

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Комп'ютеризована система вимірювання та
контролю освітленості виробничих приміщень**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТК-3
напря Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кузьменко Артем Олексійович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.е.н., к.т.н., проф. кафедри
М та ІВТ Єфіменко Н.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри
РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна
Громовий О.А.

(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«5» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Кузьменко Артем Олексійович

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

Затверджена Наказом по університету від «5» квітня 2024 р. № 128/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «10» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи вімкнення і вимкнення системи, вивід виіміряних в реальному часі значень освітленості на дисплей, похибка вимірювання 4,0%

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) технічне завдання, опис існуючих систем вимірювання освітленості приміщень, розробка структурної схеми, розробка принципової схеми, розрахунок похибок, розрахунок надійності, розробка блок-схеми алгоритму та програми

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму, друкована плата

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 18 квітня 2024 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір та узгодження теми	10.05.2024-12.05.2024	
2	Аналіз літератури за існуючими системами вимірювання освітленості	13.05.2024-15.05.2024	
3	Опис функцій сиситеми	16.05.2024-20.05.2024	
4	Розробка структурної схеми	21.05.2024-26.05.2024	
5	Розробка принципової схеми системи	27.05.2024-02.06.2024	
6	Обґрунтування та вибір елементів системи	03.06.2024-04.06.2024	
7	Розробка алгоритму та написання програми системи	05.06.2024-07.06.2027	
8	Оформлення пояснювальної записки та доповіді	07.06.2024-10.06.2024	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Кузьменко А.О.
(прізвище та ініціали)
Єфіменко Н.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання та контролю освітленості виробничих приміщень» складається з 62 сторінок, містить 20 рисунки, 3 таблиці, 9 формул та 21 джерело.

У роботі обґрунтовано актуальність створення системи вимірювання та контролю освітленості виробничих приміщень. Розроблено структурну та принципову схеми цієї системи. На основі принципової схеми створено друковану плату. Також розроблено алгоритм роботи системи та відповідну програму.

Було прораховано точність і надійність системи.

Ключові слова: люксметр, вимірювання освітленості, мікроконтролер, датчик освітленості.

ANNOTATION

Bachelor's thesis on the topic "Computerized System for Measuring and Controlling Illumination of Industrial Premises" consists of 62 pages, contains 20 figures, 3 tables, 9 formulas, and 21 references.

The thesis substantiates the relevance of creating a system for measuring and controlling illumination in industrial premises. Structural and schematic diagrams of this system have been developed. Based on the schematic diagram, a printed circuit board was created. An algorithm for the system's operation and the corresponding software have also been developed.

The accuracy and reliability of the system have been calculated.

Keywords: lux meter, illumination measurement, microcontroller, light sensor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні параметри системи.....	9
1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗИСНУЮЧИХ СИСТЕМ	10
2.1. Основні поняття вимірювання освітленості	10
2.2. Існуючі системи вимірювання освітленості	11
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	20
3.1. Обґрунтування вибору складових системи.....	20
3.2. Обґрунтування мікроконтролера.....	20
3.2. Обґрунтування датчика освітленості.....	23
3.4. Обґрунтування джерела живлення.....	23
3.5. Обґрунтування дисплея.....	25
3.6.Обґрунтування кнопки вимикання.....	27
3.7.Обґрунтування звукового оповісника.....	28
3.8. Структурна схема.....	29
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	31
4.1. Вибір мікроконтролера.....	31
4.2. Вибір датчика освітленості.....	32
4.3. Вибір дисплея.....	34
4.4.Вибір динаміка.....	35
4.5.Вибір кнопок	36
4.6. Вибір джерела живлення.....	37
4.7. Розробка принципової схеми.....	38
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	40
5.1. Алгоритм програми	40
5.2. Розробка програми.....	42
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....	47
6.1.Розробка друкованої плати.....	47
6.2. Розрахунок надійності системи.....	50
6.3. Розрахунок похибки вимірювання освітленості приміщення.....	55
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
7.1. Охорона праці.....	58
7.2. Умови охорони праці при роботі з люксметром.....	59
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

					МММТ 480.001.023- ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					
Розробив		Кузьменко			Комп'ютеризована система контролю освітленості виробничих приміщень	Літ.	Арк.	Аркшів	
		Ефіменко Н.А.							
							5	63	
Рецензен					Пояснювальна записка	ДУ «Житомирська політехніка» МТК-3			
Н. контр.									
Затверд.		Подчашинські							

ВСТУП

Актуальність розробки. Якісне освітлення безпосередньо впливає на здоров'я та комфорт людей, які перебувають у приміщенні. Неправильне освітлення може призводити до зорового стомлення, головного болю та загальної втоми. З іншого боку, добре спроектоване освітлення допомагає зберігати гостроту зору і підвищує загальне самопочуття.

У робочих середовищах правильне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці. Добре освітлене робоче місце допомагає зосередитися на завданнях і знижує кількість помилок, викликаних недостатнім або неправильним освітленням.

У виробничих приміщеннях правильне освітлення є ключовим фактором безпеки. Воно допомагає уникати аварій та травм, покращуючи видимість робочих зон, особливо у місцях, де використовуються небезпечні інструменти або машини.

Сучасні системи освітлення дозволяють значно знизити енергоспоживання. Використання енергоефективних ламп, датчиків руху та автоматичних систем контролю освітленості допомагає зменшити витрати на електроенергію і одночасно дбати про довкілля.

Сучасні системи освітлення дозволяють адаптувати освітленість під різні потреби та ситуації, що робить приміщення більш функціональним. Наприклад, можливість регулювання яскравості світла або зміни його кольорової температури дозволяє створювати оптимальні умови для різних видів діяльності.

Для вимірювання та контролю рівня освітленості приміщень використовується люксиметр.

В Україні популярні такі марки люксиметрів: Extech, Testo, UNI-T, Benetech, Fluke, CEM, PCE Instruments.

Дані марки люксиметрів мають ряд недоліків, а саме: Висока вартість, що може бути недоступною для деяких користувачів, проблематично знайти

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Дрк.
						6
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

сертифіковані сервісні центри в деяких регіонах, можуть бути складними у використанні для новачків, Обмежена підтримка та оновлення програмного забезпечення.

Розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю освітленості виробничих приміщень є актуальною, тому що освітленість приміщення впливає на здоров'я, продуктивність, безпеку, енергозбереження, естетику та функціональність простору.

Мета роботи є розробка комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю освітленості виробничих приміщень.

Для розробки комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю освітленості необхідно виконати наступні **задачі**:

1. Провести аналіз існуючих систем вимірювання та контролю освітленості;
2. Обрати складові та побудувати структурну схему системи вимірювання та контролю освітленості;
3. Побудувати принципову схему системи вимірювання та контролю освітленості;
4. Розвести друковану плату;
5. Розробити блок-схему алгоритму роботи системи та написати програму до мікроконтролеру;
6. Розрахувати точність та надійність системи вимірювання та контролю освітленості.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система повинна а автоматичному або в автоматизованому режимі забезпечити вимірювання та контролю освітленості в приміщенні.

Областю застосування комп'ютеризованої системи вимірювання освітленості є побутові приміщення, офісні установи, медичні установи та учбові заклади.

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

Початок розробки – квітень 2024 р.

Кінець розробки – червень 2024 р.

1.2 Умови експлуатації

- Діапазон вимірювання освітленості: від 1 люкс до 9999 люкс;
- Температура навколишнього середовища: від -20°C до 55°C;
- Відносна вологість до 85% при температурі 25°C;
- Атмосферний тиск 600-800 мм рт. ст.;
- Хімічно активні компоненти відсутні.
- Вібрація, тряска, удари: відсутні.
- Характер роботи: разової дії.
- Системна ремонтпридатна, відновлювальна;
- Живлення системи: 5 В;
- Експлуатація системи здійснюється в опалювальному приміщенні сухому приміщенні, в спеціальних рукавицях або сухими руками.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

1.3 Технічні параметри системи

Інтенсивність та склад інформації, яка подається на вхід системи та знімається з її виходу:

- На один з входів системи подається сигнал з кнопки включення/виключення;
- На другій вхід системи подається сигнал з датчика освітленості;
- Блок живлення подає живлення системи також на вхід системи;
- На вихід системи подаються виміряні та оброблені дані, що виводяться на дисплей;
- Звукове оповіщення на виході системи в випадку критичних значень освітленості;
- Мікроконтролер обробляє вхідні сигнали та виводить оброблені виміряні дані на дисплей.

Режими роботи системи: автоматичний.

Технічні характеристики системи та її складових частин:

- Тоність: похибка відносна $\pm 4,0\%$; абсолютна похибку вимірювання 7,0 люкс;
- Роздільна здатність: роздільна здатність 1 люкс;
- Час спрацювання: 8 с;
- Надійність системи повина бути від 15 000 годин напрацювання на відмову;
- Вимірювальний елемент: датчик освітлення з вбудованим фотодіодом і АЦП із цифровим інтерфейсом I2C;
- Інтерфейс та додаткові функції: вбудований дисплей для відображення вимірюваних значень освітленості.

Мікропроцесори, датчики освітленості, блок живлення та дисплей взаємозамінні та використовуються як уніфіковані блоки.

1.4 Вимоги до конструктивного оформлення

- Конструктивно сиситема повина знаходитися в пластиковому корпусі з певними доробками під дисплей та джерело живлення;
- Габарити установки: корпус 10006-L.9ТЕКО 68x31x24 мм (розмір плати 30x60 мм);
- Датчики освітленості та дисплей використати з підключенням по I2C.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основні поняття вимірювання освітленості

Люксметр – це прилад, призначений для вимірювання освітленості в люксах (лк). Він використовується для оцінки рівня освітлення в різних приміщеннях та на вулиці, що допомагає визначити, чи достатньо світла для виконання певних завдань або для забезпечення комфорту та безпеки.

Основні застосування люксометрів включають:

1. Оцінка освітленості робочих місць.
2. Контроль освітлення в школах, лікарнях, офісах та інших громадських закладах.
3. Перевірка відповідності освітлення стандартам та нормативам.
4. Оцінка освітленості в сільськогосподарських та промислових умовах.
5. Використання в фотографії та кінематографії для правильного налаштування освітлення.

Перші люксметри з'явилися на початку 20 століття. Їх розробка стала можливою завдяки досягненням в області електротехніки та фотометрії. Перші прилади були досить простими за конструкцією та принципом дії. Вони використовували селенові фотоелементи, які реагували на світло, змінюючи свій опір. З розвитком технологій, люксметри стали точнішими, компактнішими та більш зручними у використанні.

Сьогодні люксметри використовують сучасні фотодіоди та електроніку, що дозволяє точно вимірювати освітленість у широкому діапазоні умов.

Перший люксметр був створений у 1913 році німецьким фізиком Ернстом Лехнером (Ernst Lechner). Його пристрій використовував селенові фотоелементи для вимірювання інтенсивності світла.

Це був значний крок вперед у фотометрії, оскільки дозволив точніше вимірювати освітленість і створив основу для розвитку більш досконалих інструментів у майбутньому.[1]

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2.2. Існуючі системи вимірювання освітленості

Люксметр-термометр 200000 Lux -20-50 BENETECH GM1030 рис.2.1.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд люксметр-термометр BENETECH GM1030

Люксметр GM1030 прилад, що дає вимірювати освітленість у широкому діапазоні за максимальної похибки 3-4% у двох величинах – люксах і footcandle.

