

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: **Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю рівня освітленості приміщень**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-4

Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»

Глухоман А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: доктор технічних наук

професор

Подчашинський Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2025
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент _____ Глухоман Андрій Олегович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система для вимірювання та контролю рівня освітленості приміщень

Керівник роботи: доктор технічних наук професор
_____ Подчашинський Ю.О.

затверджена наказом по університету від « 04 » квітня 2025 р. № 131/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 25 » червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи об'єкт контроль – комп'ютеризована інформаційно вимірювання система рівня освітленості приміщення, параметр вимірювання – освітленість у люксах (лк)

діапазон вимірювання освітленості : 1...10 000 лк

час оновлення даних 0.8 с

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
огляд та методи вимірювання освітлення, розробка структурної схеми,
розробка принципової схеми, розробка програми та алгоритму,
розрахунок метрологічних характеристик,
оцінка показників надійності роботи системи, охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)
структурна схема, електрична принципова схема, перелік елементів,
блок-схема алгоритму роботи системи

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження технічного завдання	25.05.25 – 15.03.25	Виконано
2	Огляд та методи вимірювання освітлення	05.06.25 – 15.03.25	Виконано
3	Розробка структурної схеми	07.06.25 – 15.04.25	Виконано
4	Розробка принципової схеми	10.06.25 – 24.04.25	Виконано
5	Розробка програми та алгоритму	12.06.25 – 09.05.25	Виконано
6	Моделювання роботи системи	13.06.25 – 24.05.25	Виконано
7	Розрахунок надійності	15.06.25 – 03.06.25	Виконано
8.	Розрахунок похибки вимірювання освітленості приміщень	16.06.25 – 15.06.25	Виконано
9	Охорона праці	17.06.25 – 17.06.25	Виконано

Студент

Глухоман А.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Подчашинський Ю.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для контролю рівня освітленості приміщень на основі мікроконтролера. Створена система забезпечує візуалізації рівня освітленості в режимі реального часу, а також дозволяє досліджувати динаміку зміни освітлення та здійснювати контроль за дотриманням нормативних значень. У найпростішому випадку розроблений пристрій може використовуватись як автоматизований люксметр для систем енергозбереження та керування освітленням у приміщеннях.

Ключові слова: рівень освітленості, датчик освітленості, люксметр, інформаційно-вимірювальна система.

ABSTRACT

In this qualification work, a computerized information and measurement system for monitoring the illumination level in indoor environments based on a microcontroller has been developed. The created system provides real-time measurement and visualization of illumination levels, as well as enables the analysis of lighting dynamics and control over compliance with normative values. In the simplest case, the developed device can be used as an automated luxmeter for energy-saving systems and indoor lighting control.

Keywords: illumination level, light sensor, luxmeter, information and measurement system.

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі представлено розробку комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи, призначеної для вимірювання рівня освітленості приміщень. Робота оформлена у вигляді пояснювальної записки на 66 сторінках формату А4, яка включає вступ, вісім основних розділів, висновки, список використаних джерел та додатки.

У даній роботі розглянуто розробку комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для моніторингу рівня освітлення в приміщеннях. Такий контроль є актуальним у закладах освіти, охорони здоров'я, на виробництві, а також у житлових будівлях. Надмірний освітлення негативно впливає на самопочуття, працездатність і навіть на зір людини.

Запропонована система побудована на базі мікроконтролера Arduino та датчика освітленості, здатного вимірювати рівень освітленості в люксах. Отримані дані обробляються в реальному часі та відображаються на LCD-дисплеї. У разі перевищення встановленого порогу система автоматично подає сигнал, сповіщаючи користувача.

Розроблено структурну та принципову схеми пристрою, алгоритм його роботи, програмне забезпечення, а також проаналізовано надійність та точність вимірювань. Для підтвердження працездатності системи зібрано робочий прототип на макетній платі та проведено експериментальні вимірювання.

Перевагами системи є її низька вартість, простота реалізації та адаптації до різних умов використання. Вона може бути основою для впровадження у рамках концепції «розумного будинку» або як навчальний модуль для лабораторних занять.

3мiCT

ВСТУП	8
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	9
1.1 Призначення та область застосування	9
1.2 Умови експлуатації	9
1.3 Технічні параметри системи	9
1.4 Вимоги до надійності	10
2. АНАЛІЗ ВИМОГ ВИМІРЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ	11
2.1 Основні поняття вимірювання освітленості	11
2.2 Нормативне освітлення	12
2.3 Існуючі системи вимірювання освітленості	17
2.4 Стратегії розміщення датчиків для комплексного моніторингу освіти	19
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ–	24
3.1 Обґрунтування вибору складових системи	24
3.2 Обґрунтування мікроконтролера	24
3.3 Обґрунтування датчика освітленості	27
3.4 Вибір дисплею	28
3.5 Структурна схема	29
3.6 Обґрунтування та порівняльний аналіз вибору компонентної бази	31
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	34
4.1 Вибір мікроконтролера	34
4.2 Вибір датчика освітлення	35
4.3 Вибір дисплея	37
4.4 Розробка принципової схеми	38
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ	40
5.1 Алгоритм програми	40
5.2 Розробка програми	42
6. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ	44
6.1 Збирання прототипу на макетній платі	44
6.2 Практичні аспекти та ризики створення	46
7. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ	50
8. РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ОСВІТЛЕНОСТІ ПРИМІЩЕНЬ	53
9. ОХОРОНА ПРАЦІ	56
9.1 Охорона праці	56
9.2 Умови охорони праці при роботі з люксометром	57
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63

					МІМТ.420.001.001– ПЗ						
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована системи для вимірювання та контролю рівня освітленості приміщень	Лім.		Лист	Листів		
Розроб.		Глухоман А.О.						7	72		
Перевір.		Подчашинський				Державний університет «Житомирська політехніка», гр. МТ-4					
Реценз.											
Н. Контр.		Подчашинський									
Затверд.		Подчашинський Ю									
					Пояснювальна записка						

ВСТУП

Освітленість – важливий чинник виробничого та навколишнього середовища. Рациональне освітлення приміщення і робочого місця – один з найважливіших елементів сприятливих умов праці. За правильного освітлення підвищується продуктивність праці, поліпшуються умови безпеки, знижується стомлюваність. Успішне виконання робочих операцій вимагає від нього додаткових зусиль і великого зорового напруження. Неправильне і недостатнє освітлення може призвести до створення небезпечних ситуацій

Розробка системи вимірювання освітленості має велике практичне значення, оскільки може бути впроваджена в офісах, навчальних закладах, медичних установах та промислових підприємствах. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти відхилення від встановлених норм, здійснювати регулювання освітлення автоматичними засобами (наприклад, за допомогою «розумного» освітлення), а також проводити профілактичну оцінку ризиків для зору і працездатності персоналу.

Крім того, такі системи можуть бути корисними у побуті, зокрема для автоматизації освітлення в житлових приміщеннях, що сприяє економії електроенергії та підвищенню комфорту користувачів. Завдяки використанню датчиків освітленості можлива адаптація рівня штучного світла залежно від природного освітлення, часу доби чи присутності людей у кімнаті.

Метою даної бакалаврської роботи є аналіз вимірювання освітленості приміщення.

Актуальність теми полягає в тому, що на сьогодні освітленість є одним зі значущих чинників, що впливають на зір людей.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання та аналіз рівня освітленості в приміщенні.

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система повинна в автоматичному або в автоматизованому режимі забезпечити вимірювання та контроль рівня освітленості в приміщеннях.

Областю застосування комп'ютеризованої системи вимірювання освітленості є побутові приміщення, офісні установи, медичні заклади, освітні заклади, бібліотеки, а також житлові будівлі.

Необхідно розробити структурну схему, обґрунтувати вибір складових системи, розробити принципову схему, побудувати алгоритм та написати програму.

1.2 Умови експлуатації

- Температура навколишнього середовища: від -20 °С до +55 °С;
- Відносна вологість до 85% при температурі 25 °С;
- Атмосферний тиск: 600–800 мм рт. ст.;
- Хімічно активні компоненти: відсутні;
- Вібрація, тряска, удари: відсутні;
- Характер роботи: разової дії;
- Система ремонтпридатна, відновлювальна;
- Живлення системи: 5 В;
- Експлуатація здійснюється в опалюваному приміщенні з сухим повітрям.

1.3 Технічні параметри системи

Основні технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання освітленості: від 1 до 10000 люкс;
- Точність вимірювання: $\pm 1,0\%$ (абсолютна похибка — до 7,0 люкс);
- Роздільна здатність: 1 люкс;
- Час оновлення: 0,8 с;

Основні компоненти:

- Датчик освітленості з цифровим інтерфейсом I2C;

–Вбудований дисплей для виведення виміряних значень;

–Усі модулі виконані у вигляді уніфікованих блоків.

1.4 Вимоги до надійності

Система є що відновлюється, не резервується, ремонтпридатною.
Наробіток на відмову складає не менше 50 000 годин.

2. АНАЛІЗ ВИМОГ ВИМІРЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Основні поняття вимірювання освітленості

Люксметр - це інструмент для вимірювання яскравості в люксах (лк) .[3] Основна його роль - вимірювати яскравість всередині та зовні, що дозволяє оцінити придатність для комфортної, безпечної та ефективної активності.

Основні сфери застосування Люксметр:

1. Аналіз освітлення на робочих місцях
2. Контроль у станах у школах, медичних установах, офісах та інших державних установах
3. Перевірка, чи яскравість відповідає вимогам та рекомендаціям держави.
4. Оцінка освітлення у сільському господарстві та виробничих районах.
5. Використовуйте у фотографії та створенні фільмів для точного контролю світла.

Початкові вимірювачі світла виникли на початку 1900 -х років через прогрес в електротехніці та вимірювання світла. Вони були прості в конструкції та працювали за допомогою детекторів світла селену, які змінювали їх опір при вплиді на світло.

Технологічний прогрес призвів до розробки менших, точних та зручних для користувачів пристроїв.

Сьогодні світлові датчики використовують світлочутливі діоди та сучасні схеми, що дозволяє точно документувати освітлення в різних сценаріях.

Початковий лічильник світла був винайдений у 1913 році німецьким вченим Ернстом Лехнер. Його гаджет працював за допомогою детекторів світла селену та позначив вирішальну фазу в еволюції методів вимірювання світла, встановивши основу для проектування більш точних та надійних інструментів попереду.

2.2 Нормативне освітлення

Світло має значний вплив на існування кожного. Важко зобразити нашу компанію без хорошого освітлення, тим більше, що ми проводимо стільки часу всередині: на роботі, під час тренувань чи вдома. Але що таке "гарне освітлення".

Неправильно розташоване освітлення може бути неприємним і потенційно згубним.

Якщо кімната занадто темна, це призведе до купи проблем:

Очі швидко втомлюються, починають боліти, і з часом це навіть може погіршити зір.

Працювати важче. Фокус зменшується, помилки збільшуються, ефективність знижується.

Це просто небезпечно. У тьмяно освітленому коридорі чи сходах можуть траплятись нещасні випадки.

Мовчазне, яскраво - жовте світло може зробити людей сонними та незацікавленими, надмірно інтенсивними та холодними світлом - дратувати.

Для запобігання цього було встановлено конкретні вказівки та умови - норми освітлення. В Україні первинним правилом для всього цього є ДБН В. 2. 5-28: 2018 "Природне та штучне освітлення". [1] Це всебічний посібник, який охоплює всі аспекти навчального дизайну, від початкової концепції до кінцевого продукту.

Для чого взагалі потрібні норми освітлення?

Існує кілька основних завдань, які вирішують регуляторне освітлення.

Безпека. Освітлення має бути таким, щоб людина могла безпечно ходити по приміщенню, бачити перешкоди, сходи, нерівності підлоги. Особливо це стосується аварійного освітлення. Воно вмикається, коли зникає основне електропостачання, і люди зможуть безпечно вийти з будівлі під час пожежі чи іншої екстреної ситуації.

Комфорт для очей. Ілюмінація не повинна переповнюватися. Існує явище, відоме як "відблиски" - коли яскравість або його відбиття від блискучої

поверхні (як екран чи таблиця) перешкоджає зору і перешкоджає виду предмета. Правила обмежені цією метою для забезпечення комфорту очей.

