

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування

комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

Дипломний проект

здобувача освіти денної форми навчання

КС.58.16.000.ДП

ПОЛІЩУК

ВЛАДИСЛАВА ОЛЕГОВИЧА

м. Одеса

2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

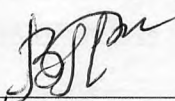
Група: 4КС-58

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

Розробка моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів

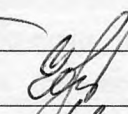
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 84 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 17 аркушах (слайдах)

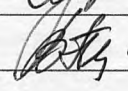
Дипломник  (Поліщук В.О.)

Керівник  (Кривченко Ю.В.)

Консультанти:

з економічного розділу  (Канський М.Ю.)

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

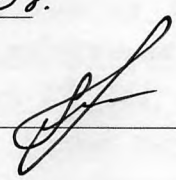
Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист «23» сервія 2025 р.

Протокол ЕК № 3

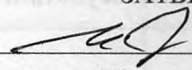
Оцінка ЕК 5(відмінно) / 908.

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 
Беркань І.В.

« 19 » 08 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

здобувачеві (здобувачці) освіти Поліщук Владиславу Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розробка моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів

затверджена наказом по коледжу від « 14 » листопада 2024 р. № 246



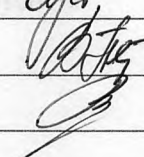
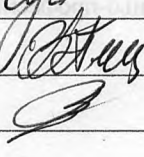
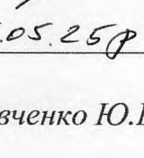
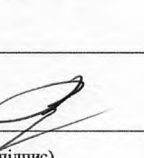
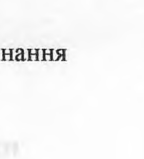
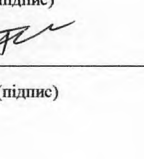
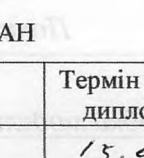
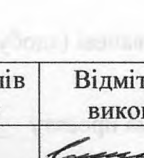
2. Термін здачі закінченого проекту 16 серпня 2025р.

3. Вихідні данні до проекту 1. У якості мікроконтролера для обчислювальної платформи використовувати ATmega-328. 2. Передбачити визначення освітленості (світлового потоку) у видимому діапазоні довжин хвиль спектру, рівня інфрачервоного випромінювання, кольорової гами монітору, відстані до монітору. 3. Забезпечити передачу вимірюваних даних до ПК або смартфона за допомогою бездротового каналу зв'язку; 4. Розробити модель оптичної системи та виконати розрахунки у OpticStudio

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
Аналіз застосування люксметрів. Визначення основних фотометричних величин. Визначення технічних характеристик приладів. Розробка моделі пристрою і визначення базових параметрів. Підбір елементів пристрою для калібрування та їх аналіз. Створення схеми та інтеграція компонентів пристрою для калібрування моніторів. Реалізація програмного забезпечення мікроконтролера. Аналіз результатів роботи пристрою калібрування.

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Структурна схема пристрою для калібрування; Таблиця результатів моделювання у OpticStudio; Візуалізація 3-вимірного пустотілого зображення і тіньової моделі оптичної системи у OpticStudio; Схема підключення датчика TSL2561; Схема підключення датчика SRF04; Схема підключення датчика MLX90614; Схема підключення датчика кольорів TCS3200; Схема підключення датчика FSC-BT986; Схема підключення компонентів пристрою у Tinkercad; Узагальнена блок-схема алгоритму вимірювань

6. Консультанти по проекту, із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Кривченко Ю.В.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання _____

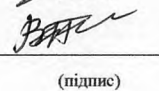
15.05.25р.

Керівник _____

Кривченко Ю.В.


(підпис)

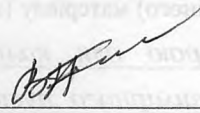
Завдання прийняв до виконання _____


(підпис)

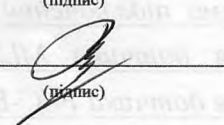
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	15.05.25р.	Виконав
2.	Аналіз технічного завдання та загальна концепція	16.05.25р.	Виконав
3.	Застосування приладів-люксметрів	17.05.25р.	Виконав
4.	Вимірювання основних фотометричних величин	18.05.25р.	Виконав
5.	Аналіз характеристик існуючих приладів-люксметрів	22.05.25р.	Виконав
6.	Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів	26.05.25р.	Виконав
7.	Вибір елементної бази та аналіз компонентів	01.06.25р.	Виконав
8.	Розробка схеми підключення компонентів пристрою	06.06.25р.	Виконав
9.	Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера ATmega-328	10.06.25р.	Виконав
10.	Тестування передачі даних вимірювань у порт	11.06.25р.	Виконав
11.	Збірка пристрою та калібрування сенсорів	12.06.25р.	Виконав
12.	Виконання економічних розрахунків	13.06.25р.	Виконав
13.	Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки	14.06.25р.	Виконав
14.	Виконання графічної частини проекту	14.06.25р.	Виконав
15.	Підготовка проекту до захисту та складання доповіді	16.06.25р.	Виконав

