТИ". Відправляється сигнал "L" до Arduino, що призводить до увімкнення світильника.



Рис. 3.11. Функції, коли нажимається клавіша ВКЛЮЧИТИ

На рис. 3.12 зображено функції, які виконуються при натисканні клавіші "ЗВИЧАЙНИЙ РЕЖИМ". Відправляється сигнал "L" до Arduino, що призводить до роботи світильника в стандартному режимі.



Рис. 3.12. Функції, коли нажимається клавіша ЗВИЧАНИЙ РЕЖИМ

На рис. 3.13 відображено функції, які виконуються при натисканні клавіші "АВТОМАТИЧНИЙ РЕЖИМ". Відправляється сигнал «D» до Arduino, що призводить до того, що світильник починає працювати в автоматичному режимі.



Рис. 3.13. Дії при натисканні клавіші АВТОМАТИЧНИЙ РЕЖИМ

На рис. 3.14 показано дії, які відбудуться при натисканні клавіші "ВИКЛЮЧИТИ". Відправлення сигналу «E» до Arduino призводить до вимкнення світильника.



Рис. 3.14. Дії при натисканні клавіші ВИКЛЮЧИТИ

Наступним розглянемо лістинг коду розроблювальної системи. Він

представлений на рисунках 3.15-3.18.

Спочатку проходить визначення змінних, підключення бібліотек та визначення деяких констант.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2591.h>

int val;
byte n = 1;
unsigned long counttime;
#define LED 8 // Призначаємо порт для реле
#define PIR 2 // Призначаємо порт для датчика

Adafruit_TSL2591 tsl = Adafruit_TSL2591(2591);
```

Рис. 3.15. Початковий етап коду

Дальше йде функція `void setup()`, яка використовується для виконання початкових налаштувань, необхідних для коректної роботи програми.

```
void setup() {
  // Встановлення режимів виведення/вводу для пінів LED та PIR
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(PIR, INPUT);
  Serial.begin(9600); // Ініціалізація виводу інформації через вбудований інтерфейс зв'язку

  // Перевірка наявності та ініціалізація датчика TSL2591
  if (!tsl.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find TSL2591");
    while (1);
  }

  Serial.println("Found TSL2591"); // Виведення повідомлення про успішне знаходження датчика TSL2591
}
```

Рис. 3.16. Функція `void setup()`

Функція `void loop` у вказаному коді містить основний цикл виконання програми, який виконується безперервно після ініціалізації у функції `setup()`.

```

void loop() {
  if (Serial.available()) {
    val = Serial.read();

    // При символі "L" вмикаем led-стрічку, якщо рівень освітлення нижче порогового значення і є рух
    if (val == 'L') {
      uint16_t luminosity = tsl.getLuminosity(TSL2591_VISIBLE);

      if (luminosity < 100 && digitalRead(PIR) == HIGH) {
        digitalWrite(LED, HIGH);
        Serial.print("Luminosity: ");
        Serial.println(luminosity);
      }
    }

    // Внутрішній цикл, що обробляє події при ввімкнутій світлодіодній стрічці
    while (n == 1) {
      if (digitalRead(PIR) == LOW || luminosity >= 100) {
        digitalWrite(LED, LOW);
        counttime = millis();
      }
    }
    // Внутрішній цикл для очікування нових умов вимкнення світлодіодної стрічки
    while (digitalRead(PIR) == LOW || luminosity >= 100) {
      if (Serial.available()) {
        val = Serial.read();

        // При символі "E" вимикаем led-стрічку
        if (val == 'E') {
          digitalWrite(LED, LOW);
          break;
        }
      }
    }
  }
}

```

Рис. 3.17. Початкова частина функції void loop

```

        // При символі "D" вмикаем led-стрічку
        if (val == 'D') {
          digitalWrite(LED, HIGH);
          break;
        }
      }
      luminosity = tsl.getLuminosity(TSL2591_VISIBLE);
      if (millis() - counttime > 60000) {
        digitalWrite(LED, LOW);
      }
    }
  }
  // Перевірка символів у буфері Serial для зміни умов виконання циклу
  if (Serial.available()) {
    val = Serial.read();