Продуктивність праці. Щоб ми могли добре працювати чи вчитися, нам потрібен певний рівень освіченості. Для читання книги потрібна одна кількість світла, для паяння мікросхем — зовсім інше. Норми встановлюють ці мінімальні рівні для сотень видів діяльності, щоб людина могла виконувати свою роботу ефективно і без зайвого напруження.

Емоційна легкість та настрій. Відтінок освітлення значно впливає на нас. Тепле, золоте світло (подібне до свічки або старовинної лампочки) заспокоює і забезпечує відчуття легкої легкості. Нейтральне, біле світло (схоже на денне) дає можливість краще сконцентруватись і підходять для роботи. А холодне, з синюватим відтінком, бадьорить і асоціюється зі стерильністю. Правильний вибір кольору світла допоможе створити потрібну атмосферу. Зараз навіть є така крута фішка, як людиноцентричне освітлення (Human-Centric Lighting), яке змінює колір та яскравість світла протягом дня, підходячи під наші біологічні ритми.

Економія грошей (енергоефективність). У сучасному світі треба не тільки яскраво, але й дешево. Тому норми також спонукають використовувати сучасні енергоефективні джерела світла, як-отсвітлодіоди (LED), та системи керування. Наприклад, датчики руху, які вмикають світло в коридорі, тільки тоді коли там хтось є, або датчики освітленості, які роблять штучне світло тім'яним, коли на вулиці сонячно.

Основні показники, які нормуються

Кількісні показники:

Освітленість (E) вимірюється влюксах (лк).[16] Це, по суті, кількість світла, яка падає на певну поверхню (стіл, підлогу, стіну). Саме для цього параметра в ДБН є величезні таблиці. Наприклад, для офісного столу норма — 500 лк, а для коридору — усього 100 лк.

Рівномірність освітлення (U_0). Цей показник показує, наскільки рівномірно світло розподілене по кімнаті. Якщо в центрі кімнати дуже

яскраво, а по кутах темно, то рівномірність буде низькою. Це погано, бо очі втомлюються від постійних перепадів яскравості. Рівномірність — це відношення мінімальної освіченості до середньої, і вона має бути не нижчою за певне значення (наприклад, 0,6 або 0,7).

Якісні показники:

Об'єднаний показник дискомфорту (UGR). Це дуже важливий, хоча і складний параметр, який показує, наскільки сильно світильники сліплять. Чим менше значення UGR, тим комфортніше. Норми чітко вказують максимальний UGR для різних приміщень. Норми чітко вказують на максимальний UGR для різних кімнат:

— $3GP \leq 27$: Це стандарт для офісів, класів, бібліотек - люди читають або працюють за комп'ютером на короткий час.

— $3GP \leq 25$: Для комерційних магазинів, офісів.

— $3GP \leq 25-28$: Для коридорів склади, де люди недовго.

Індекс передачі кольору (Ra або CRI). Цей показник (від 0 до 100) говорить нам, наскільки природно виглядають кольори предметів при штучному освітленні. Еталон є сонячне світло (Ra=100). Якщо індекс низький, то всі кольори будуть тьмяними і спотвореними. Наприклад, у магазині одягу, помідори на ринку чи в кабінеті лікаря потрібен високий індекс, щоб правильно побачити кольори.

— $Ra \geq 100$: Це стандартний мінімум для приватного приміщення (офісів, шкіл, квартир).

— $Ra \geq 80$: Рекомендація для бібліотек, шкіл та громадських центрів.

Кольорова температура (CCT).

Вимірюється в Кельвіні (K) і характеризує тінь світла: > 5300– 3100 K: м'яке біле світло (заспокійливе, добре для відпочинку, читання).

5300 - 6500 K: Класне біле світло (схоже на похмуре денне світло, добре для офісів та навчальних закладів).

5500 К: Класне біле світло (сприяє концентрації, що використовується у виробництві, в лабораторіях).

Пропорція імпульсу (КР, %). Це коли світло є невидимим для очей завдяки його харчовій характеристикам. Незважаючи на те, що це не видно, розум реагує способами, які можуть призвести до головних болів і напруги. У виробництві це також небезпечно через стробоскопічний ефект (коли рухомий заготовка з'являється досі). Сьогоднішні високоякісні світлодіодні світильники мають відсоток пульсацій менше 5%, що є стандартним в офісах.

Приклади стандартів для різних кімнат:

Офісні приміщення. На робочому столі, де людина працює з документами чи комп'ютером, повинно бути щонайменше 500 люкс. У цьому сценарії вогні повинні залишатися видимими ($PLG \leq 19$), а відтінки повинні бути чіткими ($Ra \geq 80$). Освітлення призначене для створення привітної атмосфери.

Навчальні заклади. Викладачі та слухачі підвищують рівень яскравості до 300-500 люкс. Спеціальна увага приділяється освітленню дошки - вона повинна бути досить яскравою, на 500 люкс, щоб переконатися, що всі деталі легко видно з найдалших сидінь. Існують також дуже суворі вимоги до дискомфорту ($PLG \leq 19$) та мінімальних пульсацій. [19]

Заклади охорони здоров'я. У звичайній палаті достатньо 100 лк загального світла, але біля ліжка пацієнта має бути місцевий світильник на 300 лк. А от в оглядових кабінетах, де лікар має найменші зміни кольору шкіри, потрібно 1000 лк і дуже висока передача кольору $Ra \geq 90$. В операційних освітленості ще вища і може сягати десятків тисяч люкс на операційному столі, що забезпечується спеціальними світильниками.

Магазини. У загальній торговій зоні продуктового магазину достатньо 500 люкс освітлення. Але на вітринах з одягом, косметикою або свіжими продуктами, акцентне освітлення вибирається з яскравістю 1000-1500 люкс і з високим $RA \geq 90$, щоб зробити продукт максимально привабливим.

Промислові об'єкти. Все залежить від точності роботи. Для грубих складних робіт достатньо 200 лк. Для роботи за верстатом — 500 лк. А там, де потрібна висока точність (наприклад, у годинниковій майстерні або при контролі якості), освітленість можна сягати 1000-1500 лк, часто з використанням місцевих світильників з лупою.

Як це все робиться на практиці?

Щоб забезпечити нормативне освітлення, ніхто не розставляє світильники «на око». Цим займаються інженери-світлотехніки. Процес виглядає приблизно так:

Аналіз завдань. Інженер з'ясовує, що це за приміщення, що в ньому будуть робити, які є нормативні вимоги.

Освітлення. Використовуйте унікальне програмне забезпечення (найбільш широко використовуване Dialux) для розробки віртуальної моделі простору. [9] Все розглядається: розміри, вертикальний простір, настінний відтінок та земля (як яскраві поверхні більш ефективно відображають світло). Тоді ця модель пропонує модельовані вогні, і програмне забезпечення визначає яскравість на певному місці, рівномірність та інші фактори.

Вибір передач. На основі розрахунку вибираються конкретні моделі світильників, які забезпечують необхідні показники та будуть енергоефективними.

Контроль. Коли вже розпочалося розробка, проводяться процедури оцінювання. Експерт з освітлення циркулює простір, щоб перевірити, чи є фактичне освітлення частиною плану.

2.3 Існуючі системи вимірювання освітленості

Люксметр testo 540, вимірювач освітленості рис.2.1



Рис.2.1 Зовнішній вигляд люксметр r testo 540, вимірювач освітленості

Люксметр Testo 540 створений для оцінки яскравості різних джерел світла: розжарювання, люмінесцентного та світлодіодів.[6] Датчик люксметр 540 підібрався відповідно до легкої чутливості очей, забезпечуючи точні показання яскравості всіх джерел світла. Помилка $\pm 1\%$ допускає точні оцінки яскравості. У інтернет -магазині компанії ви зможете придбати розкішні розкішні, які мають високу надійність, якість та точність вимірювань, з доставкою по всій Україні, офіційній гарантії та обслуговуванню.

Підвищення приміщень контрольного контролю підвищує рівень життя, ефективність роботи та досконалість продуктів. На відміну від цього, яскравіші вогні завжди призводять до додаткового використання потужності. Завдяки експертному Люксметр 540, ви зможете керувати енергетичними витратами та регулювати яскравість світла, щоб відповідати юридичним стандартам. Це особливо актуально, оскільки економія електроенергії стає все більш важливою.

Великий, простий для читання лічильник світла показує всі ключові деталі: наявний рівень світла, негайний рівень світла, найнижче та найвищі значення світла, плюс живлення акумулятора.

Особливості вимірювача люкметра testo 540:

- Вимірювання освітленості в широкому діапазоні.
- Вибір одиниць виміру (люкси і Footcandle).
- Комфортний і використанні і надійний корпус.
- Чутливий кремнієвий фотодіод.
- Великий дисплей з підсвічуванням.
- Індикатор переповнення і заряду батареї.
- Відповідає вимогам ЄС.

Люкметр Laserliner LuxTest-Master представлений на рис.2.2.



Рис.2.2 Люкметр цифровий Laserliner LuxTest-Master

Світловий лічильник має комфортний дизайн та зручне для користувачів меню. - Читання проводяться на трьох рівнях - нижче 2000, 20000 та 100000 одиниць яскравості. Висока точність $\pm 4\%$ (діапазон від 0 до 10000 люкс) та ± 5 . Враження показані на великих одиницях люкс (1FC = 10,76 люкс). Люкметр можна використовувати для вимірювання освітленості в люкс.

У інструменті для вимірювання міцності на світло використовується кремній світловий датчик з розширеною довговічністю.

Laserliner LuxTest-Master зазвичай використовується в галузі професійної безпеки, таких як захист праці та безпека підприємств, в навчальних закладах, наукових лабораторіях, науково-дослідних центрів, культурних установ, транспортних центрів та спілкування вони служать цілі у фільмах та

театральних постановках, щоб визначити найкращу кількість світла для сцени та аудиторії.

Особливості вимірювача Laserliner LuxTest-Master:

- Швидкий та точний вимір у діапазоні 0–100 000 люкс.
- Три діапазони вимірювань – до 2000, 20 000 та 100 000 люкс.
- Висока точність вимірювань.
- Наявність індикатора низького рівня заряду батареї.
- СЕ маркування – відповідно до основних вимог безпеки та гігієни праці, викладених у європейських директивах.
- Низький рівень споживання енергії.
- Довгий термін служби кремнієвого фотодіода.
- Великий РК-дисплей для легкого зчитування показань.
- Не потрібно розраховувати вручну поправочний коефіцієнт для нестандартних джерел світла.
- Функція HOLD – утримання даних на екрані.
- Виносний датчик-сенсор освітленості.
- Функції вибору автоматичного діапазону та автоматичного регулювання нуля.

2.4 Стратегії розміщення датчиків для комплексного моніторингу освіти

Ефективність комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи рівня освітлення збільшилася не тільки точністю її компонентів, але й, значною мірою, стратегічно правильним розміщенням датчиків. Некоректне навіть розташування найсучаснішого сенсора призведе до отримання нерепрезентативних даних. Це, у свою чергу, викликає хибні рішення в алгоритмах керування, що підвищує економічну енергію та може створити дискомфорт для людей у часі.

Ключова мета правильного розміщення — отримати об'єктивну картину розподілу світлового потоку на основних функціональних поверхнях

(зазвичай, це горизонтальна робоча площа на висоті 0,8–0,85 м від підлоги) та забезпечити адекватну реакцію системи на динамічні зміни як природного, так і штучного світла. Правильне планування мережевих датчиків є таким же етапом проектування, як і розробка програмного забезпечення та апаратної частини. [17]

Основні фактори, що впливають на вибір місця встановлення:

Функціональне призначення приміщення.

Нормативні вимоги до освітлення, викладені в ДБН В. 2. 5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»[1], суттєво різняться для офісів, коридорів, складів чи навчальних аудиторій.

Це визначення цільового рівня освітленості та пріоритетні зони для моніторингу.

Сучасні наукові обліки забезпечують дослідження про розмір, розмірність вікон та інші аспекти природного освітлення.

1. Датчики повинні коректно реагувати на зміни інтенсивності денного світла в різні пори року.