Дипломник _____


(підпис)

Керівник _____


(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Основний розділ.....	7
1.1 Аналіз технічного завдання та визначення засобів реалізації.....	7
1.2 Аналіз застосування приладів-люксметрів	8
1.3 Визначення основних фотометричних величин.....	11
1.4 Визначення технічних характеристик приладів для вимірювання рівня освітленості та кольоропередачі.....	16
1.5 Розробка моделі пристрою і визначення базових параметрів	23
1.5.1 Розробка структурної схеми пристрою для калібрування моніторів.....	23
1.5.2 Моделювання оптичної системи пристрою калібрування моніторів.....	25
1.5.3 Визначення рівня освітленості на приймачі пристрою для калібрування моніторів.....	28
1.6 Підбір елементів пристрою для калібрування та їх аналіз.....	31
1.6.1 Платформа для пристрою калібрування Elegoo UNO-R3.....	31
1.6.2 Датчик визначення освітленості TSL2561.....	33
1.6.3 Вимірювач відстані SRF04.....	34
1.6.4 Датчик вимірювання інфрачервоного випромінювання MLX90614.....	35
1.6.5 Модуль визначення кольору TCS3200.....	36
1.6.6 Bluetooth-модуль FSC-BT986 для передачі даних вимірювання.....	37
1.6.7 Сенсорна кнопка НТТМ.....	40
1.7 Створення схеми та інтеграція компонентів пристрою для калібрування моніторів.....	40
1.7.1 Комутація датчика освітленості TSL2561.....	40
1.7.2 Комутація датчика відстані SRF04.....	42

1.7.3	Комутація датчика інфрачервоного випромінювання MLX90614.....	43
1.7.4	Комутація датчика кольору TCS3200.....	43
1.7.5	Комутація адаптеру Bluetooth- FSC-BT986.....	46
1.7.6	Реалізація схеми підключення компонентів пристрою для калібрування моніторів.....	47
1.8	Реалізація програмного забезпечення мікроконтролера.....	49
1.8.1	Реалізація алгоритму зчитування даних датчика TSL2561.....	51
1.8.2	Реалізація алгоритму зчитування даних датчика SRF04.....	53
1.8.3	Реалізація алгоритму зчитування даних датчика MLX90614.....	55
1.8.4	Реалізація алгоритму зчитування даних датчика TCS3200.....	56
1.9	Аналіз результатів роботи пристрою калібрування.....	59
2	Економічна розділ.....	61
3	Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	66
	Висновки.....	71
	Перелік використаних інформаційних джерел.....	72
	Додаток А. Програма для мікроконтролера Elegoo UNO-R3.....	73
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	76

ВСТУП

Для більшості живих істот на нашій планеті світло є життєво важливим чинником. Люди, завдяки еволюційному розвитку, адаптувалися до існування при природному освітленні, яке впливає як на їхній емоційний, так і на фізичний стан. Невідповідне освітлення, будь то надто слабе або занадто яскраве, має негативні наслідки. Недостатня кількість світла призводить до швидкої втоми, сонливості, зниження продуктивності та ефективності праці, що підвищує ризик помилок, травм, хвороб і навіть смертельних випадків. Існує термін "світлове голодування" для опису цього явища. За даними статистики, багато нещасних випадків на виробництві пов'язані з низьким рівнем освітленості, а недостатнє освітлення нерідко стає причиною аварій на робочих місцях.

Використовують різні типи пристроїв для вимірювання освітленості, які розрізняються за принципом дії та призначенням. Переважно вони професійні та спеціалізовані, а застосування таких приладів у побуті є невиправданим через складність налаштувань, великі розміри та специфічні умови використання. Особливо для контролю освітленості під час професійної фотозйомки та відеозйомки потрібні автоматизовані та легкі у використанні прилади вимірювання освітленості сцени. Автоматизація таких вимірювань може значно покращити функціональність приладів у цій галузі.

Запропонований пристрій буде створено на базі платформи Arduino. Він зможе вимірювати освітленість, світловий потік у видимому спектрі, рівень інфрачервоного випромінювання та визначати кольори об'єктів. Розробка цього дипломного проекту дозволить вирішити не лише задачу контролю освітленості, але й контролю рівня інфрачервоного випромінювання. Завдяки датчику кольору можна буде визначити відтінки сцени зйомки для вибору оптимального режиму, зокрема під час калібрування комп'ютерних моніторів. Це допоможе налаштувати точність кольоропередачі моніторів, що є важливим для дизайнерів, фотографів та інших професіоналів, які працюють із зображеннями. Калібрування дозволить досягти максимальної відповідності між зображенням на екрані та кінцевим продуктом, що особливо важливо при друку та цифровій обробці.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз технічного завдання та визначення засобів реалізації

Розроблюваний інструмент для калібрування комп'ютерних моніторів має забезпечувати можливість вимірювання світлового потоку, рівня інфрачервоного випромінювання та кольорів залежно від відстані. Для цього будуть встановлені датчики освітленості, інфрачервоного випромінювання та датчик кольору з урахуванням відстані (ультразвуковий датчик вимірювання відстані), а дані передаватимуться на смартфон або комп'ютер через бездротовий канал Bluetooth за допомогою адаптера. Також передбачено сенсорне увімкнення датчиків.