    // При символі "E" вимикаем led-стрічку
    if (val == 'E') {
      digitalWrite(LED, LOW);
      break;
    }
    // При символі "D" вмикаем led-стрічку
    if (val == 'D') {
      digitalWrite(LED, HIGH);
      break;
    }
  }
}
// При символі "D" вмикаем led-стрічку
if (val == 'D') {
  digitalWrite(LED, HIGH);
}
}
}
}

```

Рис. 3.18. Основна частина функції void loop



### 3.4. Інструкція з експлуатації

Для активації системи потрібно подати живлення. Для подальшого використання пристрою необхідно встановити додаток на смартфон і активувати Bluetooth.

Для управління пристроєм через додаток треба натиснути кнопку "Вибрати пристрій". З'явиться список доступних пристроїв для з'єднання. Далі, для увімкнення системи освітлення, слід натиснути кнопку "Включити", а для вимкнення - "Виключити".

Адаптивна керування освітленням має два режими роботи. Перший - звичайний, використовуючи керування додатком. Другий - автоматичний, використовуючи датчик руху та датчик освітлення. Якщо датчик не реєструє рух, а датчик освітлення не фіксує зниження рівня освітлення нижче порогового - пристрій вимикається автоматично через 3 хвилини. На рис. 3.19 показано інтерфейс Android-додатку.

Основні кнопки програми:

- 1) Кнопка вибору пристрою та з'єднання з Bluetooth.
- 2) Кнопка увімкнення світильника.
- 3) Звичайний режим керування.
- 4) Автоматичний режим керування.
- 5) Кнопка вимкнення світильника.



Рис. 3.19. Інтерфейс Android – додатку

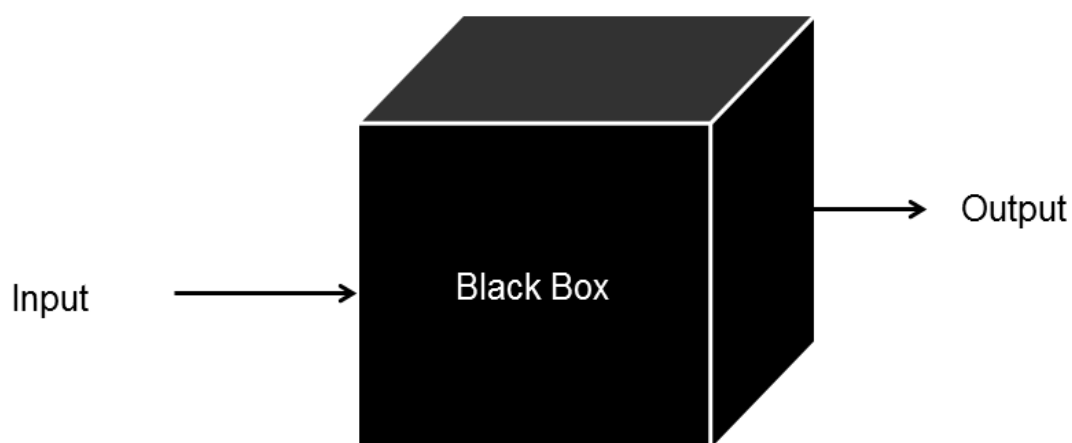
### 3.5. Аналіз результатів застосування обраних методів

Для оцінки результатів був використаний метод "чорного ящика" (див. рис. 3.20).

Для перевірки функціональності додатку слід виконати такі етапи:

- підключити пристрій до електромережі;
- запустити Android-додаток на смартфоні;
- перевірити доступність Bluetooth-підключення;

- перевірити правильну роботу програми, включивши пристрій, перевіривши режими його роботи та вимкнувши його;
- закрити додаток;
- вимкнути пристрій з електромережі.



*Internal behavior of the code is unknown*

Рис. 3.20. Метод чорного ящика

### 3.6. Висновки до розділу

У третьому розділі виконано реалізацію поставленої задачі за допомогою обраних методів. Представлено: електрично-принципову схему пристрою, яка відображає підключення окремих елементів системи; мережу Петрі для адаптивної системи керування освітленням; розроблену програму у середовищі AppInventor; розібрано основні функції програми, зокрема, зчитування датчиків, обробка даних і вивід інформації на екран; зроблено блок-схему роботи системи; наведено інструкцію з експлуатації розробленої програми; проведено аналіз результатів роботи системи.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Охорона праці

У кваліфікаційній роботі магістра спроектовано систему адаптивного керування освітленням у приміщенні. Під час розв'язання задач дослідження, особливо практичної реалізації системи, враховано вимоги з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки.

Виконання як теоретичної частини роботи, так і практичної, передбачає використання комп'ютерної техніки та обладнання з низькими напругами і силою струму. Зокрема, в якості блоку живлення плати Arduino Uno, використовувалась напруга живлення з USB порта комп'ютера, яка становить 5В. На платі використовуються можливі номінали напруги на рівні 5 В і 3,3 В, що не становить небезпеки для користувачів та розробника системи.

В якості регламентуючого документа з пожежної безпеки перед початком роботи над системою адаптивного керування освітленням у приміщенні використано вимоги «Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України», які є діючим на даний час і затверджені постановою Кабінету міністрів України від 26 червня 2013 р. № 444.

Для організації захисту від негативного впливу екранів дотримано вимог Закону України "Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями" та НПАОП 0.00-7.15-18, який затверджений наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 N207.

Робоче місце під час виконання кваліфікаційної роботи та проектування системи облаштовано згідно наведених вимог та відповідає організаційним, ергономічним та вимогам з пожежної безпеки.

Електробезпеку робочого місця регламентують Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, які затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 N 4, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 10.02.98 за N 93/2533 (НПАОП 40.1-1.21-98).

При виконанні кваліфікаційної роботи магістра використовувана електромережа відповідає правилам:

- живлення електромережі проєктовано, як окрему групову трьохпровідну мережу з використанням фази, робочого «нуля» та захисного «нуля»;

- захисний «нуль» застосовано для реалізації заземлення електропристроїв;

- усі електричні та електронні пристрої мають захист від короткого замикання та непередбачуваних аварійних ситуацій;

- монтаж та експлуатація електромережі задовольняють вимогам щодо унеможливлення виникнення джерела загоряння через коротке замикання та перевантаження;

- усі лінії електроживлення виконанні не з легкозаймистого матеріалу або з негорючою ізоляцією;

- електричне устаткування підключено до мережі лише за допомогою справних штепсельних з'єднань і розеток заводського виготовлення;

- у розетках і штепселях передбачено контакти заземлення.

Вимоги електробезпеки при проєктуванні компонентів адаптивного керування освітленням у приміщенні: використання безпровідних технологій передачі даних і напруги живлення в діапазоні 3.3В і 5В, що дозволяє зменшити можливість ураження струмом при виникненні контакту з мережею чи в аварійних ситуаціях.

Щодо пожежної безпеки будівлі, де виконувався проєкт і приміщення його потенційної експлуатації - дотримано вимог державних будівельних норм "Пожежна безпека об'єктів будівництва", які затверджені наказом Держбуду України від 03.12.2002 N 88, а також правилами пожежної безпеки України, затвердженими

наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19.10.2004 N 126.

У приміщеннях, де розташовуються робочі місця користувачів ПК забезпечено відповідність вимогам санітарних норм і правил наведених у ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Крім цього, на робочих місцях, обладнаних комп'ютерами і периферійною технікою забезпечено оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, руху повітря та відносної вологості, у відповідності до вимог нормативних документів.

Щодо освітлення, то приміщення де експлуатуються ПК, повинно бути обладнаним джерелами штучного освітлення та мати природне освітлення. Нормативний документ, який регламентує вимоги до рівнів природного і штучного освітлення – ДБН В.2.5-28-2018 [4]. Природне освітлення забезпечують прозорі вікна та інші світлові прорізи, що знаходяться на півночі або північному сході. У приміщеннях коефіцієнт природного освітлення повинен бути не нижче ніж 1,5%. Розрахунок коефіцієнта природного освітлення виконують згідно методики, яка наведена у ДБН В.2.5-28-2018.

Штучне освітлення у приміщеннях з ПК забезпечується за допомогою системи загального освітлення, переважно рівномірного. В якості штучного джерела світла застосовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ.

При використанні ПК для розробки проекту системи адаптивного керування освітленням у приміщенні було дотримано наступних вимог з техніки безпеки:

- не виконувався самостійний ремонт ПК і периферійних пристроїв;
- не вносились конструктивні чи інші зміни в апаратне забезпечення комп'ютера;
- використовувались тільки ті матеріали та предмети, які стосувались розробки системи адаптивного керування освітленням у приміщенні.

Для забезпечення вимог щодо безпечної експлуатації інформаційних технологій та мереж дотримано вимог ДСТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання

інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги» (ДСТУ EN 60950-1:2015).

#### 4.2 Ергономічні вимоги до робочого місця користувача персональним комп'ютером

Ергономіка робочого місця користувача персональним комп'ютером грає важливу роль у забезпеченні комфорту, безпеки і продуктивності праці.

Обрання правильного столу та стільця, а також організація робочого простору може суттєво покращити комфорт і ефективність роботи користувача персонального комп'ютера.

Розмір столу повинен бути достатньо великим, щоб забезпечити простір для розміщення комп'ютера, клавіатури, миші та інших робочих матеріалів. Оптимальний розмір столу дозволяє зручно розмістити всі необхідні пристрої без перенасичення простору. Стілець повинен бути зручним та підтримувати природну кривизну хребта. Рекомендується використовувати стільці з підтримкою для нижньої частини спини. Сидіння повинно бути прямим, і ноги повинні стояти на підлозі плоско, утримуючи кут у колінах і стегнах приблизно в 90 градусів. Має бути забезпечено достатньо вільного простору для зручного розміщення рук та робочих матеріалів. Прибирання та організація кабелів сприятиме чистоті та безпеці простору.