Люксметр виготовлений у зручному та надійному корпусі. Прилад має функцію вимірювання пікових значень. Кремнієвий фотодіод із корекцією кольору відповідає спектральній чутливості очі людини V (I). Косинусна корекція поперечного освітлення підвищує точність люксметра та робить його незамінним у використанні під час перевірки освітленості робочих і навчальних місць, на знімальних майданчиках, у виробництві освітлювальних приладів тощо.

Особливості та переваги люксметра GM1030:

- Автоматичне калібрування під час увімкнення;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		11

– Можливість ручного калібрування – виробляється в нашому сервісному центрі;

- Вибір діапазонів вимірювання: ручний або автоматичний;
- Індикація заряду батареї;
- Наявність Bluetooth-інтерфейсу.[5]

Технічні характеристики:

- Вага: 250 г;
- Вимірювальні параметри: Рівень освітленості, температура;
- Габаритні розміри: 72x35x145 мм;
- Діапазон вимірів: 0-200000 Lux / -20..+50 °C;
- Живлення: Батарейки;
- Номінальна температура: 0..+40 °C;
- Пам'ять: 2000 записів;
- Похибка: +/- 4% , 1 °C;
- Система вимірювання: Lux/Fc, °C/°F;
- Типорозмір батарейки: AAA (3 шт);
- Країна бренду: Китай.[2]

Міні люксметр FLUS ET-952 представлений на рис.2.2.

Люксметр FLUS ET-952 (ФЛУС ET-952) - професійний прилад для вимірювання освітленості, містить виносної сенсор освітленості, відрізняється розширеним діапазоном вимірювання сили світла від природних і штучних джерел освітлення, з ручним / автоматичним перемиканням діапазоном з межею до 400 Lux, індикацією низького розряду і переповнення, забезпечений збільшеним дисплеєм з цифровими чіткими, яскравими розрядами і 40-ка сегментної графічної візуальної шкалою.

Вимірювач освітленості традиційно популярний серед співробітників підрозділів державних служб з охорони праці, які проводять періодичні вимірювання рівня освітленості на виробництві: у заводських цехах, в комерційній нерухомості, освітніх і медичних установах, об'єктах соціально-культурного призначення.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Док.
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		12



Рис. 2.6 Зовнішній вигляд міни люксметра FLUS ET-952

Звужується донизу корпус забезпечує щільний обхват в долоні і сприяє тривалому виміру світлового потоку від світильників локального і загального освітлення, люстр, світлодіодних джерел світла. Люксометр ET-952 складається з наступних елементів.

Блок з керуючих клавiш:

- Включення / вимикання;
- підсвічування;
- Установки;
- Вибір одиниць вимірювання освітленості;
- Максимальна / мінімальне значення;
- Запам'ятовування останнього значення;
- Перехід на ручний вибір діапазону освітленості.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		13

Вище розташований цифровий дисплей. Для професійних багатогодинних вимірювань освітленості характерна втома очей, з'являється, якщо цифри на дисплеї невеликі і в цьому плані люксметр ЕТ-952 приємно відрізняється збільшеними цифровими розрядами, що досягають по висоті 20 мм, що дає можливість спостерігати результати вимірювання освітленості навіть з відстані витягнутої руки, що часто буває коли датчик віддалений від самого приладу для вимірювання освітленості. Аналогова 40-ка сегментна шкала у вигляді сектора з спалахують рісочки, кількість яких залежить від поточного рівня освітленості, органічно доповнює цифрові показники. У лівій частині шкали вимірювач рівня освітленості ЕТ-952 відображає мінімальне значення обраного діапазону, праворуч - максимальне. Також на дисплеї знайшлося місце для цифрових годин, індикатора заряду батареї і значка автоматичного діапазону.

Люксметр ЕТ-952 з виносним датчиком освітленості має явні переваги при практичному використанні:

- Розділені функції вимірювання і спостереження підсумкового результату. Сенсор освітленості легко нахиляється і повертається в будь-яку сторону, і під довільним кутом. Люкметри - вимірювальні прилади з чіткою орієнтацією в просторі на відміну від наприклад гігрометрів або шумомірів і якщо датчик освітленості вбудований в вимірювальний блок, при повороті вимірювача освітленості в сторону потоку світла, спостерігати показання на дисплеї важко. Люксметр ЕТ-952 виграє в цьому плані.

- Довгий сполучний провід дозволяє дотягнутися до джерела світла: світлодіодним, люмінесцентної, галогенової, лампи розжарювання, наприклад якщо світильники знаходяться над головою або в важкодоступному місці.

- При перевезенні та зберіганні виймайте штекер, закривайте кремнієвий фотодіод кришкою - так прилад для вимірювання освітленості стає більш компактним.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат.		

Особливості:

- Автоматичний / ручний вибір діапазону.
- Вимірювання освітленості в широкому діапазоні.
- Висока частота опитування датчика.
- Зручний і надійний для утримання корпус.
- Сенсор - кремнієвий фотодіод із захисною заглушкою, кабелем і роз'ємом.

- Графічна шкала + збільшені цифри.
- Вибір одиниць виміру.
- МАКС / МІН значення.
- Підсвічування.
- Індикація переповнення і низького заряду батареї живлення.

Технічні характеристики:

- Індикація низького розряду: Так;
- Індикація переповнення; Так;
- Індикація результатів: 4 цифрових розряду, аналогова шкала;
- Відображення діапазонів: від 0 до 400, 4000, 40000 або 400000 Lux;
- Відображення показань: HOLD, MAX, MIN;
- Діапазон вимірювання освітленості: 0-400000 Лк;
- Діапазон робочих температур, С: -20 ... 60°C;
- Датчик освітленост: виносний - Кремнієвий фотодіод;
- Підсвічування екрану: Так;
- Переключення діапазонів: автоматичне, ручне;
- Робоча вологість: 10~90 % RH;
- Розташування датчика: виносний датчик;
- Розширення: 0,1 Lux до 1000 Lux, 1 Lux вище 1000 Lux;
- Спектральний діапазон: CIE photopic (CIE видимий спектр);
- Температура зберігання: -20~60 °C;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Точність вимірювання: $\pm 3\% \pm 0,5\%$ повної шкали ($<10 \text{ klux}$), $\pm 4\%$ 10 одиниць ($> 10 \text{ kLux}$);
- Час вимірювання: 0.5 с;
- Частота дискретизації: 2 рази за секунду;
- Живлення: батарейки;
- Розмір (см): 18.5 x 6.6 x 3.3;
- Виробник; Flus;
- Гарантія; 1 рік;
- Вага; 0.308 [3].

Цифровой люксметр UNI-T UT383 представлений на рис.2.3.



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд люксметра UNI-T UT383

UNI-T UT383 – це мініатюрний цифровий люксметр з автоматичним вибором діапазону вимірювання, призначений для вимірювання рівня освітленості від 0 до 199999 люкс.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Особливості:

1. Функція утримання даних;
2. Індикація перенавантаження;
3. Індикація низького заряду батареї;
4. Режим MAX / MIN;
5. Одиниці виміру: люкс / фут-свеча;
6. ЖК-дисплей з підсвіткою для освітлення роботи в темряві;
7. Автоматичне відключення, економія енергії.

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірювання 0-199,999 люкс: 0~18 500 фут-свеча;
- Точність: 0~9999 люкс/0~999 фут-свічка: $\pm(4\%+8)$; ≥ 10000 люкс/ ≥ 1000 фут-свічка: $\pm(5\%+10)$; ≥ 100000 люкс/ ≥ 9999 фут-свічка: $\pm(5\%+10)$;
- Розрішення: 1 люкс (0~9999 люкс);
- Частота дискретизації: 0,5 с;
- Живлення: 1.5В батарея (R03) $\times$ 3 шт;
- Дисплей: 32 мм $\times$ 26 мм;
- Габарити: 160 мм $\times$ 50 мм $\times$ 28 мм;
- Вага: 118 г.[4]

Люксметр цифровий Laserliner LuxTest-Master представлений на рис.2.4.



Рис.2.4.Люксметр цифровий Laserliner LuxTest-Master

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		17

Професійний вимірник освітленості підходить для використання в офісах, на робочих місцях, громадських будівлях та промисловості. Прилад оснащений чутливим фотодіодом із косинусною корекцією для захоплення світла у широкому діапазоні кутів. Функція відносного виміру доступна для довідкових чи порівняльних вимірів.

Швидкі зміни освітленості визначаються за допомогою функції піку. Поточне виміряне значення може бути зафіксоване на дисплеї за допомогою функції утримання. Функція налаштування нуля використовується для налаштування кривої датчика. Вимірювані величини – люкс (лм/м²) та фут-свічка (лм/фут²). Інші практичні особливості пристрою включають відображення MIN/MAX Зображення та підключення штатива 1/4 дюйма.

Особливості:

- Вимірювання освітленості в офісах, на робочих місцях, громадських будівлях та в промисловості;
- Чутливий фотодіод з косинусною корекцією для захоплення світла в широкому діапазоні кутів;
- Функція піку дозволяє виявити швидкі зміни освітленості;
- Автоматичне та ручне перемикання діапазонів;
- Функція утримання для фіксації поточного виміряного значення на дисплеї;
- Вимірювані параметри: люкс (лм/м²), фут-свічка (лм/фут²);
- MIN/MAX відображення;
- Підключення штатива 1/4".

Технічні характеристики:

- Тип датчика: Кремнієвий фотодіод;
- Діапазон виміру освітленості : 0...200000 люкс (автоматичний)
20.00 люкс (ручний) 200.0 люкс (ручний) 2000 люкс (ручний) 20000 люкс (ручний) 200000 люкс (ручний);
- Джерело живлення: 1 x 9V 6LR61 (9V-Block);
- Температура (робочі умови): -10°C...+50°C.[5]

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Популярні системи вимірювання освітленості мають ряд недоліків таких, як: висока вартість, відсутня наявність фірм з обслуговування та ремонту пристроїв, закритий код та специфікація, складне налаштування, потрібне калібрування перед початком користування, відсутність вітчизняного виробника.

Враховавши всі недоліки пропонується розробити систему вимірювання освітленості вітчизняного виробника по нормальній ціні, відразу налаштованого та відкаліброваного на виробництві, передбачається скласти договір з метрологічними фірмами на калібровку та перевірку пристроїв вимірювання освітленості.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Обґрунтування вибору складових системи

Комп'ютеризована система вимірювання освітленості в приміщенні повинна виконувати наступні функції:

- Система повинна включатися та виключатися;
- Вимірювати та контролювати освітленість в приміщенні;
- Виводити вимірюванні дані на дисплей;
- Обробляє вхідні сигнали з датчика та виводить оброблені дані на дисплей;
- В випадку критичних вимірюваних даних звукове оповіщення;
- Живитися комп'ютеризована система вимірювання освітленості повинна від батарейок.

Відповідно описаним функціям потрібні такі складові комп'ютеризованої системи вимірювання освітленості:

1. Мікроконтролер здійснює управління системи в цілому: приймає вхідні сигнали з датчика та кнопки, обробляє виміряні значення та виводить виміряні значення на дисплей, в випадку критичних значень вмикає звукове оповіщення;
2. Датчик освітленості для вимірювання значень освітлення;
3. Кнопка для включення та виключення системи;
4. Динамік для звукового оповіщення в випадку критичного значення освітленості;
5. Дисплей виводить виміряні значення освітленості;
6. Блок живлення для живлення системи.

3.2. Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер – це компактний інтегральний пристрій, який включає в себе процесор, пам'ять та периферійні пристрої вводу/виводу на одному

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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. [5].

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

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).