Моделювання оптичної системи розроблюваного пристрою планується проводити у спеціалізованому програмному забезпеченні Zemax, де необхідно буде задати радіус кривизни оптичних поверхонь, відстань між ними та оптичний матеріал. Планується визначити діаметр вхідної зіниці для системи на рівні 20 мм. Програма автоматично розраховуватиме світлові радіуси оптичних поверхонь. Необхідно також вказати спектральний діапазон системи, тобто довжини хвиль, на яких буде здійснюватись аналіз характеристик. Оптична система буде використовуватись у видимому діапазоні оптичного випромінювання, тобто від 350 до 750 нм. У програмі треба також вказати кути поля зору системи, на яких буде проводитися аналіз. Планується отримати зовнішній вигляд оптичної системи та тіньову модель, у якій можна буде вибрати спосіб відображення. Результати цих розрахунків необхідно буде закласти у формат відповідних значень налаштувань датчику яскравості до програми мікроконтролера Arduino. Необхідно також розрахувати освітленість на приймальну поверхню випромінювання, визначити вхідні параметри та врахувати коефіцієнти поглинання, які має оптична система.

Наступними кроками будуть розробка електричних схем підключення, створення програмного забезпечення, проведення фізичного з'єднання елементів схеми та перевірка функціонування оптичної вимірювальної станції, а також калібрування сенсорів. Під час моделювання та з'єднання пристрою спочатку буде створено таблицю та схему підключення для всіх датчиків у відповідні порти плати керування Arduino. Програмування мікроконтролера оптичної вимірювальної

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

станції буде виконуватися у середовищі розробки Arduino IDE мовою програмування C++. Завдяки цьому пристрою можна буде не тільки вимірювати освітленість та інфрачервоне випромінювання, але й визначати кольорові відтінки сцени зйомки, що особливо важливо під час калібрування комп'ютерних моніторів для забезпечення точної передачі кольорів.

1.2 Аналіз застосування приладів-люксметрів

Для вимірювання рівня освітленості у будь-якій точці використовується спеціалізований прилад – люксметр. Результати вимірювання, які відображаються на дисплеї приладу, показують загальний рівень освітленості, створений усіма джерелами світла у цій точці. Прилад надає результати у одиницях "люкс". Зазвичай ці одиниці позначають аббревіатурою лк, а у міжнародному стандарті – lx. Один люкс відповідає величині світлового потоку у люменах (лм), розподіленого на один квадратний метр, тобто $1\text{лк} = 1\text{лм}/\text{м}^2$.

Прилади для вимірювання освітленості (люксметри) застосовуються у різних сферах та ситуаціях:

- під час атестації робочих місць на відповідність санітарним та іншим нормам, які діють в країні;
- на підприємствах, де цей параметр важливий у виробничих процесах;
- у наукових цілях, таких як астрономія та астрофізика, або для лабораторних досліджень;
- при виборі оптимального режиму фото- та відеозйомки, зокрема під час кіновиробництва та калібрування комп'ютерних моніторів.

Реальні моделі люксметрів використовуються для забезпечення точної калібрування комп'ютерних моніторів, що має ключове значення для професій, пов'язаних із графічним дизайном, фотографією та відеомонтажем. Такі пристрої дозволяють визначати точні параметри освітленості та світлового потоку, що надходить від монітора, а також враховувати вплив навколишнього освітлення. Це забезпечує високу точність відображення кольорів і тонів, що є критичним для створення якісного цифрового контенту. Використання люксметрів для

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

калібрування моніторів дозволяє досягти найкращої відповідності між зображенням на екрані та кінцевим продуктом, зокрема під час друку та цифрової обробки.



Рисунок 1.1. Прилади-люксметри різних типів

Існує багато випадків застосування приладів вимірювання світлової інтенсивності. Самі прилади можуть бути як стаціонарними, так і переносними. Стаціонарні варіанти зазвичай використовуються у промислових цілях та для контролю роботи різного обладнання. Люксметри відрізняються за класом точності та виконанням, що впливає на їхню вартість та сферу застосування, а також вимоги до точності при конкретних вимірюваннях. Часто такі пристрої мають додаткові функції. Є універсальні моделі, оснащені різними типами датчиків, що дозволяють проводити кілька видів вимірювань.