Правильне розташування та використання монітора є ключовим аспектом ергономічного організації робочого місця користувача персонального комп'ютера. У сучасному інформаційному суспільстві, де багато годин витрачається перед екраном, важливо враховувати принципи, що допомагають уникнути напруги та стресу для очей та шиї.

Монітор повинен бути належним чином розміщений на робочому столі. Верхній край монітора повинен знаходитися на рівні з оглядовою лінією

користувача або трохи нижче. Це забезпечить оптимальний кут огляду, запобігаючи надмірному згинанню голови вгору або вниз, що може спричинити напругу в шийних м'язах. Рекомендується розташовувати монітор на відстані приблизно 50-70 см від очей користувача. Це допомагає уникнути напруги в очах і забезпечує чітке бачення тексту та графіки. При розташуванні монітора слід уникати прямих джерел світла, які можуть викликати блиски та відблиски на екрані.

Інтенсивна робота за комп'ютером може призвести до надмірного напруження рук і зап'ясть. Забезпечення ефективної підтримки для цих частин тіла є важливим аспектом ергономіки робочого місця. Клавіатура повинна бути розташована на рівні ліктів, щоб уникнути підняття чи опускання рук. Використання підставок для рук або підлокітників допомагатиме утримувати руки в природному положенні. Миша повинна легко лежати в руці, і використання миші з ергономічним дизайном зменшить напругу в зап'ястях. Важливо враховувати наявність підставок для зап'ясть, які дозволяють руці триматися в комфортному положенні. Це може запобігти надмірному згинанню і витягуванню зап'ясть під час роботи.

Адекватне освітлення грає ключову роль у створенні ергономічного робочого середовища, особливо коли мова йде про користувачів персональних комп'ютерів. Важливо враховувати комбінацію природного та штучного світла. Природне світло зменшує втомленість очей і додає природності робочому середовищу. Штучне світло повинно бути розподілене рівномірно і мати достатній рівень яскравості для зручного використання комп'ютера та читання документів. Потрібно надавати перевагу м'якому освітленню, що розподіляє світло рівномірно по робочому простору та уникати різких тіней, які можуть викликати напругу у очах.

Загальною метою врахованих аспектів ергономіки є створення оптимального робочого середовища, де комфорт, безпека і продуктивність ідеально поєднуються. Такий підхід сприяє не лише ефективній роботі, але й збереженню здоров'я та підвищенню загального рівня задоволення від роботи за комп'ютером.



#### 4.3 Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру

Управління діями органів управління і сил цивільної оборони (дальше ЦО) суб'єкта господарської діяльності щодо запобігання виникнення та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (дальше НС) техногенного та природного характеру здійснюється з місць постійного розміщення, а у разі необхідності із запасних і рухомих пунктів управління.

Органи управління ЦО та з НС можуть працювати, залежно від обставин, у повному або скороченому складі в різних режимах і приводитися в готовність за рішенням НЦО суб'єкта господарської діяльності, територіальних або вищих органів управління цивільної оборони.

Забезпечення дій органів управління сил ЦО та з НС та виконання основних заходів ЦО в період загрози виникнення надзвичайних ситуацій виконується у наступному порядку [12]:

- приводяться у готовність і переводяться на цілодобове спостереження пости радіаційного і хімічного спостереження з доповіддю про інформацію: терміново у разі необхідності через 4 год.;

- штаб цивільної оборони та з надзвичайних ситуацій об'єкта координує роботу управлінь, відділів і служб об'єкта щодо матеріально-технічного забезпечення сил та заходів цивільної оборони;

- приводяться у готовність всі наявні сховища, протирадіаційні укриття та підвальні приміщення для укриття працівників і службовців, у разі необхідності проводиться додатково їх герметизація;

- виконується прогноз можливої постановки і уточнюються рішення на проведення рятувальних та першочергових невідкладних відновлювальних робіт в можливих осередках ураження;

– проводиться у разі необхідності відселених (або евакуація) працівників і службовців суб'єкта господарської діяльності у разі попадання об'єкта в зони ураження, особливо із зон хімічного і радіоактивного зараження;

– здійснюється (у разі необхідності) висування додаткових сил у райони аварій, катастроф і стихійного лиха, виконуються інші заходи.

Організація забезпечення заходів та дій органів управління і сил ЦО виконується згідно з календарним планом за кожною групою можливих НС.

У період загрози виникнення надзвичайних ситуацій системи оповіщення приводяться у готовність для здійснення масового інформування працівників, а зв'язок здійснюється з використанням всіх його видів і засобів.