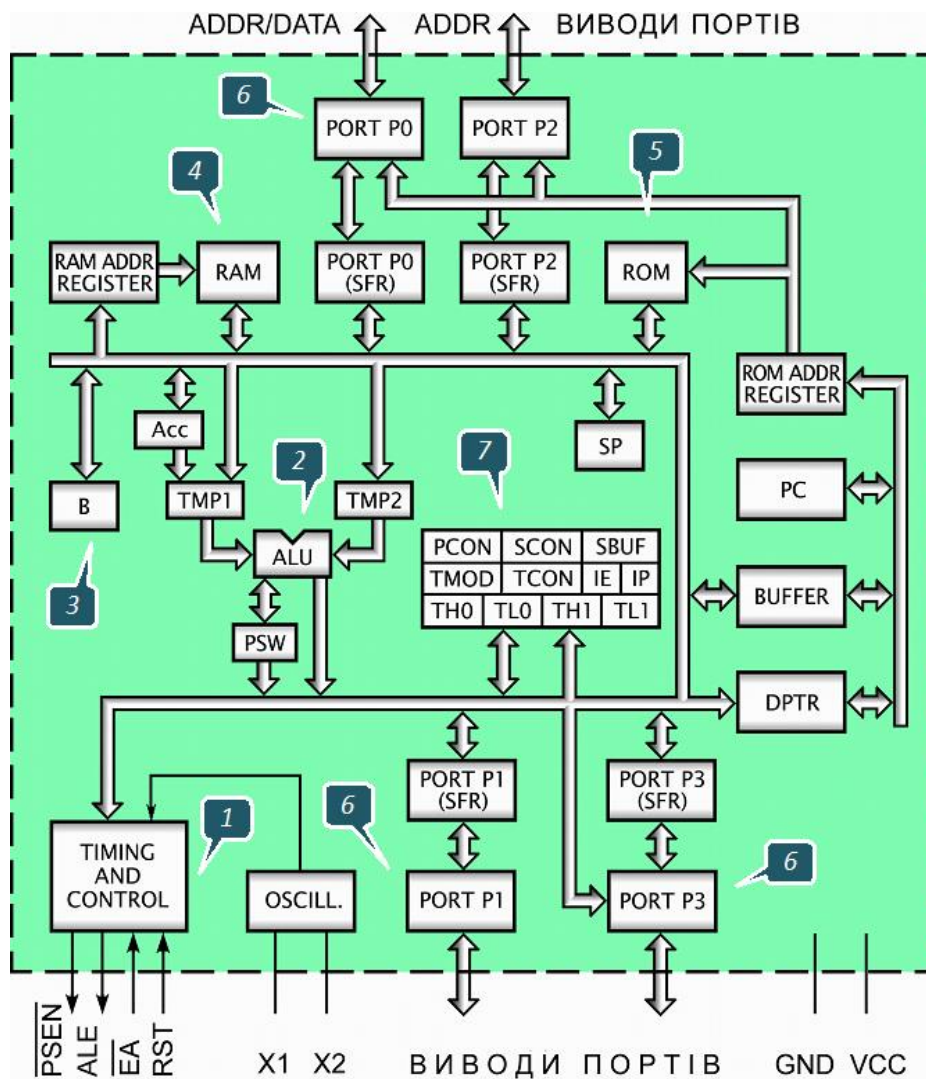


Рис. 3.2. Архітектура мікроконтролера

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 IDE, Microchip MPLAB X IDE, Keil μ Vision, Atmel Studio Eclipse IDE.
- Мови програмування: C та C++, Assembly.

– Компілятори та збирачі: GCC (GNU Compiler Collection), IAR Embedded Workbench.

– Програматори і налагоджувачі: ST-Link, AVRISP mkII, JTAG.[6]

Враховуючі кількість виводів згідно вхідних та вихідних елементів, швидкодію мікроконтролера, надійність, сумісність з датчиками та дисплеєм обираємо мініатюрний мікроконтролер C8051F304.

3.3. Обґрунтування датчика освітленості

Датчик освітленості – це електронний компонент, який вимірює інтенсивність світла в навколишньому середовищі. Такі датчики використовуються в різних застосуваннях, наприклад, в системах автоматичного освітлення, смартфонах для регулювання яскравості екрану, системах безпеки, фотоапаратах та інших електронних пристроях.

Даний датчик носить назву фотодатчика або фото резистора, типовий датчик освітленості зображено на рис.3.3.



Рис. 3.3 Зовнішній вигляд датчика освітленості

Основні типи датчиків освітленості:

1. Фоторезистори (LDR): Їх опір змінюється залежно від інтенсивності світла. При збільшенні освітлення опір фоторезистора зменшується, і навпаки.
2. Фотодіоди: Вони генерують струм, пропорційний кількості світла, що падає на них. Фотодіоди мають швидку реакцію на зміну освітлення та часто використовуються в точних вимірюваннях.
3. Фототранзистори: Працюють аналогічно фотодіодам, але мають вбудоване підсилення, що робить їх більш чутливими до світла.
4. Цифрові датчики освітленості: Використовують інтегральні схеми для вимірювання інтенсивності світла і перетворення її в цифровий сигнал. Вони можуть мати вбудовану калібровку і бути більш точними. Прикладом таких датчиків є TSL2561, BH1750.[7]

3.4. Обґрунтування джерела живлення

Кожна комп'ютеризована система потребує живлення. Вона може надходити безпосередньо до системи або через перетворювач, з електромережі, батарейки чи акумулятора. Зовнішній вигляд різних типів батарейок зображено на рисунку 3.4.



Рис. 3.4 Зовнішній вигляд батарейок

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Будь-яка батарея або акумулятор є джерелом електроживлення, де енергія генерується внаслідок хімічних реакцій. Залежно від типу цих реакцій, розрізняють два види елементів живлення:

1) Гальванічні елементи. Одноразової дії. Реакція, що відбувається при виробленні електричної енергії, необоротна. Тому такі батарейки не можна перезаряджати і після вичерпання ресурсу їх необхідно утилізувати.

2) Акумуляторні елементи. Їх головна відмінність і перевага полягає в оборотності реакції, яка відбувається під час вироблення електрики. Це дозволяє заряджати такі елементи живлення після розрядки і використовувати їх повторно.

Найчастіше під цим джерелом живлення маються на увазі пальчикові та мізинчикові батарейки, офіційно відомі як батарейки формату АА та ААА відповідно. Однак, окрім них, на ринку також доступні такі типорозміри:

– АААА. Використовуються для найкомпактніших пристроїв, таких як лазерні указки, LED-ліхтарики, комп'ютерні автономні стилуси тощо.

– Батарейки типу С. Часто називаються «Дюймовочкою». Застосовуються в годинах, будильниках, радіокерованих іграшках та багатьох інших побутових приладах.

– Батарейки типу D. Відомі як «бочка». Використовуються в пристроях з високим енергоспоживанням: магнітолах, раціях, потужних ручних ліхтарях тощо.

– РРЗ або «Крона». Має широке коло застосування.[8]

3.5.Вибір дисплею

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

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

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

1. Рідкокристалічні дисплеї (LCD) – широко використовуються в телевізорах, комп'ютерних моніторах, мобільних телефонах та інших пристроях. Вони працюють на основі рідких кристалів, які змінюють свою прозорість під дією електричного струму.

2. Світлодіодні дисплеї (LED) – застосовуються в екранах різних пристроїв, у тому числі телевізорів і рекламних вивісок. LED-дисплеї використовують світлодіоди для підсвічування, що забезпечує яскравіше та енергоефективніше зображення.

3. Органічні світлодіодні дисплеї (OLED) – використовують органічні сполуки для створення світла при проходженні електричного струму. OLED-дисплеї відомі своїм високим контрастом, гнучкістю та можливістю створення ультратонких панелей.

4. Електронне чорнило (E-ink) – використовується переважно в електронних книгах. Ця технологія імітує зовнішній вигляд звичайного паперу, що робить читання комфортнішим для очей та знижує енергоспоживання.

5. Вакуумно-люмінесцентні дисплеї (VFD) – раніше широко використовувалися в аудіо- та відеообладнанні, а також у деяких автомобільних панелях приладів. VFD забезпечують яскраве і чітке зображення, але мають високий рівень енергоспоживання.

6. Плазмові дисплеї – використовувалися в телевізорах та великих екранах. Плазмові дисплеї створюють зображення за допомогою плазмових осередків, що випромінюють світло під дією електричного струму. Хоча вони забезпечують високоякісне зображення, їх використання зменшилось через високу енергоспоживаність та вагу.

Для даної системи достаньмо обрати світлодіодний дисплей (LED).[9]

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

3.6. Обґрунтування кнопки вимикання

Для вмикання та вимикання системи вимірювання освітленості потрібно застосувати кнопку.

Кнопки є важливими компонентами в електронних пристроях, забезпечуючи взаємодію користувача з системою. Ось основні різновиди кнопок, які використовуються в електроніці розглянемо нижче.

Механічні кнопки – традиційні кнопки, які фізично натискаються для замикання або розмикання електричного кола. Вони поділяються на кілька підтипів:

- Тактові кнопки (Tactile Switches) – малі за розміром кнопки з чітким тактильним відгуком, що використовуються в пультах управління та інших портативних пристроях.
- Кнопки з фіксацією (Push-Button Switches) – кнопки, які залишаються в натиснутому положенні до повторного натискання.
- Мембранні кнопки (Membrane Switches) – кнопки, що складаються з кількох шарів тонкого матеріалу. Використовуються в клавіатурах та панелях управління.

Сенсорні кнопки – реагують на дотик пальця без фізичного натискання. Вони працюють на основі ємнісного або резистивного принципу:

- Ємнісні сенсорні кнопки – реагують на зміну ємності при дотику пальця. Широко використовуються в смартфонах та планшетах.
- Резистивні сенсорні кнопки – реагують на тиск, що змінює опір. Використовуються у пристроях, які потребують роботи в умовах високої вологості або забруднень.

Кнопки з під світлою – мають вбудоване підсвічування, що забезпечує видимість у темряві. Часто використовуються в автомобільних панелях, пультах управління та медичних пристроях.

Мікроперемикачі – дуже чутливі кнопки, що спрацьовують при мінімальному зусиллі. Використовуються в різних пристроях, включаючи комп'ютерні миші та побутову техніку.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

Джойстики та навігаційні кнопки – багатонапрямні кнопки, що дозволяють управляти рухом курсора або персонажа. Використовуються в ігрових контролерах та деяких електронних пристроях.

Перемикачі-качалки – кнопки, що нахиляються в один бік для замикання кола і в інший для розмикання. Використовуються у світильниках та інших побутових приладах.

Поворотні перемикачі – працюють шляхом обертання ручки або циферблата для вибору різних електричних контактів. Використовуються в радіоприймачах, приладових панелях та іншому обладнанні.[10]

3.7.Обґрунтування звукового оповіщувача

В випадку критичних значень вмикається звукова сигналізація.

Сирени та світлові оповіщувачі – пристрої для подачі сигналу під час тривоги за допомогою звуку чи світла. Їхня мета – сповістити людей у приміщенні про тривогу або налякати зловмисника. Також існують світлозвукові варіанти, які поєднують обидва види оповіщувачів, щоб підвищити ефективність системи сигналізації - подавати сигнал відразу двома способами.



Рис.3.5.Звукові та світлові оповіщувачі

Види оповіщувачів:

1. Сирени. В основі конструкції є світлодіоди, п'єзоелектричні або динамічні перетворювачі звуку. Другий варіант вибирають частіше через те, що він голосніший. Навіть на вулиці або в надто галасливому приміщенні його буде чути.