Сумарний потік фотонів від різних джерел світла надходить до приймального вікна приладу для вимірювання освітленості. Після проходження через спеціальний фільтр цей потік очищається від ультрафіолетового спектру світла, залишаючи лише видимий спектр. Потім він потрапляє на датчик люксметра, який є напівпровідником. У цьому напівпровіднику, під впливом

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		9

фотонів, відбувається вивільнення електронів, що створює струм. Сила цього струму безпосередньо залежить від інтенсивності фотонного потоку, що падає на датчик. Сонячні панелі працюють на тому ж принципі, але з різними завданнями. У сонячних панелях виробники прагнуть підвищити ККД, а в люксметрах - досягти максимальної точності вимірювання рівня освітленості. Тому в них встановлюють ультрафіолетовий фільтр, щоб фотони, які відповідають ультрафіолетовому діапазону, не впливали на генерацію струму в датчику, що не потрібно для зазначеної мети. У схемі приладу фіксується значення сили струму, і воно переводиться у зрозумілі показники рівня освітленості.

Люксметри широко використовуються для вимірювання рівня освітленості у різних точках. Вони є досить простими у використанні: потрібно знати нормативний або оптимальний рівень освітленості, порівняти його з отриманими даними і коригувати освітлення. Люксметри дозволяють контролювати інтенсивність світлового потоку, що безпосередньо впливає на яскравість лампочки. Такі вимірювання здійснюються ще на етапі виробництва ламп, щоб виявити несправності, такі як мерехтіння, яке може погано впливати на зір. У галузі приладо-будування контроль параметрів потрібен для таких виробів як:

- ліхтарики;
- ультрафіолетові освітлювачі;
- прожектори;
- автомобільні фари.

Контроль за допомогою люксметрів важливий для багатьох інших систем та пристроїв, які без належної перевірки не допускаються до продажу. Наприклад, у методах неруйнівного контролю люксметри необхідні при капілярних методах, де освітленість контрольованої поверхні повинна бути не менше 500 лк. При візуальному методі неруйнівного контролю зовнішній огляд здійснюється під час освітленості в 140-160 лк, а місцевий контроль вимагає освітленості щонайменше 500 лк.

Для калібрування моніторів використовуються різні моделі люксметрів:

- SpectraCal C6 Colorimeter: Цей люксметр відомий своєю точністю та

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		10

зручністю використання. Він підходить для професійного калібрування моніторів у друкарських та графічних студіях;

- X-Rite i1Display: Цей інструмент забезпечує високу точність калібрування та підтримує різні моделі моніторів. Він також має програмне забезпечення для налаштування кольорів;
- Datacolor SpyderX Pro: Цей люксометр є популярним серед користувачів, які шукають простоту в налаштуванні та високу точність. Він підходить для домашнього калібрування моніторів;
- Calibrieren: Це програмне забезпечення для калібрування моніторів, яке може використовувати різні моделі люксометрів для точного налаштування;
- Spyder5Elite: Цей люксометр відомий своєю надійністю та точністю, і підходить для професійного калібрування моніторів.

Ці моделі допомагають забезпечити правильну передачу кольорів та яскравості на екрані монітора, що особливо важливо для графічних робіт, фотографії та друку.

1.3 Визначення основних фотометричних величин

У процесі розробки пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів важливо враховувати основні фотометричні величини, що забезпечують точність вимірювань. Фотометрія оцінює енергетичні параметри світла на основі зорових відчуттів людини. Важливо відзначити про той факт, що світло з різною кольоровою гамою (довжиною хвилі і частотою) сприймається не однаково. Наприклад, жовте світло сприймається яскравішим, ніж червоне або синє, навіть якщо прилади показують однакову потужність. Цей ефект базується на суб'єктивних зорових відчуттях, що робить відповідні величини суб'єктивними. Тому ці величини правильніше називати фотометричними. У фотометрії використовуються прилади, які налаштовуються так, щоб їхні показники максимально відповідали зоровим відчуттям людини зі середнім світлоадаптованим зором. Фотометрія поділяється на два основні розділи: світлову

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		11

та енергетичну фотометрію. У фотометрії енергетичні світлові властивості визначаються за деякими зоровим сприйняттям користувача та за реальними показниками приладів. У побутовій практиці частіше використовують світлову фотометрію для оцінки параметрів світлових потоків. Основні фотометричні величини є такими:

- Світлопотік (Φ): Це величина, що визначає потужність світлового джерела, тобто скільки світлової енергії (Q) воно випромінює за певний проміжок часу. Ця величина використовується для оцінки, наскільки яскраво освітлює лампа або інше світлове джерело. Формула розрахунку виглядає так: $\Phi = Q/t$, де Q - це кількість світлової енергії, а t - час. Одиницею вимірювання світлопотоку є люмен (лм). Світлопотік важливий для калібрування моніторів, адже він допомагає визначити, скільки світла виходить з екрану, що впливає на якість зображення.