Особливо важливого значення набуває зв'язок в надзвичайних умовах мирного часу, коли виникають великі промислові аварії, катастрофи, стихійні лиха, коли в лічені хвилини необхідно віддати розпорядження на рятування людей, на приведення в готовність сил ЦО, організацію взаємодії та організувати оповіщення населення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій.

Зв'язок організовується згідно з рішенням начальника цивільної оборони, вказівками начальника управління (відділу) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення області (міста обласного підпорядкування, району) і розпорядженням вищого органу управління.

Система зв'язку - це організаційно технічне об'єднання, сил і засобів зв'язку, що використовуються для обміну інформацією в системі органів управління і сил ЦО, яка будується за принципом широкого використання державних і відомчих мереж зв'язку.

Державна мережа - це опорна мережа зв'язку цивільної оборони, котра базується на загальнодержавному і обласному виробничо-технічному управлінні зв'язком. За рахунок державної мережі зв'язку проводиться більш як 90-95% службових переговорів. Вона включає: телефонні і телеграфні мережі; мережі поштового зв'язку; мережі радіо і радіорелейного зв'язку.

Відомча мережа зв'язку складає приблизно 30% від державної, і до неї можна віднести такі мережі зв'язку: Міненерго, Мінтрансу (управління авіації, автотранспорту, річного і морського флоту та Укрзалізниці), Мінагропром тощо.

У висновку можна підкреслити, що організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру є критично важливою для ефективного управління та забезпечення безпеки населення. Ця система має включати різноманітні засоби оповіщення, ефективні мережі зв'язку та центри керування, які здатні швидко реагувати на будь-які надзвичайні події. Тренування персоналу та систематичне оновлення технічних засобів є важливими складовими для забезпечення найвищого рівня готовності до дії у критичних ситуаціях. Крім того, активна інформаційна політика та співпраця з громадськістю сприяють підвищенню обізнаності та готовності населення до дій у надзвичайних обставинах. Всі ці аспекти разом створюють динамічну та інтегровану систему, яка має на меті мінімізувати ризики та забезпечити ефективний захист громадськості.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра досліджено методи та засоби адаптивного керування освітленням у приміщенні.

Виконано аналіз основних параметрів системи та встановлено відповідність між частотами електромагнітного випромінювання та відповідними кольорами. Проведено аналіз впливу інфрачервоного спектру у створенні сучасних систем освітлення.

Виконано загальний огляд наявних рішень в даній області. Аналіз включає в себе ефективність та функціональні можливості вже існуючих систем, їхню популярність та можливі обмеження. Це дозволяє визначити найбільш перспективні та ефективні підходи для подальшого вдосконалення та розробки нової системи адаптивного керування освітленням у приміщенні.

Сформульовано та дотримано виконання головних вимог до системи. Розроблено архітектуру апаратного забезпечення, завдяки проектуванню схеми функціональних модулів та з'єднань.

Розроблено електрично-принципову схему, створено блок-схему та алгоритми роботи, що сприяє наочному представленню функціонування системи. Програмні алгоритми передбачають обробку даних, взаємодію з користувачем та керування освітленням у різних режимах. Використано мережу Петрі для моделювання роботи системи.

Проведено перевірку системи шляхом послідовного включення живлення, ініціалізації додатку на смартфоні та перевірки підключення по Bluetooth. Під час тестування перевірено функціональність різних режимів та коректність взаємодії з користувачем.

Загалом, розглянуті методи та засоби адаптивного керування освітленням у приміщенні дозволяють створювати енергоефективні системи, що враховують важливі аспекти, такі як зручність використання та оптимізація витрат енергії.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вілібніцький О.М., Тиш Є.В. Дослідження фоточутливих датчиків у створенні інтелектуальних систем освітлення. Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (13–14 грудня 2023 року) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2023. 139 с.

2. Вілібніцький О.М., Тиш Є.В. Інноваційні рішення в області адаптивного контролю освітленням. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ. 2023. 263 с.