2. Світлові. Для подачі світлового сигналу використовували лампи розжарювання або строб-спалахи. Наразі практично у всіх моделях встановлені світлодіоди. Вони поєднують плюси обох попередніх варіантів: надійні та ефективно подають світловий сигнал.[11]

3. Світлозвукові. Для подачі світлового сигналу та звукового сигналу. В якості звукового опвіщувача потрібно застосувати динамік.

3.8. Структурна схема

Враховуючі функції системи вимірювання освітленості та обгнрутованих складових побудуємо структурну схему рис.3.6.

Структурна схема – це сукупність елементарних ланок об'єкта та зв'язків між ними, один із видів графічної моделі. Під елементарною ланкою мається на увазі частина об'єкта, системи керування тощо, яка реалізує елементарну функцію.

Складові системи наступні:

1) Датчик освітленості підключений до мікроконтролера. Датчик освітленості вимірює освітленість в приміщенні та передає на мікроконтролер.

2) Кнопка яка підключена до мікроконтролера відповідає за включення/виключення живлення системи.

3) Акумулятор який підведено до мікроконтролера забезпечую систему напругою живлення.

4) Мікроконтролер, який під'єднано до акумулятора та всі елементи під'єднані до мікроконтролеру.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

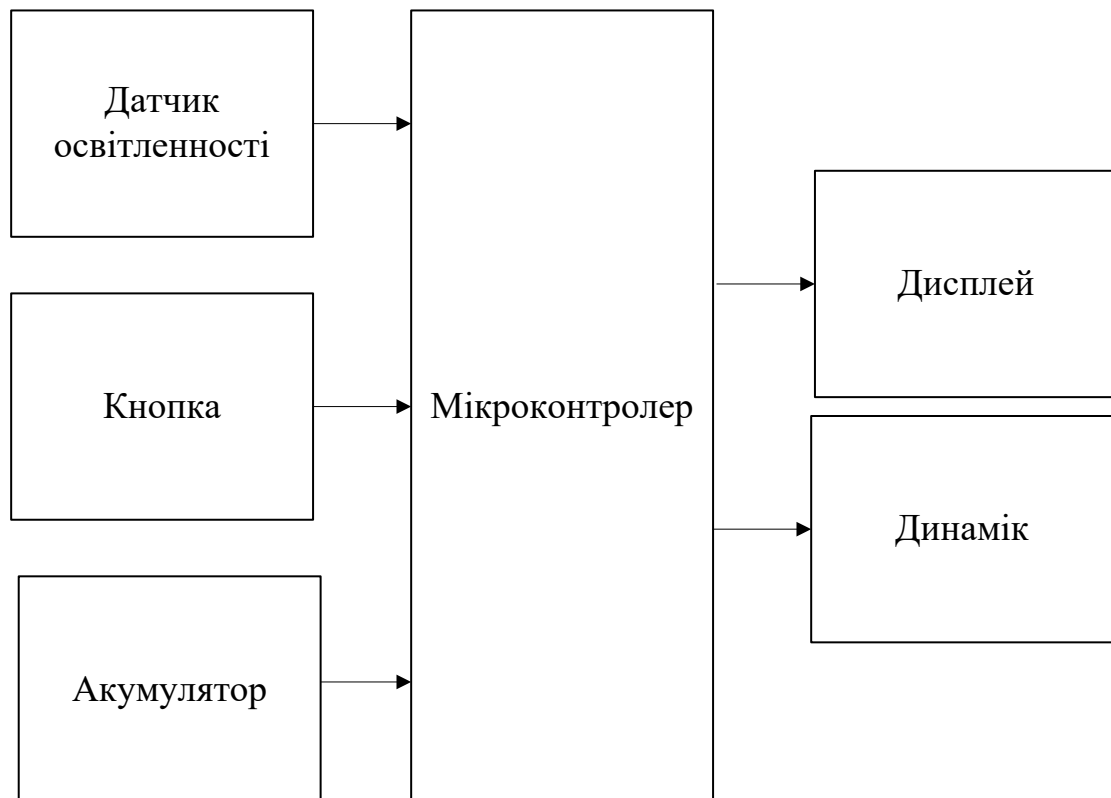


Рис. 3.6 Структурна схема системи вимірювання та контролю освітленості

5) Дисплею, якій під'єднаний до мікроконтролеру, за допомогою якого мвідображаються дані, які зчитав та обробив мікроконтролер з датчика освітленості.

6) Динамік, якій під'єднаний до мікроконтролера. За допомогою динаміка відбувається звукове оповіщення в разі критичних значень.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

У якості мікроконтролера був обраний мікроконтролер C8051F304 фірми Silicon Laboratories, що представлений на рис.4.1. Розташування виводів представлено на рис.4.2.



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд C8051F304

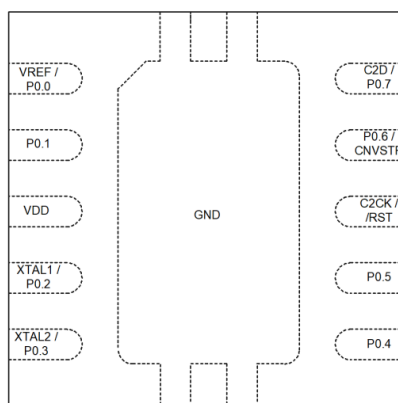


Рис. 4.2.Розташування виводів C8051F304

Це мініатюрний мікроконтррлер, що має всього 8 ліній вводу/виводу. Мікроконтролер C8051F304 має вбудований модуль з інтерфейсом I2C.

Технічні характеристики мікроконтролера C8051F304:

- Основний процесор: 8051;
- Розмір ядра: 8-Bit;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		31

- Швидкість: 25MHz;
- Підключення: SMBus (2-Wire/I²C), UART/USART;
- Периферія: POR, PWM, WDT;
- Кількість входів / виходів: 8;
- Розмір пам'яті програми: 4KB (4K x 8);
- Тип пам'яті програми: FLASH;
- Розмір оперативної пам'яті: 256 x 8;
- Напруга живлення (V_{cc} / V_{dd}): 2.7V ~ 3.6V;
- Тип генератора: Internal;
- Робоча температура: -40°C ~ 85°C (TA);
- Пакет пристроїв постачальника: 14-SOIC (0.154", 3.90mm Width).[12]

4.2 Вибір датчика освітленості

У якості датчика освітленості взятий датчик освітленості MAX40007 фірми Maxim integrated (рис.4.2.).



Рис.4.2.Зовнішній вигляд датчик освітленості MAX40007

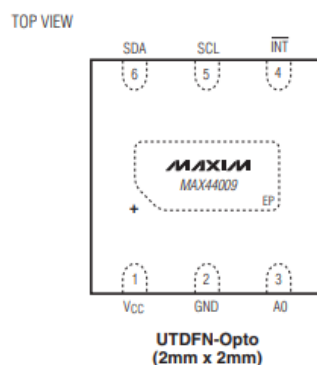


Рис. 4.2. Розташування виводів датчика освітленості MAX 44007

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		32

Датчик освітлення MAX44009 має інтерфейс підключення I2C. Що в свою чергу дозволяє послідовне підключення через цифровий вихід, завдяки чому економиться кількість пінів мікроконтролера.

Мікросхема призначена для роботи в межах від 1,7 В до 3,6 В напруги живлення та споживає 0,65 мкА .

Датчик освітленості має розміри: 2 x 2 x 0,6 мм.

Блок діаграма датчика зовнішнього освітлення MAX44009 представлена на рис.4.3.

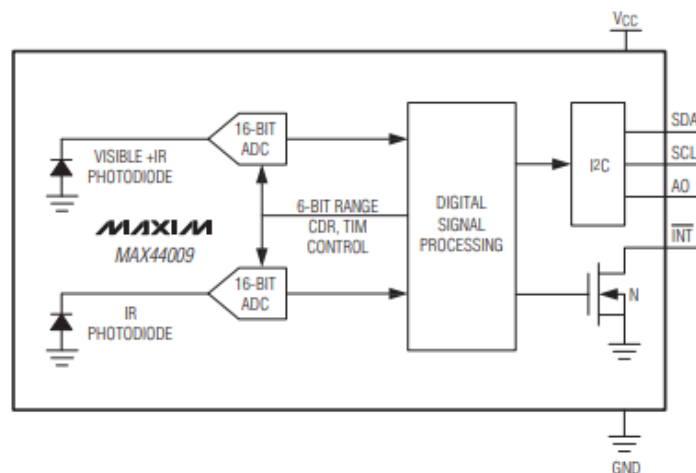


Рис.4.3. Блок діаграма датчика зовнішнього освітлення MAX44009

Технічні характеристики:

- Широкий діапазон виявлення: від 0,025 люкс до 104 448 люкс;
- Напруга живлення: 3-5 В;
- Струм: 0.65 мкА;
- Інтерфейс: I2C;
- Дозвіл: 0.045 - 188000 лк;
- Динамічний діапазон: 22 біт;
- Розміри: 10 x 13 мм;
- Діапазон температур для роботи: від -40С до +85С.[13]

4.3. Вибір дисплея

Для виводи значень виміряних значень освітленості запропоновано використати дисплей. А саме обираємо LED дисплей марки NHD-C12832A1Z-FSW-FBW-3V3, він має роздільну здатність 128×32 точок. Застосування такого графічного дисплея обумовлено наступними моментами:

- можливість виводу значень великим шрифтом розміром 19×32;
- можливість доступно зчитувати показання на відстані від системи та різним кутом огляду;
- можливість зчитувати дані в сутерках.

Зовнішній вигляд дисплею представлений на рисунку 4.3.

Підсвітка дисплея не використовується, щоб виключити її вплив на результати вимірювань. Крім того, обраний дисплей споживає близько 80 мкА в робочому режимі (без підсвітки), що значно менше, ніж у більшості знакових РК-дисплеїв, що використовують популярний контролер HD44780.

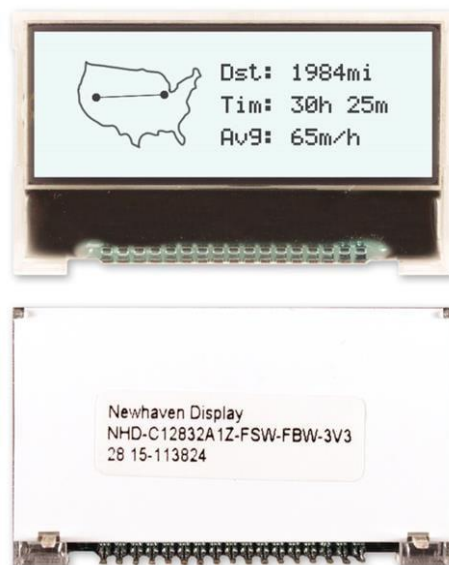


Рис. 4.3. Зовнішній вигляд дисплею NHD-C12832A1Z-FSW-FBW-3V3

Технічні характеристики дисплею:

- Категорія: LCD графічні дисплеї
- Тип дисплея: LCD;
- Вид дисплея: графічний;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Роздільна здатність дисплея: 128x32;
- Технологія дисплея: COG; FSTN Позитивний фонова гр. колір: білий;
- Розміри: 41,4x24,3x4 мм;
- Розмір вікна (В х Ш): 36x12 мм;
- Освітлення: LED;
- Колір підсвічування: білий;
- Тип контролера: ST7565R;
- Кількість штифтів: 17;
- Розводка контактів роз'єму: 1x17;
- Напруга живлення: 3В;
- Робоча температура: -20...70°C;
- Крок контактів: 1,5 мм;
- Тачпад: немає.[14]

4.4.Вибір динаміка

В випадку критичних значень освітленості вмикається звукове оповіщення. Для цього використовуємо активний динамік рис.4.4.