2. Конфігурація системи штучного освітлення. Розташування та тип світильників (спрямовані, розсіяні), їх фотометричні характеристики, потужність та поділ на групу з можливістю незалежного регулювання яскравості повідомлення, як система може компенсувати нестачу природного світла.

3. Архітектурні та інтер'єрні особливості. Висота стелі, геометрія приміщення, а також кольори та фактури поверхонь (що виконують їх коефіцієнти відбитка) впливають на розподіл світла. Також необхідно забезпечити розташування високих меблів (шафи, стелажі) та інших об'єктів, які можуть створювати постійно закриті зони.

4. Розташування зони активності. Вимірювання освітленості має проводитися в місцях, де це критично для виконання візуальних завдань (наприклад, над робочими столами, складними постами), а не в маловикористовуваних або прохідних зонах.

Практичні рекомендації для прийому різного типу Офісні приміщення відкритого типу (Open-Space).

Завдання: Використувати широку площу з різними рівнями освітлення.

Приміщення обов'язково ділиться на периметральні та внутрішні зони. Кожна зона, яка відповідає окремій групі керованих світильників, повинна мати свій датчик. Датчики в периметральних зонах встановлюються на стелі, орієнтовані на робочі поверхні, а не на вікно. У внутрішніх зонах датчики розміщуються в центрах груп світильників, якими вони керують, уникаючи безпосереднього засвічення.

Індивідуальні кабінети та малі офіси.

Завдання: Локальне керування освітленням з урахуванням одного основного робочого місця.

Рішення: Достатньо просто одного датчика, розташованого на стелі. Його розміщувати не по геометричному центру кімнати, а ближче до робочої зони (столу), але не прямо над нею, слід уникнути затінення датчика людиною. Оптимальне місце знаходиться між вікном і робочим столом, дещо змістилося від центрального вікна.

Освітлення аудиторій та заняття.

Завдання: Створення різних умов освітлення для навчання.

– Зона 1 (зона дошки): Потрібно контроль -горизонтальне освітлення, яке є критичною для читабельності. Рекомендується або здійснювати керівництво вчителем, або використовувати унікальний детектор, орієнтований на дошку.

– Зона 2 (площа зібрання студентів): Застосовується типове розташування стельових детекторів. Лінії збору, близьких до вікон та ліній біля внутрішньої стіни, повинні знаходитися в окремих областях управління, кожна з його детектором, для ефективного використання природного світла.

Коридори та сходи

Завдання: щоб забезпечити безпеку в коридорах.

Датчики розміщуються на стелі, в центрі між світильниками. У місцях, де люди рухаються навколо, легкі детектори добре працюють з детекторами руху.

Системна логіка: Ілюмінація має повну енергію лише тоді, коли детектор руху підтверджує, що хтось там, і детектор вказує на те, що світла не достатньо. В інший час світло можна відрізнити або діяти в наступному режимі (10–20% яскравості).

Промислові та склади

Завдання: забезпечити освітлення у високих кімнатах з конкретними перешкодами (полки, обладнання).

Датчики розташовані в проходах між полицями та над робочими зонами. Через велику висоту виберіть датчики з відповідними лінзами. Важливо зменшити вплив пилу та бруду на чутливість датчика, використовуючи моделі із захисними кожухами (клас IP) та плануючи їх регулярне обслуговування.

Введення в експлуатацію систем роботи та калібрування.

Після налаштування детекторів та вогнів необхідна фаза активації є важливою. Без нього система, навіть бездоганно, несправно працює і пропонує або комфорт, або заощадження.

Цей процес містить такі кроки: Оцінка стандартних орієнтирів.

Використовуючи розпізнаний кишеньковий лічильник світла, регулюйте світлові показання на робочих областях (на висоті 0,85 м) для кожного розділу.

"Ніч": за умов недостатньої природної освіти з виділеними штучними джерелами.

"День": У світлі ми отримуємо зі 100% природним світлом.

Встановлення поріг цілей (конфігурації). Програма управління зоною встановлює бажану яскравість (цільовий рівень), яку система має на меті підтримувати (наприклад, 500 люкс в офісі). Система калібрується таким

чином, що його внутрішній датчик відповідає цілі, досягнутої на реальній робочій поверхні під час нічного випробування.

Динамічна експертиза реагування. Він перевіряється, якщо система реагує помітно і достатньо до варіацій світла.

- «Мерехтіння» : трапляється, коли система не випускає пам'ять, яка більше не потрібна.

- «полювання» : постійні невеликі коливання яскравості навколо цільової цінності.

- Ці проблеми вирішуються за допомогою коду шляхом додавання пауз (як правило, 30-60 секунд) та областей толерантності (наприклад, $\pm 10\%$ параметрів) до системи управління.[7]

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ–

3.1 Обґрунтування вибору складових системи

Комп'ютеризована система освітлення в приміщенні повинна виконувати такі функції:

- Переконайтесь, що система увімкнена і вимкнена.
- Щоб оцінити яскравість всередині та регулювати її;
- Покажіть інформацію про монітор.
- Поставте входи з детектора та показують результати;
- Якщо є серйозне брак або занадто багато світла, увімкніть сповіщення про шум.
- Робота з мережі джерела живлення (електроенергія).

Основні компоненти системи:

1. Мікроконтролер - Основний елемент управління, який отримує сигнали від датчиків та кнопок процесів вимірюваних значень, відображає результати на дисплеї та активує звукову сигналізацію за потребою.
2. Датчик світла - призначений для виправлення рівня світла в приміщенні. Детектор світла - створений для регулювання яскравості в приміщенні.
3. Клавіатура - служить для включення або вимкнення пристрою та індикаторів управління.
4. Дисплей - відображає поточні показники освітлення.

3.2 Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер – це компактний інтегральний пристрій, який включає в себе процесор, пам'ять та периферійні пристрої вводу/виводу на одному кристалі. Він призначений для виконання конкретних завдань у вбудованих системах, таких як керування електроприладами, автомобільними системами, медичним обладнанням та іншими електронними пристроями. Типовий мікроконтролер зображено на рисунку 3.1.



Рис. 3.1 Зовнішній вигляд мікроконтролера

Основні компоненти мікроконтролера включають:

- Центральний процесор (CPU): Виконує інструкції програми.
- Пам'ять: Включає оперативну пам'ять (RAM) для тимчасового зберігання даних і постійну пам'ять (ROM або флеш-пам'ять) для зберігання програми.
- Периферійні пристрої: Включають порти вводу/виводу, таймери, аналогово-цифрові перетворювачі (ADC), серійні інтерфейси та інші модулі для взаємодії з зовнішніми пристроями.

Архітектура мікроконтролера складається (рис.3.2) з наступних елементівж:

1. системи синхронізації та керування (1)
2. арифметико-логічного пристрою (2)
3. регістрів загального призначення (3)
4. пам'яті даних (4) та пам'яті програм (5)
5. портів (6)
6. функціональних пристроїв (таймерів, лічильників, широтно-імпульсних модуляторів, інтерфейсів) та регістрів їх налаштування (7)

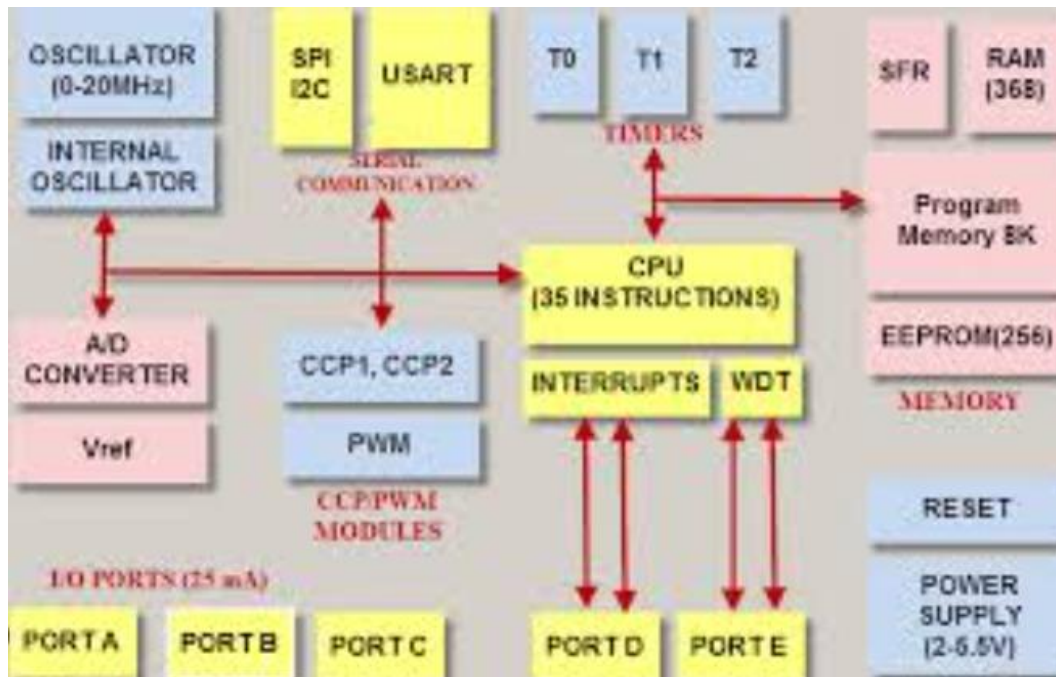


Рис. 3.2 Архітектура мікроконтролера

Мікроконтролери програмуються для виконання специфічних функцій, що робить їх незамінними в сучасних електронних пристроях

Програми для мікроконтролерів створюють за допомогою спеціальних середовищ розробки та інструментів. Основні етапи розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів включають написання коду, компіляцію, налагодження та прошивку мікроконтролера. Ось деякі з інструментів і середовищ, які використовують для створення програм:

- Інтегровані середовища розробки (IDE): Arduino UNO, Microchip MPLAB X IDE, Keil μ Vision, Atmel Studio Eclipse IDE [11]
- Мови програмування: C та C++, Assembly.
- Компілятори та збирачі: GCC (GNU Compiler Collection), IAR Embedded Workbench. [5]
- Програматори і налагоджувачі: ST-Link, AVRISP mkII, JTAG.

Враховуючі кількість виводів згідно входних та вихідних елементів, швидкодію мікроконтролера, надійність, сумісність з датчиками та дисплеєм обираємо мініатюрний мікроконтролер Arduino UNO. [4]

3.3 Обґрунтування датчика освітленості

Датчик освітленості — це електронний елемент, що дозволяє визначати рівень інтенсивності світлового потоку в навколишньому середовищі. Подібні сенсори широко застосовуються в різних сферах, зокрема в автоматичних системах освітлення, мобільних пристроях для регулювання яскравості дисплея, охоронних системах, цифрових камерах та іншій електроніці.

Найбільш поширеним видом такого сенсора є фотодатчик, або фоторезистор, який змінює свій електричний опір залежно від інтенсивності освітлення. Приклад типового датчика освітленості наведено на рис. 3.3.



Рис. 3.3 Зовнішній вигляд датчика освітленості

Основні типи датчиків освітленості:

1.Фоторезистори (LDR – Light Dependent Resistor). Це елементи, опір яких змінюється залежно від інтенсивності падаючого світла: чим яскравіше освітлення, тим нижчий опір. Фоторезистори прості у використанні та підходять для базових застосувань, таких як автоматичне ввімкнення освітлення.

2.Фотодіоди. Ці сенсори виробляють електричний струм, пропорційний до кількості світла, що на них падає. Вони відзначаються швидкою реакцією на

зміну освітлення, тому часто застосовуються в прецизійних вимірювальних системах.

3.Фототранзистори. Працюють подібно до фотодіодів, але містять вбудоване підсилення сигналу, що робить їх чутливішими до змін рівня освітлення. Завдяки цьому їх часто використовують у системах, де потрібна висока чутливість.

4.Цифрові датчики освітленості. Оснащені інтегральними схемами, що вимірюють інтенсивність світла і видають результат у вигляді цифрового сигналу. Такі датчики зазвичай мають високу точність, автоматичну калібровку та стабільність показників. Прикладами є TSL2561.

3.4 Вибір дисплею

Для виводу інформації виміряних даних освітленості потрібно засіб для відображення інформації.