3. Говоров П.П., Пилипчук Р.В., Токмань А.І., Щиренко В.В. Освітлення промислових об'єктів. Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти - Тернопіль: Джура. 2008. 388 с.

4. ДБН В.2.5-28 : 2018. „Природне і штучне освітлення” – К.: Мінрегіон України. 2018. 133 с.

5. Єршов Р.Д., Савенко О.В., Карпенко М.В., Лимаренко Є.Ю., Мозговий І.В. Технічні аспекти розробки вбудованого пристрою «розумного освітлення» на основі мікроконтролера MSP430. Технічні науки та технології. 2017. 151-161 с.

6. Іоффе К.І., Черкашина О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями». Харків. нац. унт міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. 2018. 57 с.

7. Натрошвілі С.Г., Натрошвілі Г.Р., Бабина Т.Г., Злотенко Б.М., Кулік Т.І. Комп'ютерно-інтегрована система керування природним і штучним освітленням розумного будинку. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2020. 65-71 с.

8. Лупенко С.А., Луцик Н.С., Луцків А.М. Осухівська Г.М., Тиш Є.В.

Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ. 2021. 3 с.

9. Назаренко Л.А., Можаровська Т.В. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник. Харків. нац. у-нт міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2017. 142 с.

10. Паламар М.І., Чайковський А.В., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О. Проектування пристроїв і вузлів інформаційно-вимірювальних систем та створення програмного забезпечення на базі навчально-налагоджувального стенда. Методичні вказівки до лабораторних і практичних робіт. Тернопіль: ТНТУ. 2014. 76 с.

11. Практичний курс Arduino. URL: <https://coursehunters.net/course/kurs-arduino-arduino-prakticheskiy-kurs> (дата звернення: 18.11.2023 р.)

12. Стадник І.Я., Зварич Н.М. Оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах з викидом (виливом) небезпечних хімічних речовин та застосуванні хімічної зброї. ТНТУ. 2020. 36 с.

13. Хімка С.М. Класифікація сучасних електричних джерел світла, обґрунтування їх вибору за електротехнологічними критеріями. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2016. 61-67 с.

14. Alam M., Shakil K., Khan S. Internet of Things (IoT): Concepts and Applications. Springer Nature. 2020. 526 p.

15. Arduino. URL: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) (дата звернення: 18.11.2023 р.).

16. Bluetooth модуль HC-06. URL: <https://arduino.ua/prod241-bluetooth-modul-hc-06> (дата звернення: 18.11.2023 р.).

17. David Caicedo, Ashish Pandharipande, Frans M.J. Willems. Daylight-adaptive lighting control using light sensor calibration prior-information. Philips Research, High Tech Campus, 5656 AE Eindhoven, The Netherlands. April 2014. 105-114 p.

18. Fawzi B., Kwok Wu. Collaborative Internet of Things (C-IoT): for Future Smart Connected Life and Business. John Wiley & Sons. 2015. 304 p.

19. MIT App Inventor. URL: <https://appinventor.mit.edu/> (дата звернення: 18.11.2023 р.).

20. Olenych I.B. Fuzzy logic controller for smart home lighting control. Information and telecommunication sciences : international research journal. 2017. 50–55 p.

21. SRD-05VDC-SL-C (Sogole) - Електронні компоненти та комплектуючі. URL: [https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/srd-05vdc-sl-c\\_108598.html](https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/srd-05vdc-sl-c_108598.html) (дата звернення: 18.11.2023 р.).

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

Додаток А

Тексти наукових публікацій дипломної роботи магістра

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник  
тез доповідей**

**XII Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів  
6-7 грудня 2023 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2023**



Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року

41.	<b>А. М. Колівошко, Д. Ю. Соловко, Я. О. Філок</b> ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	262
42.	<b>О. М. Вілібніцький, Є. В. Тиш</b> ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В ОБЛАСТІ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ОСВІТЛЕННЯМ	263
43.	<b>І. М. Дулик, О. О. Іваніга, О. Я. Чайковський, Я. М. Осадца</b> АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СВІЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ	264
44.	<b>І. І. Станчев, І. В. Ковалишин, Р. Б. Кріль, Я. М. Осадца</b> ОСОБЛИВОСТІ СВІЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ПАРКОВИХ АЛЕЙ	265
45.	<b>В. П. Волоський, А. М. Паламар</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ БАЛАНСУВАННЯ АКУМУЛЯТОРІВ У СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ	266