Рис.4.4.Активний динамік

П'ятивольтовий активний динамік безперервного сигналу з вихідною частотою 2.3 КГц (+/-0.5 kHz), діаметр 12 мм, позитивний висновок трохи довший.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Характеристики:

- Живлення: 5 В;
- Струм: не більше 30 мА;
- Частота звуку: 2300 Гц;
- Діаметр: 12 мм;
- Висота: 9.6 мм [15].

4.5.Вибір кнопки

Для включення та виключення живлення системи вимірювання освітленості запропоновано використати кнопку. Обрано кнопку з фіксованим положенням RB22E07 рис.4.5.



Рис. 4.5 Зовнішній вигляд кнопки з фіксованим положенням RB22E07

Кнопка зі фіксованим положенням на платі призначена для довготривалого розміщення і відрізняється від мобільних кнопок, які можуть бути натиснуті та відпущені. Така кнопка зазвичай використовується для ініціювання постійних дій, що потребують увімкнення або вимкнення функцій, або для встановлення статусів, які залишаються незмінними протягом тривалого часу.[19]

Технічні характеристики кнопки:

- Кількість положень: 2;
- Кількість стабільних положень: 1;
- Кількість полюсів: 2;

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Контактні групи: DPDT;
- Алгоритм роботи: ON-(ON);
- Максимальний струм: 50 мА;
- Макс. напруга DC: 5-30 В;
- Загальна висота кнопки: 12.3 мм;
- Орієнтація штовхача: Вертикальна;
- Підсвічування: Ні;
- Спосіб ел. монтажу: Паяння в отвори;
- Матеріал корпусу; Пластик;
- Робоча температура; -25°C ... +70°C.[16]

4.6.Вибір джерела живлення

Для того щоб обрати джерело живлення, потрібно врахувати живлення всіх складових елементів системи. Зведемо напругу живлення всіх складових елементів системи втабличку табл.4.1. З табл.4.1. робимо висновок, що живлення системи становитиме 5В.

Таблиця 4.1. Споживання напруги

Елемент	Напруга
Мікроконтролер C8051F304	2.7-3.5 В
Датчик освітленості MAX44007	1.7 - 3.6 В
Дисплей NHD-C12832A1Z	3 В
Кнопка PB22E07	5-30 В
Активний динамік	5 В

Для живлення системи було обрано акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh рис.4.6. Даний акумулятор задовольняє усі потреби живлення системи згідно таблиці 4.1.

Акумулятор – батарея з напругою 4.8В, типу Ni-MH (Нікель-метал-гідридний), потужністю 2300 mAh універсальна, багатозадачна модель AA розміру, яка ідеально підходить для безлічі мініатюрних переносних девайсів.



Рис.4.6.Зовнішній вигляд акумулятора AA 2300мАч 4.8V Ni-Mh

Технічні характеристики:

- Тип хімії: Ni-MH (Нікель-метал-гідридний);
- Ємність: 2300 mAh;
- Напруга: 4.8 В;
- Стан: Новий;
- Тип силового роз'єму: JST;
- Вага: 0.119 кг;
- Розміри: довжина - 58 мм. / ширина - 52 мм. / товщина - 15 мм.[17]

4.7. Розробка принципової схеми

Принципова схема – це технічний документ, який показує електричні з'єднання і компоненти електронного пристрою у вигляді графічних символів. Вона дозволяє інженерам та технікам зрозуміти, як функціонує електронний пристрій, і допомагає в його проєктуванні, виготовленні та обслуговуванні.

Принципова схема зазвичай містить: резистори, конденсатори, транзистори, мікросхеми; лінії, що показують, як компоненти підключені один

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

до одного; мітки та символи для кожного компоненту та з'єднання, що пояснюють їхні функції та характеристики; вказівки на номінали напруг та струмів у різних частинах схеми.

Згідно обраних елементів, технічних характеристик та опису елементів та розробленої структурної схеми, складемо принципову схему системи освітленості рис.4.7.

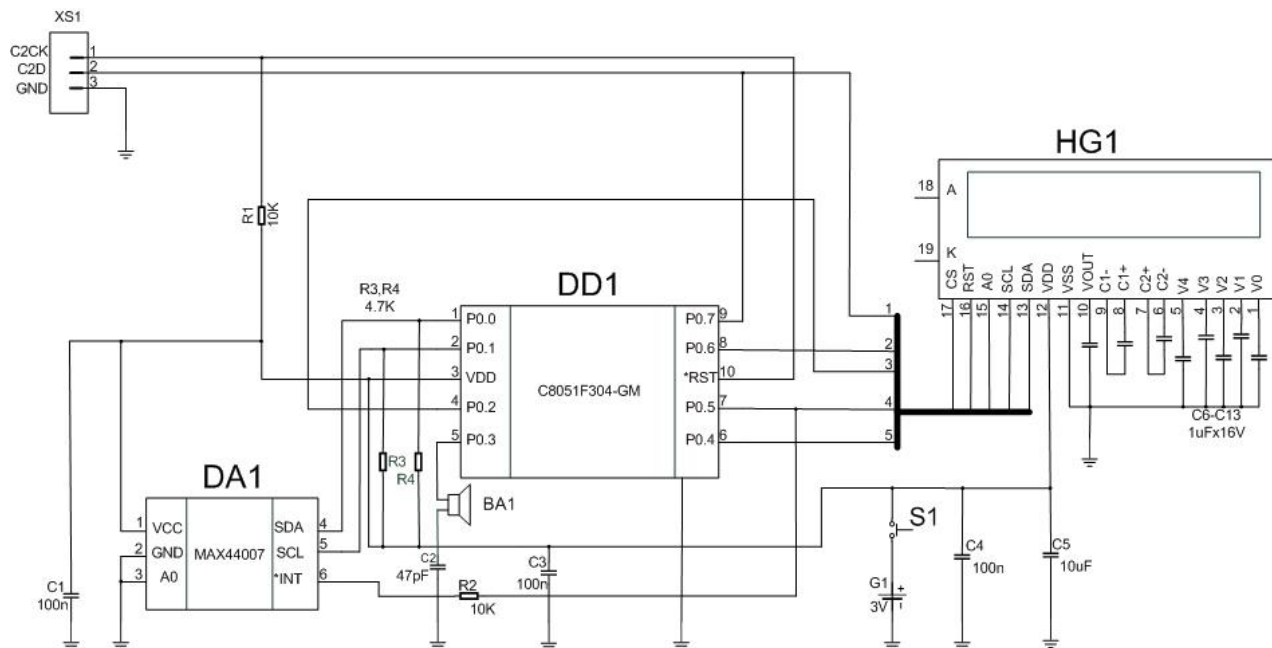


Рис. 4.6 Принципова схема системи контролю освітленості

Складові системи на схемі наступні:

1. DD1– мікроконтролер C8051F304-GM;
2. DA1 – датчик освітленості MAX44007;
3. HG1 – дисплей NHD-C12832A1Z ;
4. XS1 – роз'єм для програматора;
5. G1 – виводи для підключення акумулятора;
6. S1 – кнопка PB22E07;
7. BA1 – активний динамік.

Додаткові деталі системи на схемі 4 резистора (R1-R4) і 13 кондерсаторів (C1-C13).

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Алгоритм програми

Алгоритм роботи системи зображений на рисунку 5.1.

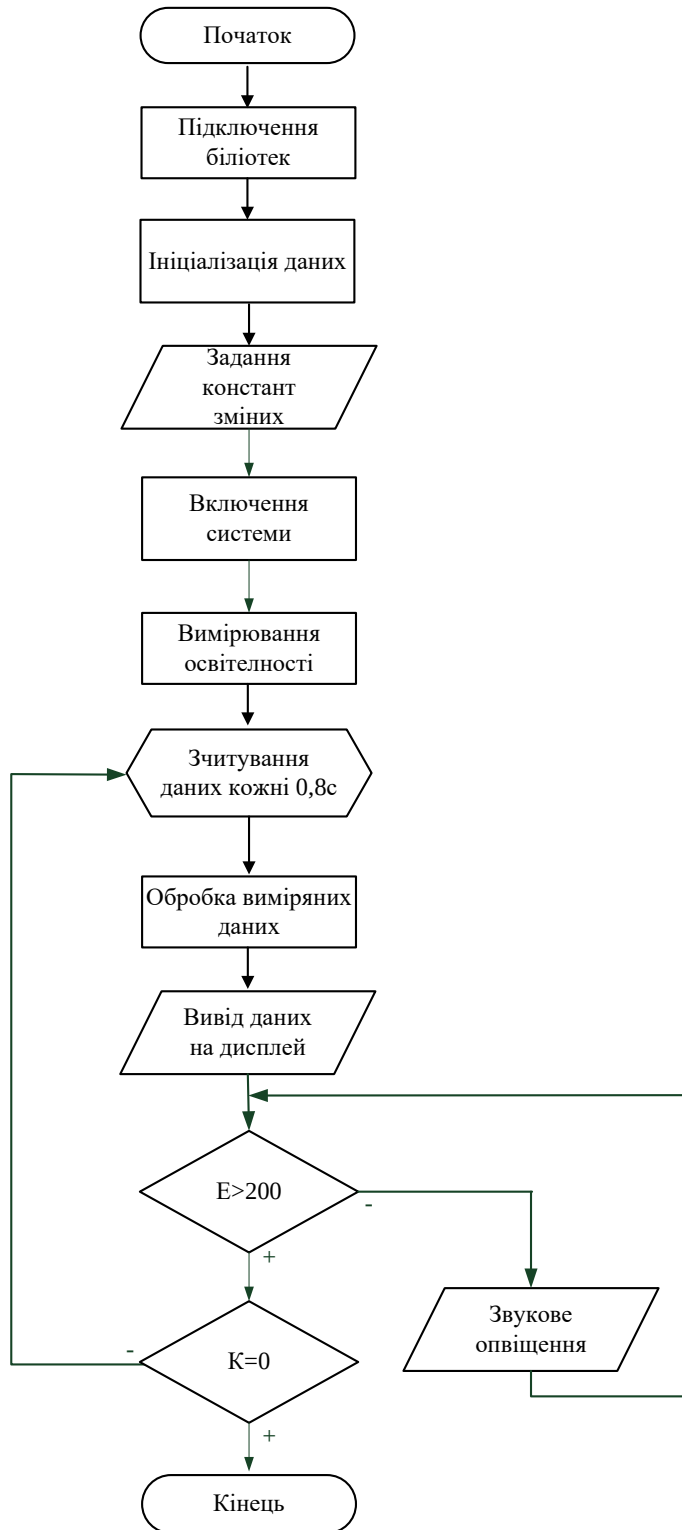


Рис. 5.1 Блок-схема алгоритму роботи програми

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 виміряних 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 виміряних 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.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

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

5.2.Розробка програми

Мікроконтролер C8051F304 можна програмувати на декількох мовах програмування, але найпопулярнішою є мова C. Нижче наведені основні варіанти:

1. C: Це найпоширеніша мова програмування для мікроконтролерів. Мікроконтролери серії C8051F підтримують C завдяки широкому вибору компіляторів і інтегрованих середовищ розробки (IDE), таких як Keil μ Vision та Silicon Labs IDE.

2. Assembler (Асемблер): Для максимальної ефективності і контролю над ресурсами мікроконтролера можна використовувати мову асемблера. Це забезпечує найвищу продуктивність і мінімальне використання пам'яті, але є складнішим для написання і підтримки.