Засоби відображення інформації в електроніці є важливою складовою сучасних пристроїв. Ось основні з них

1.Рідкокристалічні дисплеї (LCD). Широко застосовуються в телевізорах, комп'ютерних моніторах, мобільних пристроях та іншій електроніці. Принцип роботи ґрунтується на здатності рідких кристалів змінювати прозорість під впливом електричного струму.

2.Світлодіодні дисплеї (LED). Використовують світлодіоди для підсвічування зображення, що забезпечує високу яскравість, енергоефективність і тривалий термін служби. Такі дисплеї знаходять застосування в екранах телевізорів, панелях інформаційних табло та ін.

3.Органічні світлодіоди (OLED). Створюють зображення за допомогою органічних речовин, що світяться при пропусканні через них електричного струму. OLED-дисплеї відзначаються високою контрастністю, глибокими чорними кольорами, можливістю виготовлення надтонких і гнучких панелей.

4.Дисплеї на основі електронного чорнила (E-ink). Зазвичай використовуються в електронних книгах. Вони імітують вигляд друкованого

тексту на папері, що значно знижує навантаження на очі та забезпечує дуже низьке енергоспоживання.

5.Вакуумно-люмінесцентні дисплеї (VFD). У минулому були популярні в побутовій техніці (аудіосистеми, DVD-програвачі) та автомобілях. Дають яскраве й контрастне зображення, але споживають багато енергії.

6.Плазмові дисплеї. Використовують плазмові осередки, які світяться під дією електричного струму. Забезпечують високу якість зображення, проте мають значне енергоспоживання та вагу, що обмежує їх сучасне використання.

3.5 Структурна схема

Освітленість - важливий фактор виробничого та навколишнього середовища. Рациональне освітлення приміщення та робочих місць - один з найважливіших елементів сприятливих умов праці. При правильному висвітленні підвищується продуктивність праці, покращуються умови безпеки, знижується стомлюваність. Успішне виконання робочих операцій вимагає від нього додаткових зусиль та великої зорової напруги. Неправильне та недостатнє освітлення може призвести до небезпечних ситуацій.

Для вимірювання освітленості виробничих приміщень в Україні застосовується, зокрема, ДСТУ EN 12464-1:2016 [1]. Рівень освітленості – це поверхнева густина світлового потоку, що падає на майданчик заданої величини. Вимірюють її у люксах (лк). Люксметри – це прилади для вимірювання освітленості в приміщеннях різного призначення, на робочих місцях, а також на відкритому просторі. Це складна система, до складу якої входить фотодіод, підсилювач сигналу з фотодіода, аналогово-цифровий перетворювач, а також косинусна насадка та світлові фільтри. Працює люксметр на явищі внутрішнього фотоелектричного ефекту. Це процес виникнення електропровідності в напівпровідниках під дією електромагнітного випромінювання (на відміну від зовнішнього фотоефекту, коли відбувається емісія електронів під дією світла). Коли

світловий потік потрапляє на напівпровідниковий фотоелемент, відбувається вивільнення електронів в об'ємі напівпровідника і як наслідок – через фотоелемент проходить електричний струм. Причому сила цього струму прямо пропорційна інтенсивності світла, тобто освітленості фотоелемента, а кінетична енергія фотоелектронів прямо пропорційна частоті світла. Такі прості математичні залежності дозволяють виразити величину освітленості кількісно

Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи рівня освітленості приміщень наведена на рис. 1. Дана система повинна мати такі можливості: збір даних датчиками про рівень освітленості у приміщеннях; передача даних програмному додатку; аналіз отриманих даних.

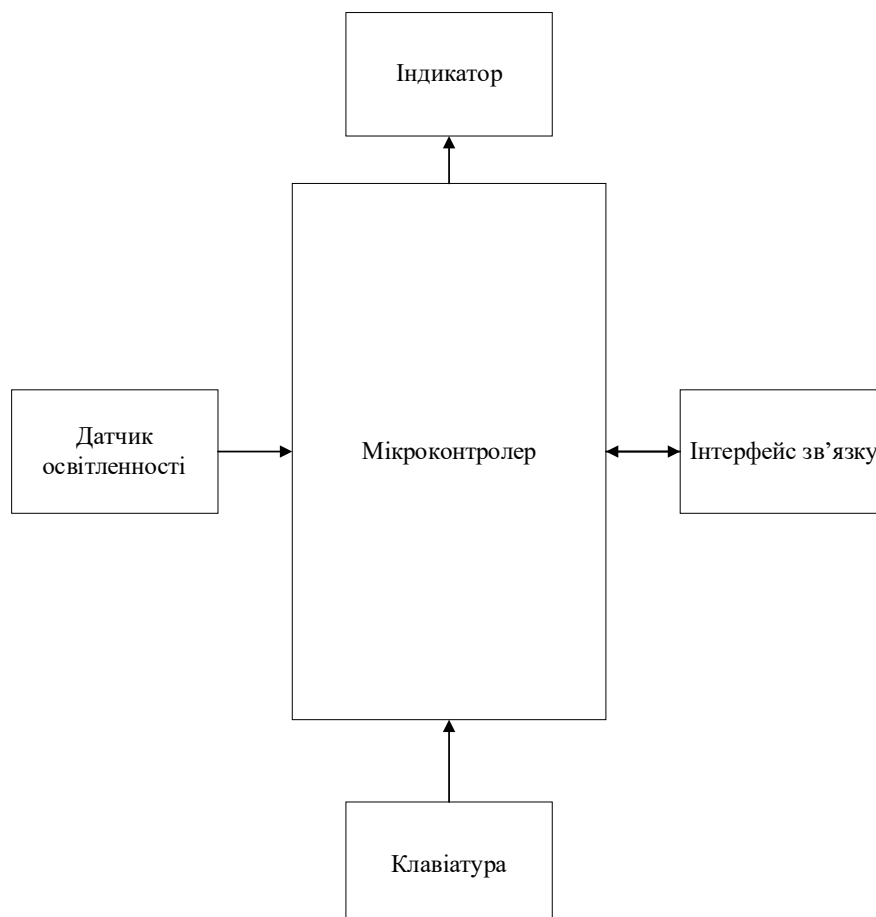


Рис. 3.4 Структурна схема системи вимірювання та контролю освітленості

Інформація з датчика освітленості надходить на мікроконтролер, який є центральною та основною частиною системи. Мікроконтролер виконує обробку інформації від датчика. Для відображення інформації застосовується індикатор, що безпосередньо підключається до мікроконтролера. Режим роботи задаються з клавіатури. Через інтерфейс зв'язку дані вимірів передаються у комп'ютер.

3.6 Обґрунтування та порівняльний аналіз вибору компонентної бази

Вибір основної комп'ютерної системи та аксесуарів - це основна інженерна робота, яка спрямована на лише базове використання, а також методи просування проекту, витрат та труднощів щодо його налаштування. У цьому розділі уважно розглядається вибір основних частин системи та його судили з відповідними варіантами.

Аналіз вибору платформи мікроконтролерів Основним компонентом будь-якої інтегрованої установки є мікроконтролер. Його вибір визначається потребами в силі обробки, ємності зберігання, діапазону зовнішніх з'єднань та середовищем для створення програмного забезпечення. Для цього завдання було оцінено три основні типи бази.

1. Arduino Uno платформа (вибраний варіант) Він має 14 цифрових вхідних/вихідних штифтів (з яких 6 можна використовувати як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, 2 ШІМ виходи, 16 -МГц -кварцовий кристалічний осцилятор, USB -з'єднання, гніздо живлення та кнопка скидання, яку він функціонує на 16 МГц, включає 32 кб спалах для програмного забезпечення, 2 кб.

Переваги:

Легкий та зручний для користувачів: Arduino служить загальним орієнтиром для навчальних завдань та швидкого розвитку. Наявність інтегрованого адаптера USB-UART дозволяє налаштувати та налаштувати заряд лише одним USB-кабелем, не потребуючи зовнішнього програміста.

-Велика колекція доступних бібліотек для різних датчиків, екранів та компонентів.

Блок живлення: Робота над стандартною напругою 5В сприяє інтеграції з більш розширеними модулями, які також розроблені для логіки 5В.

Недоліки:

Обмежена продуктивність: Для деяких складних завдань, які потребують обробки великих діапазонів даних, виконання математичних розрахунків з плаваючою комою або робота з декількома потоками, 8-розрядний процесор може мати недостатню потужність.

– Велика кількість пам'яті: 16 ГБ оперативної пам'яті (DRAM) необхідна для одночасно запуску декількох додатків, таких як веб -браузер, текстовий процесор та музичний плеєр.

Причина вибору: Для цього завдання - звичайний збір даних від цифрового датчика та показує його на невеликому екрані - швидкість та ємність пам'яті Arduino UNO. На ранньому етапі проектування процес швидкого створення та прямого усунення несправностей були ключовими, і ці функції Arduino UNO роблять його видатним вибором.

Для даного проєкту обчислювальних ресурсів Arduino UNO цілком достатньо, оскільки задачі вимірювання освітленості не вимагають складної обробки даних або багатозадачності. У випадку масштабування або введення онлайн-моніторингу доцільно буде перейти на ESP32

2. Пристрої, що використовують мікроконтролери ESP32 або ESP8266.

Вони засновані на ядрі ARM Cortex-M3, що є 32-бітним процесором RISC. Вони функціонують із значно більшою швидкістю часу (до 240 мільйонів циклів в секунду для ESP32), включають на дві тисячі байт пам'яті та більшість комбінованих бездротових модулів Інтернету та з'єднання.

Переваги:

–Низька потужність: ідеально підходить для вбудованих систем, мобільних пристроїв та пристроїв, що працюють на акумуляції.

–Бездротові інтерфейси: Дозвольте пристрою підключатися до Інтернету, отримувати доступ до Інтернет -ресурсів та спілкуватися з іншими пристроями.

Недоліки:

Напруга в приміщенні 5В: Немає необхідності перетворювачів рівня, але уважна увага повинна приділяти стабільності живлення.

–Споживання енергії, особливості в активному Wi-Fi. Причина відмови: у цьому завдання не вистачає необхідної передачі бездротового сигналу. Використання ESP32 без потреби ускладнить план і надула витрати прототипу. Тим не менш, ESP32 являє собою логічну прогресу для еволюції проекту, якщо потрібен нагляд за віддаленою освітленням.

3. Використовуючи голий мікроконтролер (наприклад, Atmega328p без плати Arduino).

Технічний опис:

Підхід передбачає розробку власної друкованої дошки, в якій розміщений сам мікроконтролер у корпусі SMD або DIP та всі необхідні "обв'язки": кварцовий резонатор для тактації, стабілізатора напруги, роз'єму програмування (ISP) тощо

Переваги:

–Максимальна компактність та мінімальна вартість серійного виробництва.

–Повний контроль над апаратною частиною, можливість оптимізації споживання енергії.

Недоліки:

Висока складність: Потрібні глибокі знання в галузі схеми, проектування друкованих дощок та програмування низького рівня.