#### **СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ, БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ**

1.	<b>О. В. Адамішин, Г. В. Карник</b> ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ БУЛОЧКИ ЗІ ЗМІНЕНИМ СКЛАДОМ ЖИРІВ	267
2.	<b>А. В. Чернега, Г. В. Карник</b> ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК ВИКОРИСТАННЯ ГОРІХІВ ЯК КОМПОНЕНТУ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ	268
3.	<b>В. В. Дорожко</b> АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РИБНИХ СНЕКІВ	269
4.	<b>А. С. Пахомова, В. С. Картель</b> ВЕГЕТАРИАНСЬКІ ТА ВЕГАНСЬКІ ОПЦІЇ В ЗАКЛАДАХ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА - РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ	271
5.	<b>Д. Вігенько, Н. Зварич</b> ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ В МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСАХ. АНАЛІЗ ПАРОГАЗОВОЇ ФАЗИ	273
6.	<b>В. В. Мартинюк, О. Б. Столяр, Н. І. Хомик</b> АКУМУЛЯТИВНА ЗДАТНІСТЬ ДВОСТУЛКОВОГО МОЛЮСКА ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВПЛИВУ	275
7.	<b>Р. О. Баран</b> КАВІТАЦІЙНІ ЯВИЩА	276
8.	<b>Р. В. Паперняк, М. М. Шинкарик</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА МАСЛА У МАСЛОВИГОТОВЛЮВАЧАХ	277
9.	<b>А. В. Корнійчук</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК	278
10.	<b>А.-І. М. Голояд</b> ЗАСТОСУВАННЯ СОЛОДОВЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СПИРТУ	279
11.	<b>І. В. Прунько</b> АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ ФАРШЕМ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ НАГНІТАЧАМИ	280

УДК 628.92

О. М. Вілібницький; С. В. Тиш, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В ОБЛАСТІ АДАПТИВНОГО КОНТРОЛЮ ОСВІТЛЕННЯМ

O.M. Vilibnitskyi, Ie.V. Tysh, Ph. D. Assoc. Prof.

### INNOVATIVE SOLUTIONS IN ADAPTIVE LIGHTING CONTROL

Останнім часом велику увагу приділяють дослідженням та розвитку систем адаптивного контролю освітленням. Розроблено різноманітні готові рішення та технології, спрямовані на оптимізацію якості освітлення та раціональне використання енергії.

Інтелектуальне освітлення, яке використовує світлодіоди, є одним із прикладів в даній області. Такі системи взаємодіють між світлодіодними лампами, сенсорами та контролерами за допомогою бездротових протоколів. Керування доступне користувачам дистанційно за допомогою мобільних додатків або веб-інтерфейсів (див. рис. 1). Важливою характеристикою є можливість налаштовувати колірну температуру світла від теплої до холодної спектру і регулювати яскравість. Системи можуть програмуватися для автоматичного запуску різних сценаріїв освітлення в залежності від конкретних умов.



Рисунок 1. Засоби керування системами

Іншим рішенням є системи керування освітленням на базі Internet of Things (IoT), які використовують підключені пристрої та мережі для створення розумних освітлювальних систем. Модулі освітлення таких систем оснащені вбудованими IoT-модулями для забезпечення їхнього підключення до мережі. Вбудовані сенсори, такі як датчики руху, присутності, освітленості - збирають дані про навколишнє середовище. Ці дані використовуються для автоматичного адаптування освітлення до різноманітних умов та для збору інформації про використання енергії. Інтеграція з голосовими асистентами, такими як Google Assistant, надає користувачам можливість управління освітленням за допомогою голосових команд.

У підсумку, інноваційні системи адаптивного контролю освітленням визначають нові стандарти ефективності та комфорту. Використання світлодіодів і бездротових технологій дозволяє не лише забезпечувати оптимальне освітлення, але і персоналізувати простір, створюючи різноманітні атмосфери для користувачів. Це є кроком вперед у сфері раціонального використання енергії та технологічної зручності.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

XI НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



13-14 грудня 2023 року

ТЕРНОПЛЬ  
2023

<b>Наталія Чичула</b> ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ФІНАНСОВОЇ СПРОМОЖНОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ ГЛИБОКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ <b>Nataliia Chychula</b> APPROACH TO ASSESSING THE FINANCIAL CAPABILITY OF AN INNOVATIVE ENTERPRISE BASED ON DEEP NEURAL NETWORK	128
<b>Чорний П.Р., Скарга-Бандурова І. С.</b> МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА ВИЛУЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНО ПОВ'ЯЗАНИХ ОБ'ЄКТІВ З ДАНИХ ПРО АТАКИ НА ОБ'ЄКТИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ <b>P.R. Chorny, I.S. Skarga-Bandurova</b> METHODS FOR IDENTIFYING AND EXTRACTING GEOGRAPHICALLY RELATED OBJECTS FROM TEXTUAL DATA ON ATTACKS ON CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES IN UKRAINE	129