3. C++: Хоча менш поширена, ніж мова C, C++ також може бути використана для програмування мікроконтролерів, особливо коли потрібні об'єктно-орієнтовані можливості.

Обиремо для програмування системи мову програмування Assambler.

Асемблер – це низькорівнева мова програмування, яка використовується для написання програм, що безпосередньо взаємодіють з апаратним забезпеченням комп'ютера чи мікроконтролера. Програми, написані на асемблері, дуже близькі до машинного коду, який виконується процесором, і складаються з простих інструкцій, що відповідають машинним командам.

Інструменти для програмування

– Keil μ Vision: Один з найпопулярніших IDE для програмування мікроконтролерів на мові C. Він включає в себе потужний компілятор,

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		42

налагоджувач та емулятор.

– Silicon Labs IDE: Спеціалізоване середовище розробки від виробника мікроконтролера. Це IDE включає в себе все необхідне для розробки і налагодження програм для мікроконтролерів серії C8051F.

– SDCC (Small Device C Compiler): Відкритий компілятор для мікроконтролерів, який підтримує мову C і може бути використаний для програмування C8051F304.

Програма мікроконтролера написана мовою асемблера, призначена для компіляції засобами розробки фірми Keil, та налагоджена серед Silicon Labs IDE. Розмір частини програми, що завантажується, близько 1,9 Кб, що робить можливим скомпілювати її безкоштовною версією системи, доступною з сайту silabs.com. Малий розмір програми дозволяє замість зазначеного типу мікроконтролера застосувати будь-який із серії C8051F300 – C8051F305 без зміни коду чи схеми. Ці моделі відрізняються, в основному, обсягом пам'яті та периферійними модулями, але всі вони мають не менше 2 Кб флешу і модуль I2C. Частота внутрішнього генератора в моделях F300 і F301 становить 24.5 мГц замість 20 мГц у інших, але це в даному випадку несуттєво (перевірено на макеті). Замість зазначеного індикатора можна застосувати дуже схожий на нього індикатор LO-13232A-02, але через відсутність у автора такого індикатора ця заміна не випробовувалась.

Приведемо нижче частину коду, повний код представлений в Додатку А.

```
$NOMOD51
#include (C8051F300.inc)

SDA      EQU    P0.7           ; LCD interface
SCL      EQU    P0.6
A0       EQU    P0.5
RST      EQU    P0.4
CS       EQU    P0.2

        DSEG    AT 0x20        ; data segment in direct addressable
space

pag:     DS 1                  ; LCD page #
col:     DS 1                  ; LCD column #
width:   DS 1                  ; LCD bitmap width
height:  DS 1                  ; LCD bitmap height
showMode: DS 1                  ; display mode: 0=erase, 0xFF=display
lx_old:  DS 2                  ; storage for previous measurement
```

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Док.
Зм.	Док.	№ докum.	Підпис	Дат		43

```

                ORG     0x30
                DS      1                ; aux byte used by BCD conversion
digits:        DS      5                ; storage for digits
fraCount:      DS      1                ; # of fraction digits

                CSEG    AT 0                ; interrupt vectors
                ljmp    Main                ; reset
                ORG     0x03                ; INT0 vector
                Reti

                ORG     0x0B                ; Timer0 vector
                reti

                ORG     0x63                ; code section right after the int.
vectors
                USING   0                ; specify register bank
main:
                anl     PCA0MD, #NOT(0x40) ; disable the WDT
                mov     SP, #0x7F         ; setup stack in indirect storage
area
                acall   Ports_Setup
                acall   Clock_Setup        ; housekeeping tasks
                acall   Timers_Setup
                acall   I2C_Setup
                acall   INT0_Setup
                acall   Init_LCD
                acall   MAX44007_Setup

loop:
                anl     P0MDOUT, #0xDF     ; main loop
                setb    P0.5                ; clear bit 5
                setb    P0.5                ; configure P0.5 for input
                setb    EA                  ; enable interrupts
                mov     OSCICN, #0x08      ; switch to external oscillator
                mov     PCON, #0x01        ; set CPU idle mode (sleep for 1 sec)
                mov     PCON, PCON         ; dummy 3-cycle instruction
                mov     OSCICN, #0x04      ; switch to internal oscillator
                clr     EA                  ; disable interrupts
                orl     P0MDOUT, #0x20     ; configure P0.5 for output

                acall   MAX44007_Read      ; get Lux value from sensor in R3:R2
                mov     A, lx_old          ; is the previous measurement
                xrl     A, R2              ; equal the current one?
                jnz     dis
                mov     A, lx_old+1
                xrl     A, R3
                jz      loop                ; YES - wait for the next data
dis:            mov     lx_old, R2         ; NO - display the new value
                mov     lx_old+1, R3
                acall   Display_Number
                sjmp    loop

;-----PROCEDURES-----
Ports_Setup:
                mov     P0MDIN, #0xF7      ; analog operation on P0.3 (XTAL2)
                mov     P0MDOUT, #0xF4     ; open drain mode on P0[1:0] and P0.3
                mov     XBR0, #0xFC        ; skip P0.0 and P0.1 for SMB
                mov     XBR1, #0x04        ; enable SMB I/O
                mov     XBR2, #0x40        ; enable Xbar
                mov     P0, #0x0F          ; initialize P0
                ret

```

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

```

;-----
Clock_Setup:
    mov     OSCICN, #0x04          ; internal 20 MHz oscillator with 1:8
divider
    mov     OSCXCN, #0x52          ; enable external osc. in cap mode w.
K=7.7
    ret                             ; for cap=47pF freq=66.6KHz

;-----
Timers_Setup:
    mov     TMOD, #0x21            ; mode_1 for Timer0, mode_2 for
Timer1
    mov     CKCON, #0x12           ; use SYSCLK/48 for Timer0 and SYSCLK
for Timer1
    mov     TH1, #251              ; bit rate for I2C
    ; mov    IE, #0x02             ; enable Timer0 interrupt
    ; setb   TR0                   ; start Timer0 for 1-sec interrupts
    ret

;-----
INT0_Setup:
    setb    IT0                    ; configure INT0 as edge-triggered
    mov     IT01CF, #5             ; assign active low INT0 to P0.5
    setb    EX0                    ; enable INT0
    ret

;-----
I2C_Setup:
    mov     SMB0CF, #0x01          ; SMBUS clock by Timer 1 overflow
    ret
MAX44007_Setup:
    setb    TR1                    ; enable Timer 1
    orl     SMB0CF, #0x80          ; enable SMBUS

    acall   Start_I2C
    mov     SMB0DAT, #0xB4         ; chip address + write
    acall   Write_I2C
    mov     SMB0DAT, #0x05         ; set Upper Threshold
    acall   Write_I2C
    mov     SMB0DAT, #0x00         ; 0x00
    acall   Write_I2C
    acall   Stop_I2C

```

Основна частина програми знаходиться у функції `main`.

Основні частини коду:

1. Оголошення пінів: SDA, SCL, A0, RST, CS. Ці константи визначають піни мікроконтролера, що використовуються для зв'язку з інтерфейсом LCD.

2. Оголошення змінних: pag, col, width, height, showMode, lx_old, digits, fraCount. Ці змінні використовуються для зберігання даних і налаштувань

програми.				МММТ 480.001.023 - ПЗ		Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3. Налаштування портів: функція Ports_Setup конфігурує режими вводу та виводу для відповідних пінів мікроконтролера.

4. Налаштування годинника: функція Clock_Setup конфігурує внутрішній генератор тактових сигналів на частоту 20 МГц.

5. Налаштування таймерів: функція Timers_Setup конфігурує таймери, які використовуються для I2C комунікації та інших завдань.

6. Налаштування переривань: функція INT0_Setup конфігурує переривання INT0.

7. Код для I2C: функція 'I2C_Setup' відповідає за комунікацію з датчиком освітленості MAX44007 через I2C.

8. Код для датчику освітленості MAX44007: функція 'MAX44007_Setup' виконує послідовно команди для роботи датчика освітленості.

9. Основний цикл програми: мітка 'loop' означає цикл програми, який виконується постійно. Цикл відповідає за вимірювання значень освітленості кожні 8 секунд, порівнюється з критичним значенням освітленості і виводиться на LCD. В випадку критичного значення вмикається динамік.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

6.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Друкована плата (також відома як друкована схема або монтажна плата) – це базова платформа для механічного монтажу та електричного з'єднання електронних компонентів за допомогою провідникових доріжок, шарів, отворів та інших об'єктів, сформованих із листового ламінату.

Основні функції друкованої плати:

1. Механічне кріплення електронних компонентів за допомогою отворів для виводів компонентів.
2. З'єднання компонентів для передачі електричних сигналів і живлення між ними через провідникові доріжки на поверхні або всередині плати.
3. Забезпечення теплового розсіювання від деяких компонентів.
4. Забезпечення електричної ізоляції між провідниками.
5. Забезпечення зв'язку із зовнішніми пристроями через роз'єми.

Друковані плати виготовляються шляхом нанесення тонкого шару міді на непровідну основу, зазвичай композитний матеріал із скловолокна та епоксидної смоли. Потім провідникові доріжки формуються хімічним травленням або механічним вибіркоким видаленням міді.

Друковані плати широко використовуються в побутовій електроніці, комп'ютерах, телекомунікаціях та багатьох інших галузях завдяки компактності, ефективності виробництва та надійності.[18]

Комп'ютеризована система вимірювання освітленості зібрана на друкованій платі розміром 30x60 мм, спроектованої в системі Eagle. Датчик освітлення встановлений на окремій платі разом із конденсатором C1 та резистором R4. Таке рішення було прийнято на етапі проектування для спрощення за необхідності заміни сенсора на MAX44009. Файли друкованих плат додаються. Живлення виробляється від батареї CR2032, середній споживаний струм від неї близько 130 мкА. Так як використання пристрою передбачається лише час від часу, корпус для нього обираємо відповідно більший розміру плати. Пропонується використати корпус 10006-L.9ТЕКО:

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

універсальний; X: 31мм; Y: 68мм; Z: 24мм; SOAP 1; ABS; чорний
Програмування МК здійснюється внутрішньосхемно за інтерфейсом C2 через роз'єм XS1.

Eagle (скорочено від Easily Applicable Graphical Layout Editor) – це широко використовуване програмне забезпечення для автоматизованого проектування друкованих плат (САПР ДП), розроблене компанією CadSoft.

Основні функції Eagle:

1. Редактор схем (Schematic Editor) – дозволяє створювати електричні схеми з використанням бібліотек компонентів.

2. Редактор друкованих плат (Board Editor) - використовується для розміщення компонентів і трасування провідників на друкованій платі після створення електричної схеми.

3. Автотрасувальник (Autorouter) – автоматично трасує з'єднання між компонентами на платі відповідно до заданих правил проектування.

4. Бібліотеки компонентів – Eagle має великі вбудовані бібліотеки, а також можливість створювати та імпортувати власні бібліотеки.

5. Вихідні файли для виробництва - програма може генерувати вихідні файли Gerber для виготовлення плат на виробництві.