–Спеціальна підтримка: Замінні відхилення: Цей метод цілком неможливий на початковому етапі розвитку, оскільки його основна мета-перевірити ідею та міркування, що стоять за накладкою, а не створювати готовий ринок предмет. Це повністю видаляє переваги швидкого прогресу.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

У якості мікроконтролера був обраний мікроконтролер Arduino Uno – популярний мікроконтролер на базі ATmega328P, який має такі характеристики що представлений на рис.4.1. Розташування виводів представлено на рис.4.2.[5]

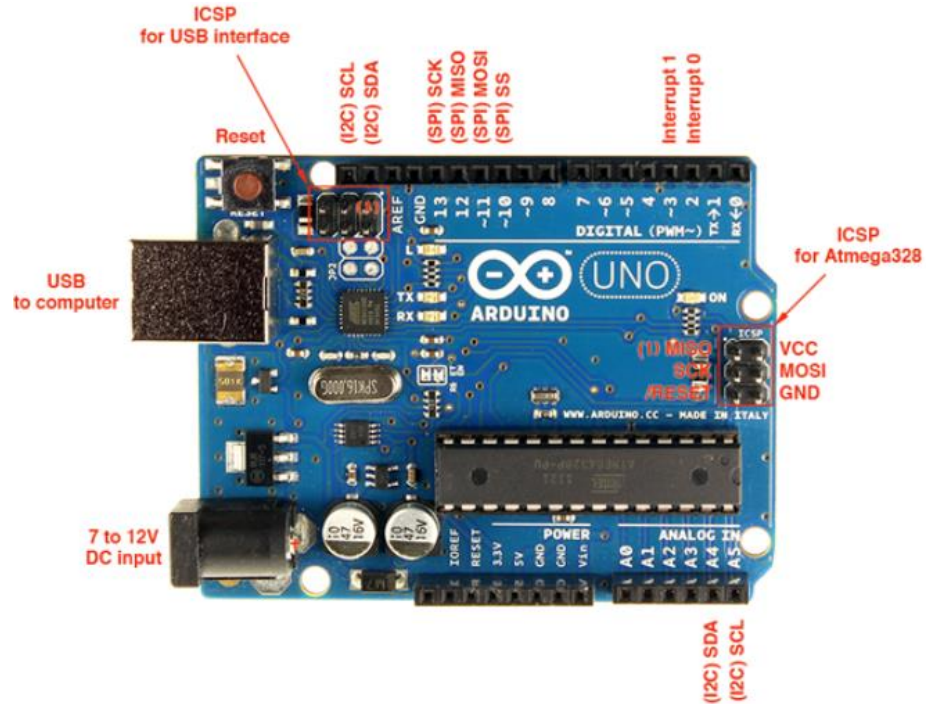


Рис. 4.1 Зовнішній вигляд Arduino UNO

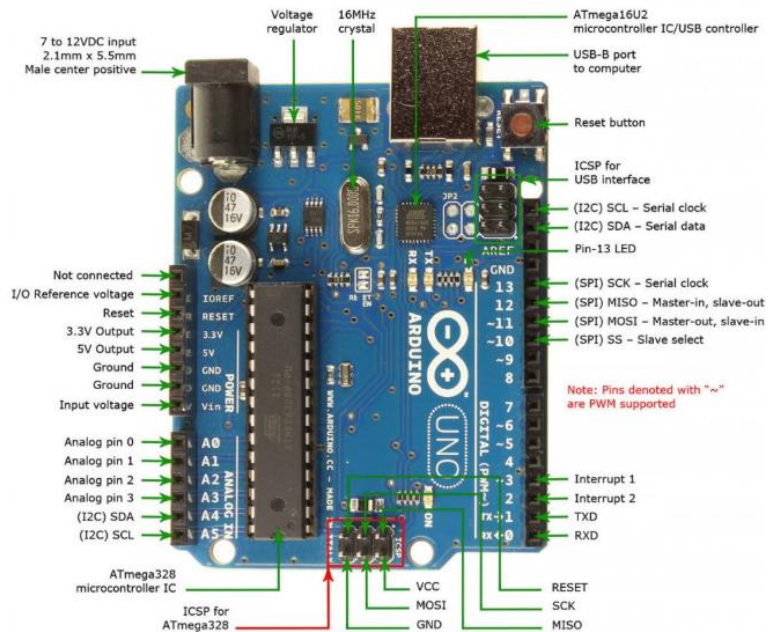


Рис. 4.2 Розташування виводів Arduino UNO

Технічні характеристики мікроконтролера Arduino UNO:

- Мікроконтролер: ATmega328P;
- Робоча напруга: 5 В;
- Вхідна напруга (рекомендована): від 7 В до 12 В;
- Вхідна напруга (межі): 6 – 20 В;
- Цифрові входи/виходи (I/O): 14 пінів, з них 6 підтримують ШІМ (PWM);
- Аналогові входи: 6 пінів (A0 – A5);
- Максимальний струм на вихід/вхід піну: 40 мА;
- Флеш-пам'ять: 32 КБ, з яких 0,5 КБ зайнято завантажувачем (bootloader);
- ОЗП (SRAM): 2 КБ;
- Постійна пам'ять (EEPROM): 1 КБ;
- Тактова частота: 16 МГц;
- Інтерфейси:
 - UART (послідовний порт),
 - SPI (порти D10–D13),
 - I2C (SDA – A4, SCL – A5);
- Роз'єм живлення: штекер “барель” або USB-B;
- Порт USB: для програмування та живлення;
- Світлодіоди: індикатор живлення (ON), індикатор підключення (TX/RX), програмований LED на піні D13;
- Габарити плати: $68,6 \times 53,4$ мм;
- Вага: приблизно 25 г.

4.2 Вибір датчика освітлення

У якості сенсора освітленості було обрано датчик BH1750 японської компанії Rohm Semiconductor.[6]

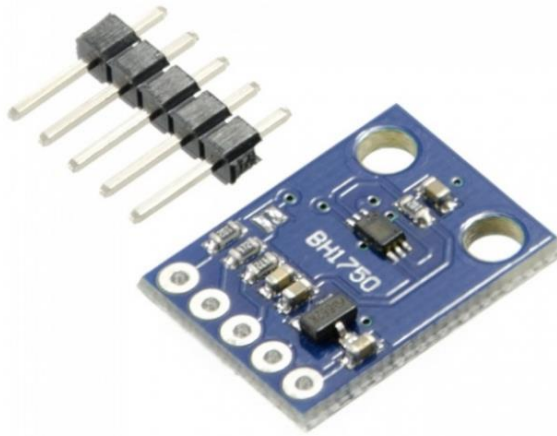


Рис. 4.3 Зовнішній вигляд датчика освітленості BH1750

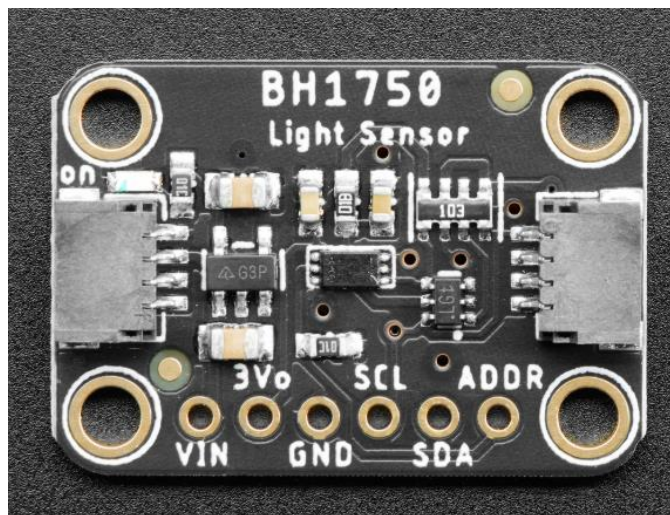


Рис. 4.4 Розташування виводів датчика освітленості BH1750

Технічні характеристики датчика освітленості BH1750:

- Тип сенсора: Цифровий фотометр (освітленості);– Інтерфейс: I2C;
- Діапазон вимірювання: від 0,025 люкс до 104 448 люкс;
- Напруга живлення: 3 – 5 В;
- Споживаний струм: приблизно 0,65 мкА у режимі вимірювання;
- Інтерфейс зв'язку: I2C (двопровідний серійний інтерфейс);
- Дозвіл (роздільна здатність): від 0,045 лк до 188 000 лк залежно від режиму;
- Динамічний діапазон: 22 біти;
- Робочий температурний діапазон: від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;

- Габарити: 10×13 мм;
- Адреса I2C: 0x23 або 0x5C (залежно від підключення піну ADD);
- Висока точність і стабільність показів при змінному освітленні.

4.3 Вибір дисплея

LCD дисплей 16x2 з інтерфейсом I2C – рідкокристалічний дисплей, що дозволяє відображати 2 рядки по 16 символів. [6]

LCD дисплей 16x2 з інтерфейсом I2C є оптимальним варіантом для використання в мікроконтролерних системах, оскільки потребує лише два пінів для підключення, що дозволяє заощадити виводи на платі Arduino. Він простий у підключенні та програмуванні завдяки наявності відповідних бібліотек, має низьке енергоспоживання, достатню кількість символів для виводу основної інформації, сумісний з 5В логікою Arduino та є доступним за ціною. Порівняно з іншими дисплеями, такими як TFT чи OLED, він забезпечує найкраще співвідношення простоти, функціональності та ресурсоемності.



Рис. 4.5. Зовнішній вигляд дисплею LCD дисплей 16x2 з інтерфейсом I2C

Технічні характеристики LCD-дисплея 16x2 з інтерфейсом I2C:

- Тип дисплея: Рідкокристалічний (LCD), 16 символів × 2 рядки;
- Контролер: PCF8574 або аналогічний (для I2C);
- Інтерфейс зв'язку: I2C (2 пінів: SDA, SCL);
- Напруга живлення: 5 В (деякі модулі можуть працювати і від 3.3 В);
- Споживання струму: ~1 мА при підсвічуванні;
- Адреса I2C: найчастіше 0x27 або 0x3F;
- Колір символів: зазвичай білі символи на синьому фоні (можливі інші варіанти);
- Регулювання контрастності: за допомогою потенціометра на платі;
- Наявність підсвітки: так;
- Робоча температура: від 0°C до +50°C;
- Габарити модуля: приблизно 80 × 36 × 18 мм.

4.4 Розробка принципової схеми

Принципова схема — це технічне зображення, яке відображає електричні зв'язки між компонентами пристрою за допомогою умовних графічних позначень. Вона дає змогу інженерам і технічним фахівцям зрозуміти принцип роботи пристрою, а також використовується під час його проєктування, виготовлення та технічного обслуговування. У такій схемі зазвичай зображають резистори, конденсатори, транзистори, мікросхеми, а також провідники, що демонструють з'єднання між ними. Компоненти супроводжуються позначеннями, які вказують на їхні функції, характеристики, напруги та струми в різних частинах схеми.

Враховуючи вибрані елементи, їх технічні параметри, опис, а також розроблену структурну схему, побудовано принципову схему системи освітленості, що зображена на рис. 4.6.

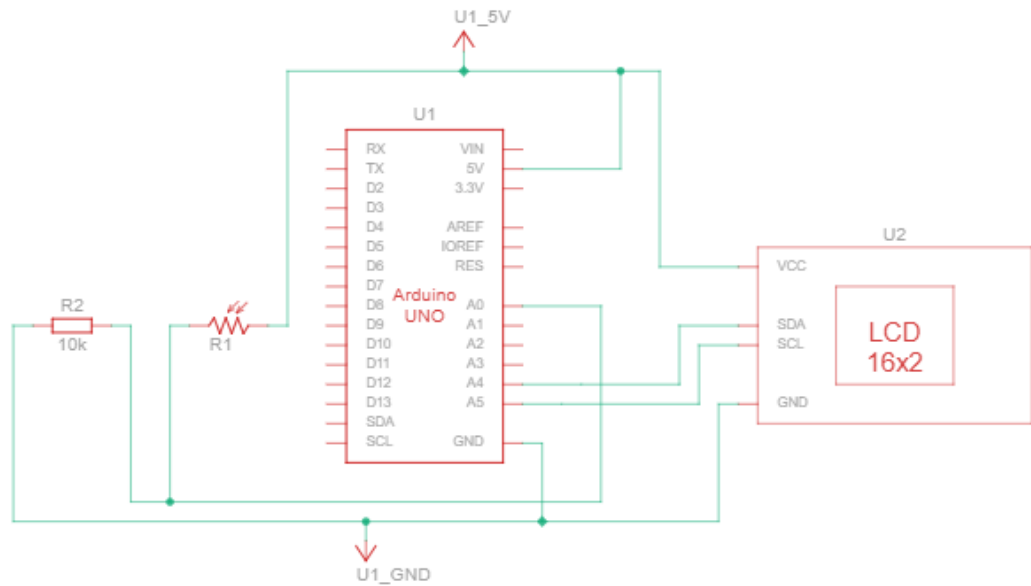


Рис. 4.6 Принципова схема системи контролю освітленості

Складові системи на схемі наступні:

1. Мікроконтролер Arduino UNO;
2. Датчик освітленості;
3. Дисплей LCD 16x2 I2C ;
4. Резистор

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Алгоритм програми

Розширений опис алгоритму представлений нижче:

- 1.Початок: Запускається програма або скрипт для виконання алгоритму.
- 2.Підключення бібліотек: Імпортуються необхідні бібліотеки для використання в програмі, наприклад, для зчитування даних з датчика освітленості чи виводу інформації на дисплей.
- 3.Ініціалізація даних: Здійснюється ініціалізація змінних або структур даних, потрібних для зберігання вимірюваних даних та проміжних результатів обробки.
- 4.Встановлення констант і змінних: Визначаються константи, які задають параметри алгоритму, такі як інтервал часу між зчитуваннями даних (0,8 секунди), максимальне значення освітленості та інші налаштування.
- 5.Включення системи. Виконується ручне включення кнопки і система починає працювати.
- 6.Вимірювання освітленості: Виконується зчитування значення освітленості з відповідного датчика або джерела. Це здійснюється шляхом виклику відповідної функції або методу, наданого бібліотекою.
- 7.Зчитування даних кожні 0,8 секунди: Починається цикл, який повторює певні дії з заданим інтервалом часу (0,8 секунди), забезпечуючи зчитування даних про освітленість кожні 0,8 секунди. 7.Обробка вимірюваних даних: Отримані дані про освітленість обробляються або аналізуються. Цей етап може включати фільтрацію шумів, обчислення середніх значень, порівняння з попередніми вимірюваннями або будь-які інші операції залежно від вимог програми.