- Сила світла (J): Це величина, що визначає, наскільки концентрований світловий потік у певному напрямку. Іншими словами, це міра інтенсивності світла в конкретному напрямку. Сила світла визначається як відношення світлового потоку ($\Delta\Phi$), що розповсюджується в об'ємному куті ($\Delta\Omega$), до цього кута. Формула розрахунку: $J = \Delta\Phi/\Delta\Omega$. Для калібрування моніторів важливо налаштувати силу світла так, щоб забезпечити рівномірне випромінювання у всіх напрямках, що дозволяє рівномірно освітлювати екран.

- Освітленість (E): Це величина, що визначає, скільки світлового потоку потрапляє на одиницю площі поверхні. Вона вимірюється в люксах (лк). Формула розрахунку: $E = \Delta\Phi/\Delta S$, де $\Delta\Phi$ - світловий потік, що потрапляє на поверхню, а ΔS - площа цієї поверхні. Освітленість важлива для пристроїв, які калібрують монітори, тому що точність вимірювання освітленості гарантує правильну передачу кольору та яскравості на екрані.

Основними характеристиками моніторів зазвичай є споживана енергія, вимірювана у ватах, та кількість світлового потоку, вимірюваного у люменах. Сприйняття людини певною мірою залежить від енергетичних параметрів світла, тому існує певний кількісний зв'язок між світловими та енергетичними величинами. Однак цей зв'язок нелінійний і досить складний, тому його

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		12

математичне вираження часто непридатне.

При калібруванні монітора важливо враховувати такі характеристики:

1. Сила світла (J) – характеризує інтенсивність світла в певному напрямку, вимірюється у канделах (кд). Визначається як відношення світлового потоку до

$$\text{тілесного кута: } J = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega}$$

2. Світловий потік (Φ) – загальна кількість світла, випромінюваного джерелом, вимірюється у люменах (лм).

3. Яскравість (L) – кількість світла, що випромінюється з одиниці площі екрану, вимірюється у канделах на квадратний метр (кд/м²).

4. Колірна температура (CCT) – визначає відтінок білого світла, вимірюється в кельвінах (К).

Приклад калібрування монітора:

1. Вимірювання світлового потоку: Наприклад, світловий потік монітора становить 300 люмен, що рівномірно розподіляється у всіх можливих напрямках

$$(4\pi \text{ стерadian}). \text{ Тоді } J = \frac{\Phi}{4\pi} = \frac{300}{4\pi} \approx 23,87 \text{ кandel.}$$

2. Визначення яскравості: Якщо екран монітора має площу 0,04 м², а світловий потік становить 300 люмен, яскравість $L = \frac{\Phi}{\text{площа екрану}} \approx$

$$300 \text{ лм} / 0,04 \text{ м}^2 = 7500 \text{ кд/м}^2$$

3. Вимірювання колірної температури: Для належного відображення кольорів колірна температура монітора повинна бути в діапазоні 6500 К, що відповідає стандарту D65.

Інший приклад розрахунків:

1. Світлова ефективність: Якщо монітор споживає 25 Вт і має світловий потік 500 люмен, світлова ефективність $\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{500 \text{ лм}}{25 \text{ Вт}} = 20 \text{ лм/Вт}$

$$\eta = \frac{500 \text{ лм}}{25 \text{ Вт}} = 20 \text{ лм/Вт.}$$

2. Сила світла в напрямку спостерігача: Якщо світловий потік 500 люмен заповнює тілесний кут π стерadian, то $J = \frac{\Phi}{\pi} = \frac{500}{\pi} \approx$

$$159,15 \text{ кандел.}$$

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		13

3. Яскравість екрану: Для екрану з площею $0,05 \text{ м}^2$ і світловим потоком 500 люмен, яскравість $L = \frac{\Phi}{\text{площа екрану}} = \frac{500 \text{ лм}}{0,05 \text{ м}^2} = 10000 \text{ кд/м}^2$.

Калібрування монітора включає налаштування яскравості, контрасту, кольорового балансу та гамми для досягнення точного та природного відображення зображень. Використання спеціальних приладів, таких як колориметри та спектрофотометри, дозволяє виміряти та налаштувати характеристики монітора з високою точністю.

Такий підхід дозволяє забезпечити точність і ефективність вимірювань, що є важливим для калібрування комп'ютерних моніторів та забезпечення якісного відображення на екранах.