Eagle підтримує як ручне, так і автоматичне трасування провідників, має зручний інтерфейс і досить простий у використанні. Це робить його популярним інструментом серед інженерів-розробників, дослідників, студентів та ентузіастів в області електроніки та проектування друкованих плат.[19]

На рисунку 6.1 зображена друкована плата системи освітленості розроблена в середовищі Eagle.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

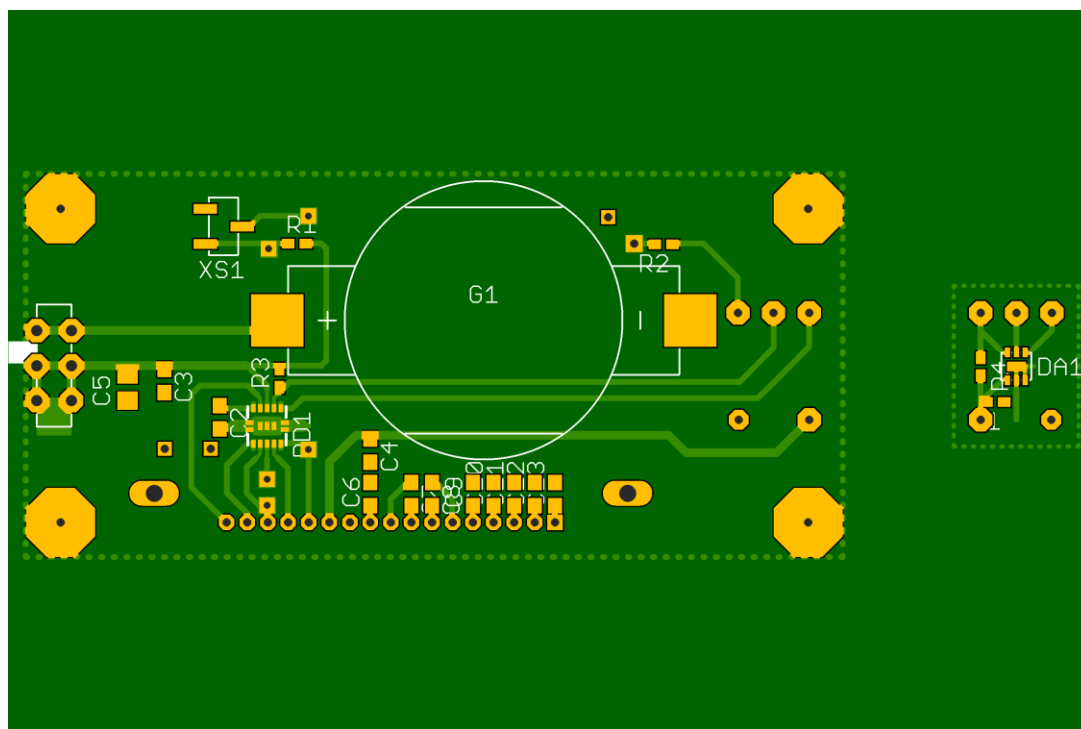


Рис. 6.1 Вигляд нижньої частини друкованої плати

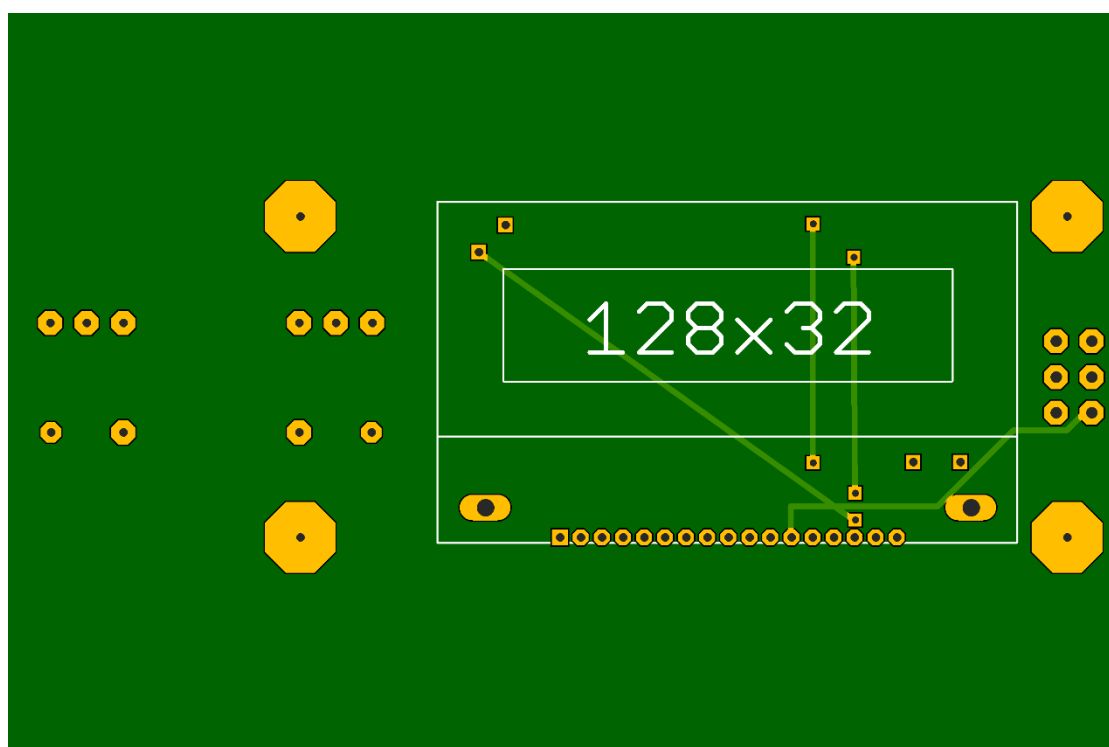


Рис. 6.2. Вигляд верхньої частини друкованої плати

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Розміри деталей на друкованій платі:

1) Компанія Newhaven Display International випустила графічний OLED-дисплей NHD-C12832A1Z. Згідно з технічними специфікаціями, активна область цього дисплея, де відображається зображення, має розміри приблизно 37,0 мм в ширину та 27,4 мм у висоту. Однак ці розміри не включають зовнішню рамку або інші елементи конструкції дисплея поза активною зоною.

2) Мікроконтролери серії C8051F30x від компанії Silicon Laboratories відзначаються надзвичайно компактними розмірами - всього 3х3 мм, що робить їх одними з найменших мікроконтролерів на ринку.

3) Датчик освітленості MAX44007 від Maxim Integrated виконаний у корпусі SMD (Surface Mount Device) для поверхневого монтажу. Самі розміри інтегральної мікросхеми датчика становлять 2,0 мм в ширину, 2,0 мм в довжину та 0,6 мм у висоту. Слід зазначити, що ці розміри стосуються лише безпосередньо корпусу мікросхеми і не враховують додаткові елементи, такі як контактні виводи, припійні кульки чи монтажні компоненти.

4) Для підключення живлення обрано акумулятора ААА на 4,8В достатньо мати роз'єм на платі, розмір близько 1мм на 5 мм.

5) Врахувавши розмір плати 30х60, обираємо корпус 10006-L.9ТЕКО: універсальний; X: 31мм; Y: 68мм; Z: 24мм; SOAP 1; ABS; чорний.

6.2.Розрахунок надійності

Надійність системи є однією з ключових вимог при її розробці та експлуатації. Забезпечення високого рівня надійності допомагає гарантувати стабільну та безперебійну роботу системи, а також запобігти можливим збоям або відмовам. Розглянемо основні аспекти надійності системи:

1. Безвідмовність: Здатність системи виконувати свої функції без відмов протягом певного періоду часу за заданих умов експлуатації. Підвищення безвідмовності досягається за рахунок якісного проектування, використання надійних компонентів та регулярного технічного обслуговування.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. Відновлюваність: Властивість системи, що дозволяє їй відновити працездатний стан після відмови за певний проміжок часу. Це включає швидке виявлення та усунення несправностей, а також можливість забезпечення резервування критичних функцій.

3. Ремонтопридатність: Характеристика системи, яка визначає її придатність до проведення ремонтних робіт та технічного обслуговування. Висока ремонтпридатність передбачає легкий доступ до компонентів, модульну конструкцію та наявність відповідної документації та інструментів.

4. Збережуваність: Здатність системи зберігати свої характеристики та працездатність протягом певного періоду зберігання та транспортування за встановлених умов.

5. Стійкість до відмов: Здатність системи продовжувати функціонування при певних відмовах компонентів або зовнішніх збуреннях. Це забезпечується наявністю резервних елементів, дублюванням критичних функцій або застосуванням методів відмовостійкого проектування.

6. Контроль та діагностика: Наявність вбудованих засобів моніторингу та діагностики стану системи, виявлення та локалізації несправностей, що дозволяє своєчасно виконувати профілактичні та ремонтні роботи.

Забезпечення надійності системи є комплексним завданням, що вимагає системного підходу на всіх етапах проектування, виробництва та експлуатації. Це дозволяє мінімізувати ризики відмов, збоїв та простоїв, підвищити безпеку та ефективність роботи системи. [20]

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Дрк.
						51
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

– діапазон температур від 0 до 45°C, відносна вологість повітря до 85% при 25 °C;

– конструктивно виконано для роботи на приміщенні зовні автомобіля з штучно регульованими кліматичними умовами, вібростійкий.

Склад виробу – комп'ютеризована система вимірювання та контролю освітлення приміщення.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і мікросхеми є подіями випадковими і незалежними;
2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;
4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектованого виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у [20] з врахуванням вихідних даних для проектного виробу.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 66,523 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [24].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9823	0,9649	0,9479	0,9311	0,8670	0,6999	0,56511	0,48996

На графіку,веденому на рис 6.6 приведена залежність надійності $P(t)$.

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

					МММТ 480.001.023 - ПЗ		Арк.
							53
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат			

Підставляючи дані в формулу (2.4) одержимо

$$T = (66,523 \cdot 10^{-6})^{-1} = 15032 \text{ годин.}$$

Таблиця 6.2 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	C8051F304	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
	MAX44007	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
3	Резистори	4	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0538
4	Дисплей NHD-C12832A1Z	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Кнопка	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Конденсатори	13	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,1747
7	Пайки	90	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0189
8	Акумулятор 5В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								66,523

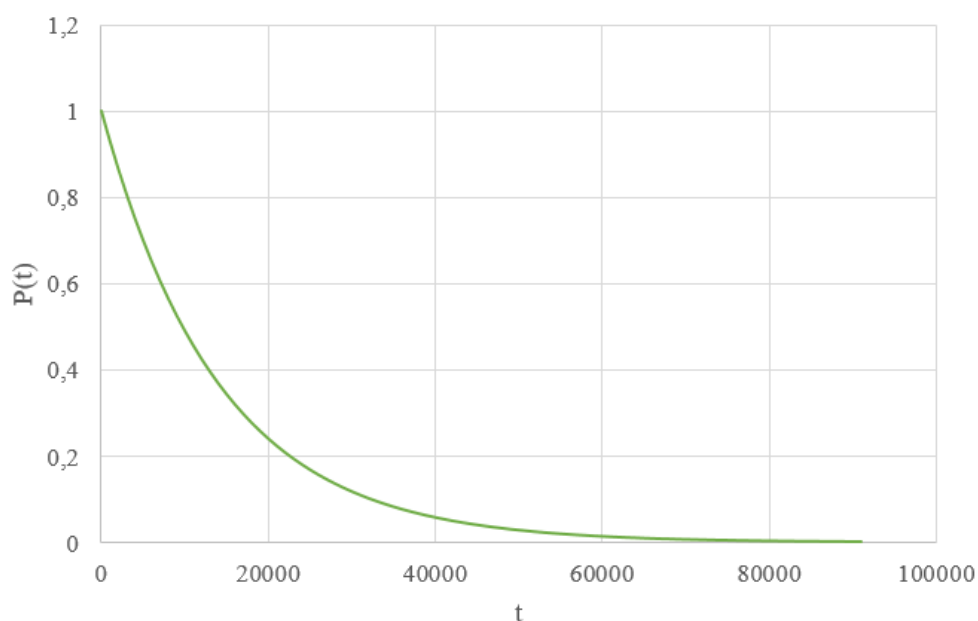


Рис.6.6 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

6.3.Розрахунок похибки вимірювання освітленості приміщення

Похибка вимірювання – це відхилення результату вимірювання від істинного або прийнятого як справжнє значення вимірюваної величини. Розрізняють кілька типів похибок вимірювання:

1. Систематичні похибки: Це постійні або передбачувані відхилення, які виникають через недосконалість методу або засобу вимірювання, а також через вплив зовнішніх факторів. Прикладами систематичних похибок є похибки градуювання, похибки встановлення нуля, похибки через зміну температури тощо.