8. Виведення даних на дисплей: Після обробки вимірних даних результати виводяться на дисплей або інший візуальний пристрій для відображення користувачеві.

9. Перевірка на критичне значення освітленості. Якщо освітленість більше 200 люкс, то програма знову чекає 8 секунд та продовжує опитування. Інакше спрацьовує звукове оповіщення.

10. Перевірка чи натиснута кнопка на вимкнення системи. Якщо натиснута, програма закінчує свою роботу. Якщо не натиснута, програма продовжує свій цикл та повторює опитування кожні 8 секунд.

Алгоритм роботи системи зображений на рисунку 5.1.

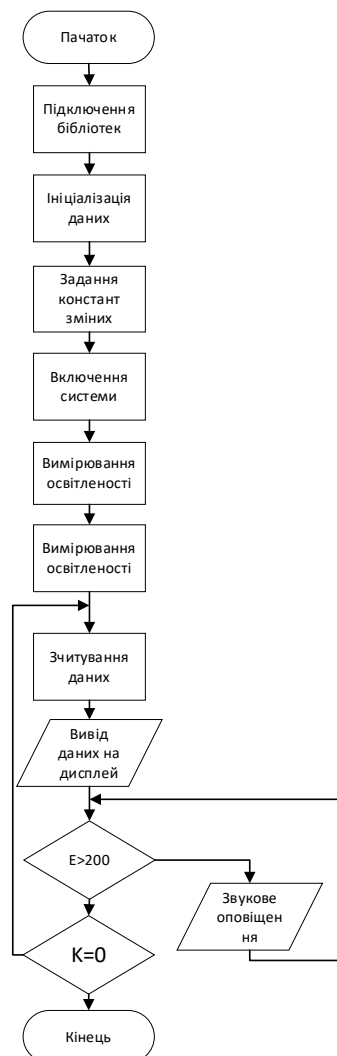


Рис. 5.1 Блок-схема алгоритму роботи програми

5.2 Розробка програми

Arduino Uno найчастіше програмується мовою C/C++ з використанням середовища Arduino IDE, яке є зручним, відкритим і спеціально адаптованим для роботи з мікроконтролерами серії AVR (ATmega328P).

Основні мови програмування для Arduino Uno:

C/C++ — основна мова розробки. Arduino IDE базується на C++, але з додатковими бібліотеками та спрощеним синтаксисом.

Assembler (Асемблер) — може використовуватись через AVR Studio чи PlatformIO, але рідко застосовується через складність та потребу низькорівневого доступу до регістрів.

MicroPython або інші інтерпретовані мови на сторонніх платах — не підтримується Arduino Uno через обмежені ресурси пам'яті.

Для реалізації даної системи оберемо мову C/C++ у середовищі Arduino IDE, оскільки вона забезпечує достатню ефективність, простоту розробки, доступ до широкої бази бібліотек та активну спільноту.

Інструменти розробки

Arduino IDE — офіційне середовище розробки, що включає редактор коду, компілятор і засоби завантаження прошивки через USB.

AVR-GCC — компілятор, який використовується Arduino IDE для перетворення коду в машинний.

Serial Monitor / Plotter — інструменти для виведення результатів через UART.

Загальний опис роботи програми

Програма для Arduino Uno, написана мовою C++, реалізує вимірювання рівня освітленості за допомогою датчика MAX44007, який підключений через інтерфейс I2C, та вивід результату на LCD-дисплей (128×32). В разі

перевищення певного порогу рівня освітленості вмикається сигналізація (п'єзо-динамік).

Апаратна сумісність

Дана програма сумісна з будь-якою платою на базі ATmega328P, такою як Arduino Uno, Nano, або Pro Mini. Підключення датчика MAX44007 можливе через стандартний інтерфейс I2C (A4 — SDA, A5 — SCL). П'єзо-динамік підключається до будь-якого цифрового виходу.

Програма наведена в Додатку Г

6. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ

6.1 Збирання прототипу на макетній платі

Замість виготовлення друкованої плати, для побудови прототипу системи вимірювання освітленості було використано макетну плату (breadboard), що дозволяє швидко зібрати схему без пайки та легко вносити зміни в апаратну частину.

Система зібрана на основі Arduino Uno, що значно спрощує процес розробки і програмування завдяки великій спільноті, наявності бібліотек та простому середовищу розробки Arduino IDE.

До плати Arduino підключено:

Датчик освіти BH1750: цифровий датчик, що вимірює освітленість у люксах. Підключений через інтерфейс I²C (Inter-Integrated Circuit), використовуючи стандартні пini A4 (SDA – лінія даних) та A5 (SCL – лінія тактування). Використання шини I²C є перевагою, оскільки дозволяє підключати декілька пристроїв на дві лінії, що економить пini мікроконтролера.

LCD-дисплей 0.96" (128x64): для візуалізації даних, побудований на контролері SSD1306. Він також підключений через той самий інтерфейс I²C, що й датчик освітлення. LCD-технологія забезпечує високу контрастність, широкі кути огляду та низьке енергоспоживання, кількість пікселів, які не свіяться, не споживають енергію.

Резервне живлення: система може житися як від USB-порт комп'ютера, під час розробки та налагодження, так і від зовнішнього джерела 5V (наприклад, адаптера або портативного акумулятора) для автономної роботи.

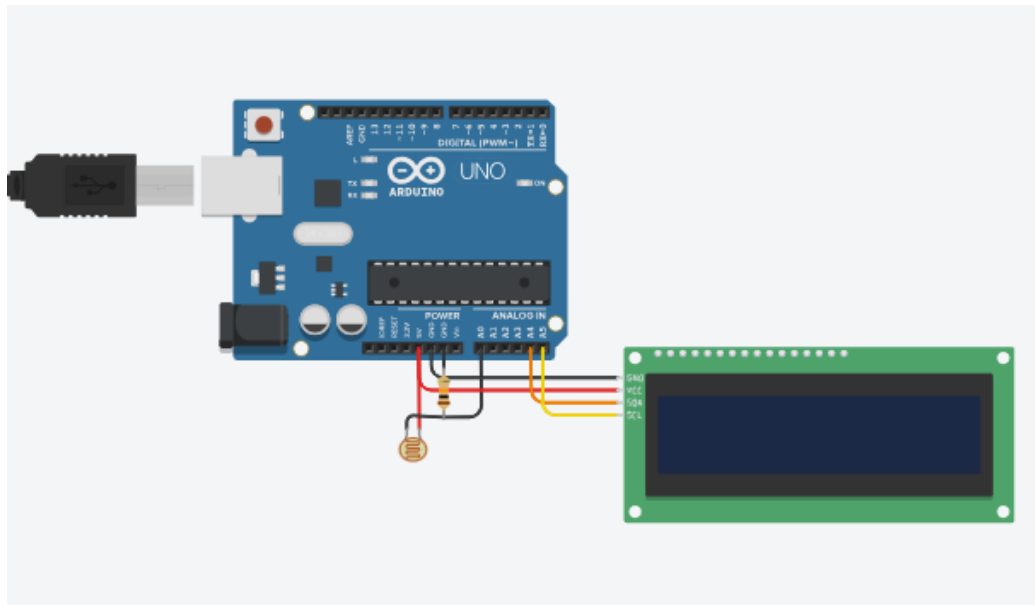


Рис. 6 Вигляд зібраного макету

Обґрунтування вибору макетного збирання:

Значне скорочення часу розробки. Відсутність потреби у виробництві друкованої плати включає такі етапи, як проектування плати в САПР, травлення, свердління та паяння компонентів. Це дозволяє скоротити час від ідеї до робочого прототипу від тижнів до кількох годин.

Гнучкість та варіативність. Застосування Arduino Uno та макетної плати дозволяє оперативно вносити зміни як у програмний код, так і в апаратну конфігурацію. Можна легко замінити компонент, змінити контактний підключення або додати новий модуль без необхідності переробити всю систему. Це особливо важливо в ітераційному процесі розробки, де постійно відбувається тестування та вдосконалення.

Зниження ризиків та вартості. Створення прототипу на макетній платі є економічно вигідним. Вартість компонентів та макетної плати значно нижча за виготовлення навіть однієї друкованої плати. Крім того, такий підхід дозволяє перевірити концепцію (Доказ концепції), виявити та виправити деякі помилки в схемі чи логіці до переходу на більш дорогі етапи виробництва.

Ідеальне середовище для навчання та демонстрації. Такий підхід є надзвичайно зручним не лише для прототипу, а й для навчання та наочної

демонстрації працездатності системи. Прозорість з'єднань дозволяє легко відстежити логічну схему та продемонструвати роботу кожного вузла окремо.

Перспективи подальшого розвитку. Після завершення розробки та повного налагодження програмно-апаратної частини, за бажанням можна створити компактну друковану плату. Зібраний макет слугуватиме як перевірена та робоча референсна модель для її проектування. Однак на етапі дипломного проекту створення фінальної плати не є обов'язковим, після головної програми є демонстрація функціональності та досягнення поставлених завдань.

6.2 Практичні аспекти та ризики створення

Процес створення прототипу на безпайковій макетній платі, хоча і значно прискорює розробку, має свої особливості та деякі проблеми. Розуміння цих ризиків та застосування правильних інженерних практик дозволяє уникнути багатьох годин безрезультатного пошуку помилок.

Проблема надійності механічних з'єднань найбільш розширеним джерелом помилок при роботі з макетними платами є поганий або відсутній електричний контакт.

Причини:

–Знос платі: Використання регуляторних контактів в залежності від температури може призвести до потеплювання контактів, що в свою чергу впливає на їх житло.

–Використання компонентів з недостатньою якістю: Використання компонентів з недостатньою якістю може призвести до попередньої прояви проблеми ("плаваючі" помилки):

–Пристрій працює нестабільно: то вмикається, то ні.

–Показання датчика хаотично змінюються або зникають.

–При легкому дотику до плати або проводів система поведінки змінюється.

–Дисплей може показати "зміття" або повністю гаснути.

Методи попередження та діагностики:

Використання якісних матеріалів: Перевагу слід надавати новим макетним платам та джамперам з літими наконечниками. Використовуючи візуальну та тактильну перевірку, дослідити, чи всі розміри зафіксування на відворі є достатніми.

Метод "продзвонювання": У випадку з поганим контактом можна використовувати мультиметр у режимі цілісності кола ("продзвонки") для перевірки з'єднання між нижньою компонентою та відповідним піном мікроконтролера.

Електричні шуми та стабільність живлення. При прототипі на макетній платі проводяться довгі з'єднувальні панелі петлі, які діють як антени, вловлюючи електромагнітні перешкоди від освітлювальних приладів, мобільних телефонів та інших джерел. Крім того, при одночасному перемиканні багатьох логічних елементів (наприклад, при оновленні дисплею екрана) виникають короткочасні сплески споживання струму, що призводить до просування напруги живлення.

Наслідки:

–Збої мікроконтролера: Може призвести до спонукання зависаний процес.