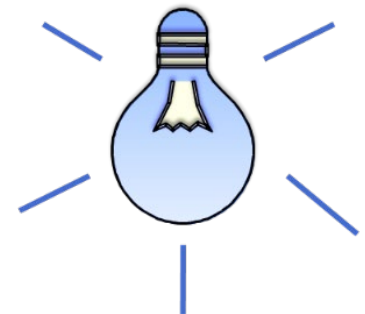
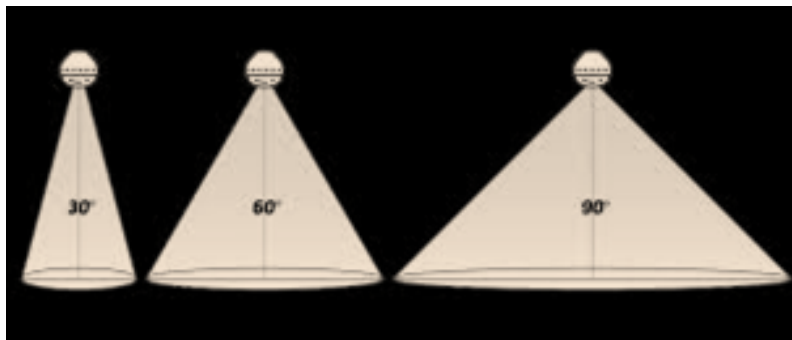


Рисунок 1.2. Різні кути розсіювання змінюють силу світла джерела

Світлова енергія (Q), світловий потік (Φ) і сила світла (J) є основними характеристиками світлового джерела. У буденному житті переважно цікавить кількість світлового потоку, що потрапляє на різні поверхні, такі як стіни, стіл або книги, тобто освітленість цих поверхонь. Освітленість у житлових приміщеннях повинна становити від 100 до 200 люкс (лк). Для класних кімнат, де важлива хороша видимість та концентрація, освітленість має бути на рівні 300 люкс (лк). Люксметри вимірюють освітленість шляхом перетворення світлового потоку, що потрапляє на світлочутливий елемент (фотоелемент), у зміни електричного опору або генеруючи електричну напругу. В електричному колі виникає струм, пропорційний освітленості фотоелемента, що викликає відхилення стрілки гальванометра або відображається у цифрових показниках.

Необхідно враховувати не лише наявну освітленість, але й уміти передбачати її. Наприклад, при проектуванні виробничих приміщень потрібно враховувати як будівельні та інженерні аспекти, так і освітленість приміщень. Закони освітленості допомагають вирішувати ці питання.

У центрі сфери з радіусом l розташоване точкове джерело світла, яке створює світловий потік Φ . Усі світлові промені спрямовані перпендикулярно до внутрішньої поверхні сфери (кут падіння $\alpha=0^\circ$). Кожна частина сфери освітлюється однаково, і освітленість визначається за формулою: $E_0 = \Phi S E_0 = \frac{\Phi}{S}$, де S – загальна площа поверхні сфери ($S = 4\pi l^2$), а Φ – світловий потік, створюваний джерелом у об'ємному куті $\Omega = 4\pi$ стерадіан. Враховуючи, що $J = \frac{\Phi}{4\pi}$, можемо записати: $E_0 = \frac{\Phi}{4\pi l^2} = \frac{J}{l^2}$. Таким чином, освітленість, створена точковим джерелом світла на поверхні, яка перпендикулярна до напрямку світлового потоку, прямо пропорційна силі світла джерела (J) і обернено пропорційна квадрату відстані до нього (l^2). Це відомо як перший закон освітленості або закон обернених квадратів.

Освітленість деякої поверхні об'єкта визначається не лише величиною світлового потоку, який на неї падає, але й орієнтацією поверхні у просторі щодо цього потоку, зокрема, кутом падіння променів. Наприклад, якщо світло-потік Φ_0 потрапляє на деяку поверхню з площею S , яка перпендикулярна до світлового потоку (кут падіння променів α_0 дорівнює нулю), тоді освітленість цієї поверхні буде розраховуватися за формулою $E_0 = \frac{\Phi_0}{S}$.

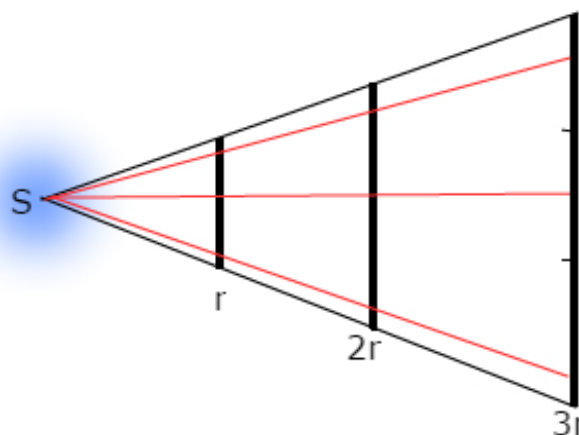


Рисунок 1.3. Освітленість об'єкту обернено пропорційна квадрату відстані

1.4 Визначення технічних характеристик приладів для вимірювання рівня освітленості та кольоропередачі

Поширені моделі люксометрів, такі як FLUS MT-92 та FLUS MT-902, мають невисоку ціну та пристосованість для вимірювань, котрі не призначені для лабораторного класу точності (рис. 1.4, 1.5), що є оптимальним для контролю рівня освітленості в таких сферах як рослинництво, метеорологія, різноманітні закриті приміщення та на відкритих просторах. Серед основних переваг цих люксометрів варто виділити великий рідкокристалічний екран, інтуїтивно зрозуміле меню приладу та гнучке з'єднання сенсора з основним блоком, що дозволяє проводити вимірювання навіть у важкодоступних місцях.