2. Випадкові похибки: Непередбачувані відхилення, які змінюються випадковим чином при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини за однакових умов. Вони пов'язані з неконтрольованими флуктуаціями вимірювального процесу і приладу.

3. Промахи (грубі похибки): Значні відхилення результатів вимірювання, які виникають через недбалість або непередбачувані обставини (порушення умов вимірювання, помилки обслуговування тощо).

4. Методичні похибки: Похибки, пов'язані з недосконалістю самого методу вимірювання, наприклад, використання наближених формул або спрощених моделей.

5. Інструментальні похибки: Похибки, зумовлені недосконалістю засобів вимірювання, наприклад, похибки градуювання шкали, похибки через зношування деталей приладу.

Для зменшення впливу похибок застосовують різні методи: ретельну градуювання та калібрування приладів, виключення або компенсацію систематичних похибок, використання методів багаторазових або диференційних вимірювань, статистичну обробку результатів тощо.

Оцінка та врахування можливих похибок вимірювання є необхідною умовою для забезпечення достовірності та точності експериментальних досліджень у різних галузях науки та техніки.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Було проведено 10 повторних вимірювань освітленості приміщення датчиком освітлення МАХ44007, в діапазоні температурних вимог датчика освітленості від -40°C до 85°C.

Було отримано таку вибірку:

$$E_v = (175,0; 174,8; 175,5; 175,9; 175,1; 176,1; 174,5; 175,5; 175,1; 175,0).$$

Знаходимо середнє значення вибірки:

Знаходимо середнє арифметичне і середньоквадратичне значення

1) середнє арифметичне E_v за (6.5):

$$E_v = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} E_{v_i} \cong 175,25 \quad (6.5)$$

2) похибки повторних вимірювань ΔE_{v_i} та $\Delta E_{v_i}^2$ (4.2):

$$\Delta E_v = |\overline{E_v} - E_{v_i}| \text{ та } \Delta E_{v_i}^2 = (\overline{E_v} - E_{v_i})^2, \quad (6.6)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Результати вимірювань та обчислень запишемо в таблицю 6.3

Таблиця 6.3

№ з. п.	E_v , люкс	ΔE_v , люкс	ΔE_v^2 люкс ²
1	175,00	0,25	0,062500
2	174,80	0,45	0,202500
3	175,50	0,25	0,062500
4	175,90	0,65	0,422500
5	175,10	0,15	0,022500
6	176,10	0,85	0,722500
7	174,50	0,75	0,562500
8	175,50	0,25	0,062500
9	175,10	0,15	0,022500
10	175,00	0,25	0,062500
сер	175,25	0,40	2,205000

3. Розраховуємо випадкову похибку вимірювання за (6.5). За даними таблиці 6.3 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчою

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

ймовірністю 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (6.6) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{E}_v - E_{vi})^2} \approx 0,156 \text{ люкс}$$

Та знаходимо випадкову похибку:

$$\Delta_{B E_v} = 2,26 * 0,156 = 0,352 \text{ люкс}$$

Похибку приладу за (6.7)

$$\Delta_{\text{пр}} E_v = \frac{1}{3000} t_p k E_{v_{\text{гр}}} \quad 6.7$$

5. Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $E_{v_{\text{гр}}} = 9999 \text{ }^\circ\text{C}$, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{\text{пр}} E_v = \frac{1}{3000} * 2,0 * 9999 * 1 \approx 6,6 \text{ люкс}$$

6. похибку заокруглення за (6.8):

$$\Delta E_3 = P \frac{h}{2}. \quad (6.8)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду вимірюваної величини — 0,05. Отже:

$$\Delta E_{v3} = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ люкс};$$

6. загальна абсолютна похибка (6.9):

$$\Delta E_v = \sqrt{(\Delta_B E)^2 + (\Delta_{\text{п}} E)^2 + (\Delta_3 E)^2} = \sqrt{0,352^2 + 6,66^2 + 0,02^2} \approx \quad (6.9)$$

$$\approx 6,669 \approx 6,67 \text{ люкс}$$

7. Відносну похибку за формулою:

$$\delta L = \frac{\Delta E}{\bar{E}} \times 100\% = \frac{6,67}{175,25} \times 100\% \approx 3,81\%$$

Отже, отримаємо абсолютну похибку вимірювання 6,67 люкс, відносну похибку вимірювання відсотках 3,81%.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Роботодавець – власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник – особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Законодавство про охорону праці складається із Закону України «Про охорону праці», КЗпП, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Згідно зі ст. 15 Закону «Про охорону праці» така служба обов'язково повинна бути створена на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб у відповідності з Типовим положенням про службу охорони праці. Також має бути розроблено Положення про службу охорони праці цього підприємства, визначено структуру такої служби, її чисельність, основні завдання, функції та права її працівників.

На підприємствах з кількістю працівників менше 50 чоловік функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва (суміщення) особи, які мають відповідну підготовку. А на підприємствах з кількістю працівників менше 20 для виконання функцій служби охорони праці можуть

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

на договірних засадах залучатися сторонні фахівці, які мають не менше трьох років виробничого стажу і пройшли навчання з охорони праці.

Обов'язок роботодавця – затвердити документи, які передбачені ст. 13 Закону «Про охорону праці». Вони повинні встановлювати правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках і робочих місцях. Інструкції та інша документація з охорони праці розробляються на підставі положень законодавства з охорони праці, типових інструкцій та технологічної документації підприємства з урахуванням виду діяльності підприємства і конкретних умов праці на ньому, керівниками структурних підрозділів.

7.2.Умови охорони праці при роботі з люксометром

Для забезпечення належних умов охорони праці при роботі з люксометром необхідно дотримуватись наступних вимог:

1. Перед використанням переконайтеся, що люксометр знаходиться в справному стані і має діючий сертифікат калібрування.
2. Ознайомтеся з інструкцією з експлуатації приладу та дотримуйтесь вказівок виробника.
3. Під час вимірювань уникайте впливу сильних електромагнітних полів, які можуть спотворити показання люксометра.
4. Не піддавайте прилад механічним пошкодженням та струсам, оберігайте його від вологи та забруднення.
5. Після завершення вимірювань зберігайте люксометр у спеціальному футлярі або контейнері.
6. Регулярно проводьте калібрування люксометра у відповідності із встановленим графіком.
7. Під час роботи з люксометром використовуйте засоби індивідуального захисту (халат, окуляри тощо) за необхідності.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Дрк.
Зм.	Дрк.	№ докum.	Підпис	Дат		59

8. Не вносьте жодних модифікацій у конструкцію приладу без узгодження з виробником.

9. У разі виявлення несправностей чи пошкоджень люксметра негайно припиніть його експлуатацію та зверніться до спеціалістів із ремонту.

Дотримання цих правил допоможе забезпечити безпечну роботу з люксометром та уникнути нещасних випадків чи пошкоджень обладнання.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційної роботи бакалавра було розглянуто і розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання та контролю освітленості в приміщенні. Ця система є актуальною і використовується в даний час на підприємствах та установах.

Вимірювання освітленості приміщення здійснюється завдяки датчику освітлення. Розроблена комп'ютеризована система для вимірювання освітленості приміщення працює в автоматичному режимі. Виміряні значення освітленості виводяться на дисплей. Критичні значення освітленості супроводжуються звуковою сигналізацією в вигляді подання звуку з динаміка.

В кваліфікаційної роботи бакалавра було зроблено:

1. Розглянуті існуючі системи вимірювання освітленості.
2. Побудовано структурну і принципову схеми.
3. Розроблений алгоритм та програма системи.
4. Розроблена друкована плата.

5. Прорахована надійність та точність системи. Надійність склала 15 000 годин на відмову, точність склала 3,8%.

Впровадження комп'ютеризованої системи вимірювання освітлення може мати низку позитивних наслідків. По-перше, вона дозволить підтримувати оптимальний рівень освітлення на робочих місцях, що сприятиме зменшенню втоми і покращенню комфорту працівників. По-друге, така система забезпечить більш раціональне використання енергетичних ресурсів для освітлення, підвищуючи енергоефективність. Крім того, аналіз даних, зібраних системою, може стати основою для подальшої оптимізації умов праці, адже ці дані дадуть можливість визначити проблемні зони та шляхи їх покращення. Узагальнюючи, комп'ютеризована система контролю освітленості є важливим елементом сучасних виробничих середовищ, який сприяє покращенню умов праці, енергоефективності та продуктивності.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Док.
						61
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Загальні відомості про люксметр [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Люксметр>.
2. Люксметр-термометр BENETECH GM1030 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ldvir.ua/elektroinstrument/vymiryuvalnyjinstrument/lyuksometry/lyuksmetrtermometr200000lux2050%C2%B0cbenetechg1030>.
3. Міни люксметра FLUS ET-952 GM1030 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://techno-med.com.ua/ua/professional-nyj-ljuksmetr-flus-et-952.html>.
4. Люксметр UNI-T UT383 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://masteram.com.ua/ru/mini-light-meter-uni-t-ut383>.
5. Люксметр цифровий Laserliner LuxTest-Master [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <https://laserliner.com.ua/catalog/prylady-dlya-speczialnyh-vymiriv/laserliner-luxtest-master>.
6. Мікроконтролер і його види [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроконтролер>.
7. Датчик освітленості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Датчик_освітленості.
8. Що таке батарея [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Батарея_\(електрика\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Батарея_(електрика)).
9. Засоби відображення інформації. Частина 1 : навчальний посібник / Л. В. Крилик, О. О. Селецька, І. В. Сухоцька. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 82 с.
10. Види кнопок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lemanso.com.ua/elektromontazhnoe-oborudovanie/knopki-elektricheskie>.
11. Види оповіщувачів[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://smartel.ua/ua/sireny-i-svetovye-opoveshchateli>.
12. Мікроконтролер C8051F304 DataSheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/c8051f304-gm.html>.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		62

13. DataSheet датчик освітленості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://1wire.com.ua/download/max44009.pdf>.

14. Дисплей NHD-C12832A1Z-FSW-FBW-3V3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tme.eu/ua/ru/details/nhd-c12832a1z-fwf3/displei-lcd-graficheskie/newhaven-display-international/nhd-c12832a1z-fsw-fbw-3v3>.

15. Активний динамік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod603-aktivnii-dinamik-12mm-5v-buzzer>.

16. Кнопка з фіксованим положенням PB22E07 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://m-teh.com.ua/knopka-pb22e07-bez-fiksatsii>.

17. Акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh динамік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://akumo.com.ua/p1304913117-akkumulyator-2300mach-48v.html>.

18. Стаття «Методи виготовлення друкованих плат» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studopedia.org/6-116440.html>.

19. Eagle [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.eagle.cool>.

20. Методи розрахунку надійності [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5199824/page:5>.

21. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» // Розробники: Подчашинський Юрій, Чепюк Ларіна, Петросян Руслан, 2021. – 60с.

					МММТ 480.001.023 - ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		