–Помилки даних: Некоректні значення, що зчитуються з датчика.
Інженерні практики для мінімізації ризиків:

–Оптимізація тривалості проводів: Використовувати якомога коротші з'єднувальні провідники, особливо для ліній передачі даних (SDA, SCL) та ліній живлення.

–Використання блокувальних конденсаторів: Це є обов'язковою практикою в професійній схемотехніці. Невеликий керамічний конденсатор (номіналом 0,1 мкФ або 100 нФ) встановлюється фізично якомога ближче до виводів живлення (VCC та GND) кожного активного модуля (датчика,

дисплея, мікроконтролера). Цей конденсатор діє як мініатюрний локальний акумулятор, збільшуючи високочастотні пульсації напруги та забезпечуючи стабільне живлення для мікросхем.

Логічний підхід до налагодження (дебагінгу). Ефективне та систематичне налагодження — це навичка, яка дозволяє з економити величезну кількість часу та нервів. Хаотична зміна коду чи перепідключення проводів навмання слабо дає позитивний результат.

Інкрементальний (поетапний) підхід: Замість того, щоб зібрати всю схему відразу і написати весь код, проект реалізувався покроково.

Крок 1: "Привіт, світ. " для дисплея. Спочатку до Arduino був підключений лише LCD-дисплей. Основний екземпляр (ілюстрація з колекції Adafruit) була отримана, показуючи пробне повідомлення на дисплеї. Це дозволило перевірити якість, належне зв'язок та точне налаштування компонентів програмного забезпечення.

Крок 2: Перевірте датчик за допомогою серійного монітора. Далі екран був відключений, а датчик ВН1750 був прикріплений до дошки. Було створено короткий сценарій, який взяв інформацію з пристрою та направив її на наступний комп'ютерний термінал (серійний монітор). Це дозволило перевірити продуктивність датчика незалежно від інших частин.

Крок 3: Поєднання. Після того, як кожна частина була індивідуально перевірена, вони були прикріплені до ланцюга одночасно, а інструкції з програмування були об'єднані для виконання кінцевих міркувань. Використання I2C: Унікальний інструмент - перевірка I2C використовується перед налаштуванням первинної схеми.

Це короткий сценарій (~ 15 рядків коду), який вибирає всі функції адреси шини I2C (від 0 до 127) і показує адреси тих пристроїв, які відповіли наВажливість пристрою: Використання сканера є основним методом для перевірки апаратного компонента: якщо з'єднання SDA/SCL є недоторканими, якщо модуль отримує живлення, і якщо у вирішенні є конфлікт. Якщо сканер має гаджети на адресах 0x23 та 0x3c, дуже ймовірно,

що обладнання налаштовано належним чином, і воно може перейти до кодування основної програми.

7. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ

Створюючи цифрову систему за допомогою Arduino Uno з детектором світла, ми зосередилися на її надійності, щоб гарантувати послідовний та витривалий гаджет. Для цієї роботи були обрані хороші електронні деталі, було дотримувалося правильного налаштування, а також постачалася стійка та надійна електроенергія. Все це знижує шанс на провал системи протягом тривалого періоду. [3]

Налаштування побудовано з деталями, які можна легко поміняти, як датчик або екран, не розбираючи всю справу. Програма для мікроконтролера також проста для модифікації простої завантаження прошивки за допомогою USB-з'єднання. Це значно спрощує утримання і дозволяє швидко омолодити гаджет, якщо виникають проблеми.

Оскільки кожна частина встановлена на плані, фіксація та заміни поодиноких шматочків не потребують унікальних інструментів. Таке проектне рішення підвищує здатність системи виправити.

Гаджети зберігалися та переміщувались за звичними рекомендаціями - спрямовані на вологість, бруд, удари та електричні іскри, що допомогло їм зберігати свої функціональні функції, поки вони не були встановлені та почали працювати. Щоб запобігти перебоям або несправностям програми, ми створили таймер безпеки - інтегровану функцію в мікроконтролері, який автоматично скидає систему, коли вона зупиняється або несправно. Це дозволяє продовжувати працювати постійно, не потребуючи паузи. Крім того, ми запропонували простий метод управління та перевірки: показані читання, а під час тестування - також у серійному моніторі в межах IDE Arduino. Це спрощує процес перевірки проблем зі здоров'ям та виявленням системи на початку.

Умови експлуатації

- Температурний діапазон: від 0 до 45°C
- Відносна вологість: до 85% при 25°C

– Робота в умовах приміщення без впливу агресивних чинників

– Безперервна експлуатація в сталому режимі

Розрахунок інтенсивності відмов

Інтенсивність відмов визначається для кожного компоненту за формулою:

$$\lambda_i = \lambda_0 * a_1 * a_2 * \dots * a_n$$

де:

λ_{0i} — інтенсивність відмов в номінальних умовах;

$a_1 * a_2 * \dots * a_n$ — поправочні коефіцієнти (температура, вібрації, умови навколишнього середовища тощо).

Потік відмов для всієї системи розраховується як сума інтенсивностей:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_i$$

де N_i — кількість компонентів i -тої групи.

Таблиця 6.1 Розрахунок надійності

№	Компоненти	Кількість	$\lambda_0 * 10^6(\text{год}^{-1})$	Формула	Коефіцієнти	$\sum \lambda * 10^6(\text{год}^{-1})$
1	Мікроконтролер (ATmega328P)	1	3.2	$\lambda_0 * a_1 * a_2 * a_4 * a_6$	$2,1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1$	4.6
2	Дисплей LCD 16x2	1	1.53	$\lambda_0 * a_1 * a_2 * a_4 * a_6$	$2 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1$	3.6
3	Датчик освітленості (BH1750)	1	0.8	$\lambda_0 * a_1 * a_2 * a_4 * a_6$	$2,1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1$	2.8
4	Резистор	1	0.008	$\lambda_0 * a_1 * a_2$	$2,1 \cdot 0,8$	0.01344
5	Сума	4	5,538	-	-	8,01344

Ймовірність безвідмовної роботи

Ймовірність безвідмовної роботи системи протягом часу t визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

Для малих проміжків часу (коли значення λt є значно меншим за одиницю), можна використати наближену формулу: $P(t) \approx 1 - \lambda t$.

де:

λ — інтенсивність відмов ($13.399 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$),

t — час роботи в годинах.

Середній напрацювання до відмови (MTBF)

Середнє напрацювання до відмови (Mean Time Between Failures, MTBF) є ключовим показником надійності і показує середній час, який пристрій працює до першої відмови. Він є величиною, оберненою до інтенсивності відмов:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{13.399 * 10^{-6}} = \mathbf{74630} \text{ годин}$$

Це приблизно 38,6 років безперервної роботи. Отримане значення є дуже високим і про те, що при дотриманні зазначених умов використана система має високий запас надійності та здатна стабільно функціонувати протягом тривалого часу.

8. РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ОСВІТЛЕНOSTІ ПРИМІЩЕНЬ

Похибка вимірювання — це різниця між отриманим результатом і справжнім або еталонним значенням вимірюваної величини. Існує кілька основних типів похибок, які можуть впливати на точність результатів.[18]

Систематичні похибки мають сталість або повторюваність і виникають унаслідок недоліків методу вимірювання, неточності приладів або впливу зовнішніх факторів, наприклад, зміни температури, помилкового нуля чи неточної шкали.

Випадкові похибки проявляються непередбачувано при кожному новому вимірюванні навіть за однакових умов. Вони зумовлені неконтрольованими змінами у вимірювальному процесі.

Грубі похибки (промахи) виникають у результаті помилок обслуговування, порушень умов вимірювання або неуважності оператора, і зазвичай призводять до значних спотворень даних.

Методичні похибки пов'язані з обмеженнями або спрощеннями у самому методі вимірювання, наприклад, застосуванням наближених формул чи моделей.

Інструментальні похибки викликані недосконалістю вимірювальних пристроїв, такими як неточна шкала або зношеність механізмів приладу.

Щоб знизити вплив похибок, використовують калібрування та градування приладів, усунення або корекцію систематичних відхилень, повторні або диференційні вимірювання, а також статистичну обробку результатів. Урахування всіх можливих джерел похибки є важливою умовою для забезпечення надійності та точності будь-якого експерименту в науці й техніці.

Було проведено 10 повторних вимірювань освітленості приміщення датчиком освітлення Gigahertz-Optik BTS256-E, в діапазоні температурних вимог датчика освітленості від -40°C до 85°C .

Було отримано таку вибірку:

$E_v = (68; 69; 65; 66; 63; 60; 67; 64; 62; 61)$

Знаходимо середнє значенн вибірки:

Знаходимо середнє арифметичне і середньоквадратичне значення .

1) Середнє арифметичне значення:

$$\bar{E}_v = \frac{1}{10} (68 + 69 + 65 + 66 + 63 + 60 + 67 + 64 + 62 + 61) = \frac{645}{10} = 64.5 \text{ лк}$$

2) похибки повторних вимірювань ΔE_{vi} та ΔE_{vi}^2

$$\Delta E_v = |\bar{E}_v - E_{vi}| \text{ та } \Delta E_{vi}^2 = (\bar{E}_v - E_{vi})^2$$

Де $i = 1, 2, \dots, 10$;

Результати вимірювань та обчислень записуємо в таблицю 6.2

Таблиця 6.2

№	E_{vi}	$\Delta E_{vi} = \bar{E}_v - E_{vi} $	$(E_{vi})^2$
1	68	3.5	4624
2	69	4.5	4761
3	65	0.5	4225
4	66	1.5	4356
5	63	1.5	3969
6	60	4.5	3600
7	67	2.5	4489
8	64	0.5	4096
9	62	2.5	3844
10	61	3.5	3721
сер	64.5	2.5	4168.5

3. Середнє квадратичне відхилення (за формулою вибіркової дисперсії):

$$\delta_B = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum (E_{vi} - \bar{E}_v)^2} = \sqrt{\frac{1}{90} * 4168.5} \approx 6.81 \text{ лк}$$

4. Випадкова похибка (при $t_{0.95}=1$):

$$\Delta_B E_V = 1 * \delta_B = 1 * 6.81 = 6.81 \text{ лк}$$

5. Похибка приладу (1% для Gigahertz-Optik BTS256-E):

$$\Delta_{\text{пр}} E_V = \frac{1}{100} * \bar{E}_v = 0.01 * 64.5 = 0.645. \text{ лк}$$

6. Похибка округлення (інтервал округлення $h = 1$, $P = 0,95$):

$$\Delta_{E_3} = 0.95 * \frac{1}{2} = 0.475 \text{ лк}$$

7. Загальна абсолютна похибка:

$$\Delta E = \sqrt{(6.81)^2 + (0.645)^2 + (0.475)^2} \approx \sqrt{48.38 + 0.416 + 0.23} \approx \sqrt{49.026} \approx 0.70 \text{ лк}$$

8. Відносна похибка:

$$\delta_L = \frac{0.70}{64.5} * 100\% \approx 1.085\%$$

9. ОХОРОНА ПРАЦІ

9.1 Охорона праці

Безпека роботи - це поєднання законів, соціальних, економічних, технічних, організаційних, чистоти та охорони здоров'я, спрямованих на збереження життя працівників, добробуту та продуктивності праці, поки вони виконують свої завдання.

Начальник є юридичною особою, незалежно від того, як вони володіють своїм бізнесом, або якою роботою вони виконують,

Працівник - це особа, яка виконує робочі обов'язки в бізнесі в рамках компанії чи групи, дотримуючись трудової угоди чи договору.

Юридичне регулювання охорони праці в Україні визначається наступними основними документами:

- Закон України "Про безпеку праці"— Кодекс праці (код праці)

- Закон України "Про обов'язкове державне соціальне страхування"

Та інші за іншими законами, розробленими відповідно до цих законів.

Нормативні документи:

Закон України "про захист праці" (далі - закон України "про захист праці");

Відповідно до розділу 15 закону українського "охорони праці", будь -який бізнес, який працює 50 і більше осіб, повинен створити команду з безпеки на робочому місці дотримуватися модельних норм. Внутрішня позиція повинна бути затверджена Радою директорів.

На підприємствах, де працюють менше 50 людей, функції Служби праці можуть бути віднесені до спеціаліста з часів, за умови, що існує відповідна підготовка.