Рисунок 1.4. Зовнішній вигляд люксометру FLUS MT-92



Рисунок 1.5. Зовнішній вигляд люксометру FLUS MT-902

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		16

Модель люкметра PCE-174 (рис.1.6) оснащена фільтром, що усуває випромінювання поза видимим спектром, та має кабель завдовжки півтора метра для підключення датчика до приладу. Вона характеризується набором додаткових функцій, серед яких індикація перевантаження, відображення рівня низького заряду акумулятора, функція фіксації значення, а також можливість визначення максимального, мінімального та середнього значення.



Рисунок 1.6. Зовнішній вигляд люкметра PCE-174

Решітчатий спектрометр PCE-CSM 20 (рис.1.7) є мобільним та портативним пристроєм, призначеним для швидких вимірювань безпосередньо на випробувальному зразку. Завдяки акумулятору, довговічності лампи та зручній конструкції, він забезпечує максимальну простоту використання.



Рисунок 1.7. Зовнішній вигляд спектрометра PCE-CSM 20

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		17

Вимірювальний прилад створений для визначення кольорів у кольорових моделях CIE Lab, Yxy, Hunter, CIE LUV, XYZ, LCh. Отримані вимірювання зберігаються в пам'яті пристрою, яка вміщує 2000 стандартів та 20000 проб. Збережені дані можливо передати на комп'ютер для подальшого опрацювання за допомогою програмного забезпечення, що входить до комплекту.

У табл. 1.1. наведені технічні характеристики приладів FLUS MT-92, FLUS MT-902, PCE-174, PCE-CSM 20.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики приладів FLUS MT-92, FLUS MT-902, PCE-174, PCE-CSM 20

Характеристика	FLUS MT-92	FLUS MT-902	PCE-174	PCE-CSM 20
Діапазон вимірювання	0÷200,000 Lux	0÷200,000 Lux	0.1÷4000 Lux	400÷700 nm
Роздільна здатність	0.1Lux	0.1Lux	0.1Lux	10nm
Точність	±3%	±3%	±5%	±3%
Час спрацювання	0.4 с	0.4 с	2 с - 9 год	2.6 с
Дисплей	Чотириколірний ЖК-дисплей	Чотириколірний ЖК-дисплей з підсвічуванням	Чотириколірний ЖК-дисплей з підсвічуванням	Сенсорний дисплей
Датчик	Кремнієвий фотодіод зі спектральним фільтром	Кремнієвий фотодіод зі спектральним фільтром	Кремнієвий фотодіод зі спектральним фільтром	Решітчатий спектрометр
Габарити	174.5x80x31 мм	171x55x38 мм	203x75x50 мм	240x90x60 мм
Вага	31 г	161 г	280 г	600 г
Живлення	60 годин	60 годин	До 100 годин	8 годин (акумулятор)

Додатковими функціями зазначених вимірювальних приладів є мінімальні, максимальні та середні значення, визначення рівня освітлення в різних одиницях та збереження результатів. До професійного класу вимірювальних приладів відносяться високоточні прилади з розширеними можливостями завдяки використанню різних датчиків. Наприклад, спектрометр X-Rite i1Pro 2 може використовуватися для калібрування моніторів та інших пристроїв відображення.



Рисунок 1.8. Зовнішній вигляд спектрометра X-Rite i1Pro 2

Спектрометр X-Rite i1Pro 2 (рис.1.8) відзначається широким діапазоном вимірювань, має вбудований реєстратор даних та підтримує підключення через USB для передачі даних на комп'ютер з метою візуалізації та подальшої обробки. Завдяки використанню кремнієвого фотодіоду з спектральною відповідністю, близькою до стандартів CIE, а також фільтру та кутовій корекції косинусом, цей прилад забезпечує високу точність вимірювання освітленості. Спектрометр знаходить застосування в різних галузях, включаючи роботу у фізичних та оптичних лабораторіях та багато інших задач.



Рисунок 1.9. Зовнішній вигляд спектрометра Konica Minolta CS-2000

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

19

Особливо варто звернути увагу на професійні спектрометри від провідного європейського виробника вимірювальних приладів Konica Minolta CS-2000 (рис.1.9). Ці спектрометри вирізняються своєю універсальністю, оскільки можуть працювати з різними моделями сенсорів випромінювання, що виробляються цією компанією. Завдяки цьому, вони здатні охоплювати широкий спектральний діапазон, від інфрачервоного до ультрафіолетового.