<b>Назар Шевченко, Константин Швирло, Григорій Шимчук</b> ОГЛЯД ПОТЕНЦІЙНИХ КІБЕРАТАК НА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ МЕРЕЖІ <b>Nazar Shevchenko, Konstantin Shvyrlo, Grigorii Shymchuk</b> OVERVIEW OF POTENTIAL CYBER ATTACKS ON DECENTRALIZED NETWORKS	130
<b>Назар Шевченко, Константин Швирло, Григорій Шимчук</b> МОДЕРНІЗОВАНИЙ МЕТОД БАГАТОКОЛІЙНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ <b>Nazar Shevchenko, Konstantin Shvyrlo, Grigorii Shymchuk</b> A MODERNIZED METHOD OF MULTIPATH ROUTING	132
<b>Ю.Юрик, Семенішин Г.М.</b> АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ <b>Yu Yuryk, G.Semenyshyn</b> SYMBOL RECOGNITION SYSTEM FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE	134
<b>О. Ярема</b> ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ S-БЛОКІВ ДО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО КРИПТОАНАЛІЗУ <b>O. Yarema</b> PRACTICAL ASPECTS OF RESEARCH ON THE RESISTANCE OF S-BLOCKS TO DIFFERENTIAL CRYPTANALYSIS	135
<b>СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ</b>	
<b>Іван Бородій, Галина Осухівська</b> ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ АГРЕГОВАНИХ НАДВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ <b>Ivan Borodii, Halyna Osukhivska</b> DESIGN OF A SOFTWARE SYSTEM FOR THE FORMATION OF AGGREGATED BIG DATA ARRAYS	137
<b>Діана Величко</b> АЛГОРИТМ РОБОТИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДЕОНАГЛЯДУ З ФУНКЦІЄЮ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕКСТРЕНИХ СИТУАЦІЙ <b>Diana Velychko</b> ALGORITHM OF OPERATION OF A COMPUTERIZED VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM WITH THE FUNCTION OF IDENTIFYING EMERGENCY SITUATIONS	138
<b>О.М. Влібницький; С.В. Тиш</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЧУТЛИВИХ ДАТЧИКІВ У СТВОРЕННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ <b>O.M. Vilibnitskyi, Ie.V. Tysh</b> RESEARCH ON PHOTSENSITIVE SENSORS IN THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT LIGHTING SYSTEMS	139

УДК 681.7

О.М. Вiлiбницький; Є.В. Тиш, к.т.н.

Тернопiльський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ ФОТОЧУТЛИВИХ ДАТЧИКІВ У СТВОРЕННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

О.М. Vilibnitskyi, Ie.V. Tysh, Ph. D. Assoc. Prof.

### RESEARCH ON PHOTSENSITIVE SENSORS IN THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT LIGHTING SYSTEMS

У світі постійного технологічного прогресу, освітлення відіграє ключову роль у покращенні якості нашого життя. Однак, зростаючі вимоги до енергоефективності та зручності, вимагають розробки нових, інтелектуальних систем освітлення. Дослідження та впровадження новітніх технологій стають важливим етапом у цьому напрямку.

Для створення таких систем, одну з головних ролей відіграють датчики освітлення. Вони здатні вимірювати з високою точністю навіть при слабкому освітленні та враховувати ультрафіолетовий, видимий та інфрачервоний спектри, що робить їх придатними для різноманітних сценаріїв використання.

Отримані від цих сенсорів дані використовуються для створення інтелектуальних систем освітлення, які адаптуються до змін навколишнього середовища. Це охоплює автоматичне регулювання яскравості, зміну кольору світла та оптимальне використання енергії в режимі реального часу. Приклад роботи таких систем показано на рисунку 1.

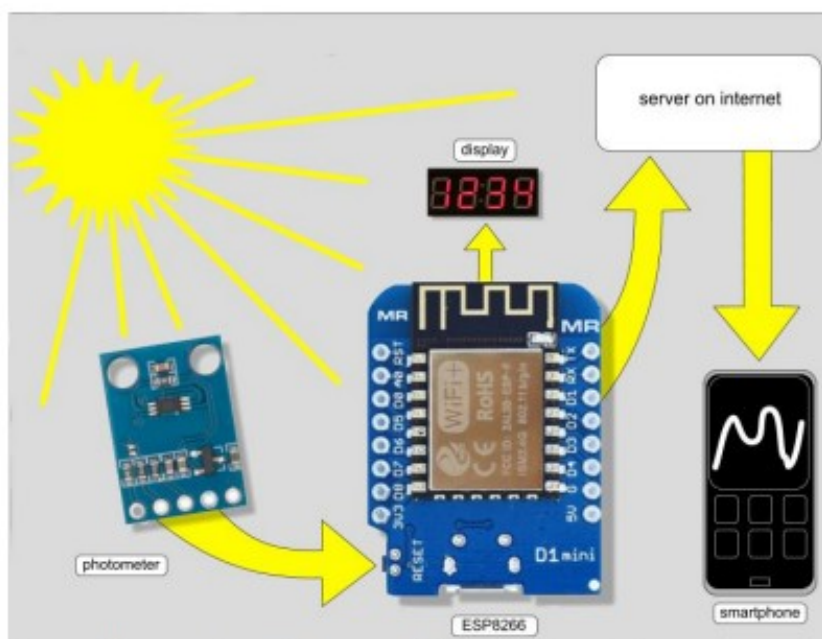


Рисунок 1 — Приклад роботи системи освітлення

Фотосенсори з високою чутливістю та широким спектром вимірювань представляють собою універсальний інструмент для реалізації інтелектуальних систем освітлення. Можливість адаптації до змін навколишнього середовища, автоматичне регулювання та оптимізація енергоспоживання роблять їх ключовим компонентом у розробці ефективних та інтелектуальних рішень для освітлення.

<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>К-сть.</i>	<i>Примітки</i>
D1...D4	Мікросхеми		
D1	Arduino Uno	1	
D2	SRD-05VDC- SL-C	1	
D3	TSL2591	1	
D4	PIR	1	
D5	HC-06	1	
R1, R2	Резистори		
	0805-360 Ом±5%	2	

					<b>КС КРМ 123.461.00.00 ПЕ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Вілібніцький О.М.			Методи та засоби адаптивного керування освітленням у приміщенні Перелік елементів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		Тиш Є.В.						
<i>Реценз.</i>						ТНТУ, каф. КС, гр. СІм-61		
<i>Н. контр.</i>		Луцик Н.С.						
<i>Затверд.</i>								