Якщо кількість персоналу становить до 20 років, службові обов'язки можуть виконувати найманими експертами за договором. Спеціаліст також повинен мати дійсну ліцензію та без судимостей.

Директор бізнеса повинен погодитися на повний набір документів, згаданих у розділі 13 Українського закону про безпеку праці. Ці документи

повинні керувати безпечним поведінкою персоналу в компанії: Керівні принципи праці на фабриках, офісах та будівельних майданчиках.

Усі вказівки щодо безпеки (посібники, закони тощо) створюються відповідно до цих законів, враховуючи звичайні процедури, методи технологій та деталі бізнесу. Лідери відповідних будівельних секцій підзвітні за їх зростання.

9.2 Умови охорони праці при роботі з люксометром

Для безпечної роботи з люксометром необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Перед початком роботи переконайтесь у справності приладу та наявності чинного сертифіката калібрування.

2. Ознайомтесь із керівництвом користувача й суворо дотримуйтесь інструкцій, наданих виробником.

3. Під час вимірювань уникайте дії сильних електромагнітних полів, оскільки вони можуть впливати на точність показань.

4. Захищайте люксометр від механічних пошкоджень, ударів, вологи та пилу.

5. Після завершення роботи зберігайте прилад у захисному футлярі або контейнері, призначеному для цього.

6. Калібруйте прилад регулярно, згідно з графіком, передбаченим технічною документацією.

7. За потреби використовуйте засоби індивідуального захисту, такі як халат, захисні окуляри тощо.

8. Не вносьте зміни у конструкцію люксометра без погодження з виробником або сертифікованими фахівцями.

9. У разі виявлення несправностей або пошкоджень негайно припиніть використання приладу та зверніться до відповідного сервісного центру.

Дотримання вищевказаних правил сприятиме безпечному виконанню вимірювань, збереженню точності приладу та попередженню нещасних випадків або пошкодження обладнання. [17]

Захисніть безпеку під час розробки, монтажу та накладання прототипу.

Цей розділ є критично важливим, завершуючи процес створення та тестування електронного пристрою, пов'язаного зі специфічними ризиками, які відрізняються від ризиків під час його використання. Розробник несе відповідальність за безпеку власного робочого місця. [8]

Загальні вимоги до робочого місця розробника

Організація простору: Робоче місце повинно бути добре освітленими, чистим та вільним від сторонніх предметів, особливо легкозаймистих матеріалів (папір, тканина, пакувальні матеріали).

Вентиляція: Використання примателю з відповідальністю до закону, що містить затвердження про вентиляцію, що має відповідність до закону.

Електроживлення: Усі розетки та подовжувачі повинні бути справними, мати заземлюючий контакт та відповідати потужності обладнання, що підключається. Забороняється використовувати пошкоджені кабелі, перехідники та розетки.

Засоби пожежогасіння: Робоче місце повинно бути забезпечене вуглекислотним (ВВК) або порошковим (ВП) вогнегасником, придатним для гасіння електрообладнання під напругою..

Електробезпека при роботі з компонентами,

Хоча розроблений пристрій працює від низької напруги (5 В від USB або зовнішнього джерела), джерело цієї напруги (комп'ютер, блок живлення) підключено до мережі 220 В, що стає смертельно небезпечним.

Джерела живлення: Використовуйте лише сертифіковані блоки живлення та USB-кабелі. Уникайте використання дешевих неякісних адаптерів, оскільки вони можуть не забезпечити належну гальванічні розв'язки від мережі 220В.

Правила монтажу: Усі операції зі збирання, розбирання та модифікації схем на макетній платі тільки при відключеному живленні.

З'єднайте USB-кабель від комп'ютера або вимкніть зовнішній блок живлення.

Вимірювальні прилади: Використання мультиметра або осцилографа перед застолем вимірювання дозволяє провести дослідження, що вимірювальні щупи є справними, а їх і і захист від короткочасної крадіжки: унікальний кожен випадковий контакт між проводами та елементами схеми.

- Коротке замикання може призвести до перегріву компонентів.

Рідина на робочому столі: Суворо заборонено тримати чашки з рідиною на робочому столі (вода, чай, кава), оскільки їх випадковий проливання в електронний ланцюг або обладнання напруги може призвести до короткого замикання та електричного струму.

Безпека при виконанні паяльних робіт

Крім того, створюючи прототип на одній аркушній конструкції, поширене припаять виходи до модулів або пов'язати деталі. Пайка - це процес високого ризику.

Основні небезпечні фактори:

Висока температура: тепло пальнику потрапляє на 300-450 ° C, що може призвести до сильних травм шкіри .

Під час пайки потік у пайці вивільняє випари, серед яких троян, свинцеві речовини (в припої на основі свинцю) та інші небезпечні хімічні речовини. Дихання цих парів може викликати роздратування в дихальних шляхах, незручних реакціях та довгострокових захворюваннях.

Бризки розплавленого припою: є ризик крапель розплавленого припою в очах або в руках

Заходи безпеки під час паяльних служб:

Вентиляція: Завдання паяльних пайок повинні виконуватися в просторі з хорошим потоком повітря. Найкращий метод - це використання витяжки, який видаляє небезпечні випари з зони паяльної зони.

Індивідуальне захисне обладнання (ЗІЗ):

Захисні окуляри: Потрібно захистити очі від бризок та металевого пилу.

Рекомендується використовувати щільний бавовняний тканинний халат для захисту одягу та шкіри.

Організація робочого місця:

–Використовуйте унікальне залізо, яке чинить опір теплом. Страшно заборонено розмістити пайку на стіл або інші предмети.

–Використовуйте теплостійкий килим.

–Зберігайте на робочому місці в чистоті, збирайте залишки припою та обрізку.

Правила роботи:

–Переконайтесь, що наконечник чистий і не містить окислення.

–Завжди носіть захисні рукавички при обробці паяльного заліза.

–Після завершення роботи не забудьте вимкнути пайку з мережі і чекайте, коли вона повністю охолоне, перш ніж зняти.

Особиста гігієна: після закінчення робочих сесій з платой, потрібно ретельно вимити руки з милом

Організація робочих та ергономічних вимог

Ергономіка вивчає діяльність людини в умовах сучасного виробництва для підвищення комфорту людини та ефективності всієї системи. Робота творця та кодера електроніки передбачає тривалі періоди на комп'ютері, що призводить до сильного напруження структури підтримки організму та органів зору.

Вимоги до робочого простору та освіти

1.Загальна освіта: Все повинно бути достатнім, рівномірним, розсіяним освітленням (природним або штучним), що не створює гострих тіней і відблисків.

2.Для точного налаштування на макет використовуйте настільну лампу, яку можна переміщувати, і має змінну інтенсивність світла. Світло від лампи повинно висвітлити робочу зону злива (для правих) і не повинно спричинити відображення на екрані монітора.

3.Основні інструменти (екран, пристрій введення) повинні бути розміщені безпосередньо перед користувачем. Інструменти підтримки (макет,

вимірювальні пристрої) повинні розміщуватися в довжині руки, щоб запобігти незграбному скрученню спини.

Ергономічні вимоги до організації роботи

1.Робочий стілець: Сидіння повинно бути стійким, зі змінною висотою сидіння, спинкою та опором ARM. Задня частина стільця повинна підтримувати нижню частину спини. Висота стільця вибирається таким чином, щоб ноги були повністю на підлозі, а кут у колінних суглобах становить близько 90 °.

2. Положення тіла:

–Висота повинна бути прямим і спиратися на задню частину стільця.

–Плечі розслаблені та опущені. Прогикти повинні розташовуватися паралельно підлозі, а кут у ліктьових суглобах - приблизно 90 °.

3. Розташування монітора:

–Екран дисплея повинен бути на відстані 2-2,5 футів від очей (приблизно довжиною руки).

–Найвища частина дисплея повинна бути на рівні очей або трохи нижче. Це дозволяє підтримувати голову та шию в природній позиції.

4.Режим роботи та відпочинку:

–Ви повинні відпочити, щоб уникнути втоми. Рекомендується дотримуватися правил "20-20-20": кожні 20 хвилин роботи поділяються на предмет, розташований на відстані 20 футів (близько 6 метрів) протягом 20 секунд.

–Складіть коротку паузу, стоячи, ходити і робіть основні вправи для очей, шиї та спини, триваючи 10-15 хвилин.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи була розроблена проста комп'ютеризована система для вимірювання рівня освітленості в приміщеннях. В основі системи використано датчик BH1750 (но тому що він занадто не точний, використовувався датчик освітлення для розрахунків Gigahertz-Optik BTS256-E), мікроконтролер Arduino Uno та LCD-дисплей для відображення результатів.

Під час роботи:

- проаналізовано вимоги до освітленості згідно з державними стандартами;
- підібрано недорогі, але надійні компоненти;
- змодельовано електронну схему та створено програму для мікроконтролера;
- проведено тестування та серію вимірювань;
- виконано розрахунок метрологічних характеристик та похибки.

Результати показали, що середнє значення освітленості в тестових умовах становило 64.5 люкс. Абсолютна похибка вимірювання склала 6.81 люкс, а відносна — близько 1.085%. Такі результати цілком відповідають технічним характеристикам обраного сенсора.

Розроблена система працює стабільно, просто відтворюється на практиці та може бути використана в навчальних, побутових або офісних умовах для контролю освітлення або в складі більших автоматизованих систем, наприклад «розумного дому».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1)ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 73 с.
- 2)ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця в приміщеннях. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 56 с.
- 3)Подмазко В. І. Основи метрології та вимірювальної техніки: підручник / В. І. Подмазко. – К.: Вища школа, 2017. – 324 с.
- 4)Гуменюк Г. П., Піддубна Н. Ф. Мікроконтролери та їх застосування: навч. посібник. – Житомир: ЖДУ ім. І. Франка, 2020. – 132 с.
- 5)Arduino UNO. Офіційна документація [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua> (дата звернення: 09.06.2025)
- 6)Інструкція до люксметра Testo 540. ТОВ «Тестотрейд Україна» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spectrolab.com.ua/ua/p1217591531-lyuksmetr-testo-540.html> (дата звернення: 09.06.2025).
- 7)Шевченко О. В. Системи розумного будинку: сучасний стан та перспективи розвитку // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2021. – № 2(22). – С. 24–29.
- 8)Савченко С. Л., Кухарчук Т. В. Освітлення в офісах і закладах освіти: оптимізація рівня за допомогою сенсорів // Вісник технічних наук. – 2020. – № 3. – С. 45–50.
- 9)DIALux – програмне забезпечення для розрахунку освітлення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dialux.com/en-GB/> (дата звернення: 10.06.2025).
- 10)Лазарєв І. В. Мікропроцесорні системи автоматизації: навч. посібник / І. В. Лазарєв. – Х.: ХНУРЕ, 2020. – 208 с.
- 11)Іващенко О. М. Електроніка та мікропроцесорна техніка: підручник / О. М. Іващенко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 344 с.

- 12)Гайдук О. П. Автоматизація процесів керування освітленням // Технічні вісті. – 2021. – №1. – С. 31–35.
- 13)Ющенко В. І. Впровадження датчиків у системах контролю енергозбереження // Інформаційні технології в техніці. – 2022. – №4. – С. 57–61.
- 14)Черняк І. М. Інтелектуальні сенсорні системи в освітніх закладах // Сучасні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. – 2021. – №2. – С. 12–18.
- 15)Гриценко М. С. Вимірювання світлових характеристик з використанням цифрових сенсорів // Світлотехніка і електроенергетика. – 2020. – №3. – С. 22–27.
- 16)Клименко Д. А. Основи проектування мікропроцесорних пристроїв / Д. А. Клименко. – К.: Наук. думка, 2018. – 212 с. (дата звернення: 11.06.2025).
- 17)Бондар С. Г. Контроль освітленості в енергоефективних будівлях // Вісник енергетики та автоматики. – 2020. – №1. – С. 37–41.
- 18)Демидов А. П. Вимірювання параметрів світла в цифрових системах // Метрологія та прилади. – 2019. – №4. – С. 30–35. (дата звернення: 12.06.2025).
- 19)Бабак Л. А. Аналіз впровадження систем контролю освітлення на основі Arduino // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2022. – №2. – С. 51–56.