Рисунок 1.10. Зовнішній вигляд оптичних сенсорів Konica Minolta T-10M

Оптичні сенсори серії Konica Minolta T-10M (рис.1.10) забезпечують вимірювання кількісних значень фотометричних і радіометричних величин, таких як освітленість (у люксах і фут-канделах), яскравість (у канделах на квадратний метр), інтенсивність випромінювання (у ватах на квадратний метр і мікроватах на квадратний сантиметр) у видимій (VIS-NIR) і ультрафіолетовій (UVA, UVB, UVC) частинах спектру. Вони також можуть вимірювати кількість фотонів, що потрапляють на одиницю площі за одиницю часу в діапазоні фотосинтетично активного випромінювання (PAR) з довжиною хвилі від 400 до 700 нанометрів. Сенсори оснащені дифузоровим косинусної корекції. Для вимірювання УФ-випромінювання дифузор виготовлений з шліфованого кварцу, а для інших застосувань зазвичай використовується акрил або тефлон.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		20

У табл. 1.2. наведені технічні характеристики приладів X-Rite i1Pro 2, Konica Minolta CS-2000, Konica Minolta T-10M.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики приладів X-Rite i1Pro 2, Konica Minolta CS-2000, Konica Minolta T-10M

Характеристика	X-Rite i1Pro 2	Konica Minolta CS-2000	Konica Minolta T-10M
Тип приладу	Спектрофотометр	Спектрорадіометр	Люмінатор
Діапазон частот	380-730 нм	380-780 нм	-
Точність	±0.1 ΔE94*	±0.003 ΔE94*	-
Максимальна яскравість	50,000 cd/m ²	50,000 cd/m ²	299,900 lx
Мінімальна яскравість	0.0005 cd/m ²	0.0005 cd/m ²	0.01 lx
Ширина смуги	5 нм	5 нм	-
Температурний діапазон	5-35°C	5-35°C	-
Інтерфейс зв'язку	USB 1.1, RS-232C	USB, Bluetooth	-
Вага	155 г	-	-
Розмір	155x66x67 мм	-	-
Додаткові функції	Підтримка PANTONE Color Manager, QA tools	Висока стабільність, швидке вимірювання	Багатоточкове вимірювання, автоматичне збільшення діапазону

Особливо варто звернути увагу на професійні люксметри від відомого європейського виробника вимірювальних приладів Hagner. Завдяки своїй універсальності, ці люксметри здатні працювати з широким асортиментом сенсорів випромінювання від цього ж виробника. Це дозволяє їм охоплювати різні частини спектру, включаючи інфрачервоний та ультрафіолетовий діапазони. Сенсори серії S4 дозволяють вимірювати фотометричні та радіометричні величини, такі як освітленість (в люксах і фут-канделах), яскравість (в канделах на квадратний метр), інтенсивність випромінювання (в ватах на квадратний метр і мікроватах на квадратний сантиметр) у видимій (VIS-NIR) та ультрафіолетовій (UVA, UVB, UVC) частинах спектру. Вони також можуть вимірювати кількість фотонів, що приймаються за одиницю часу на одиницю площі в діапазоні

фотосинтетично активного випромінювання (PAR) з довжиною хвилі від 400 до 700 нанометрів (у мікромолях на квадратний метр за секунду). Сенсори серії S4 (див. табл. 1.3) для люксометрів оснащені дифузorzом косинусної корекції. У сенсорах для вимірювання УФ-випромінювання дифузorz виготовляється зі шліфованого кварцу, а для інших використовується акрил або тефлон.

Люксометр Hagner EC1-X є спрощеною версією моделі Hagner EC1, яка не має функції реєстрації даних, а також не підтримує розрахунок інтегрованих величин. Проте, люксометр Hagner EC1-X, як і вся серія Hagner EC1, може фіксувати максимальні, мінімальні та середні значення вимірюваних параметрів. Він сумісний з усіма типами фотометричних сенсорів фірми Hagner, має зручний ергономічний корпус та великий екран. Цей люксометр також оснащений функціями автоматичного вимикання та фіксації результатів вимірювань.

Таблиця 1.3. Перелік сенсорів LP471

Характеристика	Сенсор S4-1	Сенсор S4-2	Сенсор S4-3
Діапазон спектра	400-700 нм	400-1050 нм	200-1100 нм
Тип вимірювання	Освітленість (люкс)	Інтенсивність випромінювання (Вт/м ²)	Інтенсивність випромінювання (Вт/м ²)
Чутливість	0.5-1.5 мВ/кЛюкс	0.1-2 мВ/кВт/м ²	0.05-1.5 мВ/кВт/м ²
Точність	<4%	<3%	<2%
Калібрувальний коефіцієнт	1.0	1.0	1.0
Робоча температура	0-50 °С	-10-50 °С	-20-50 °С
Вихідний опір	0.5-1 кОм	0.5-1.5 кОм	0.5-2 кОм
Матеріал дифузора	Акрил	Кварц	Акрил
Функція косинусної корекції	Так	Так	

Проведений аналітичний огляд та аналіз існуючих моделей приладів для вимірювання освітленості та визначення кольорової гами, їх сфер застосування та принципів дії, виявив проблеми використання таких приладів у різних сферах життєдіяльності, зокрема для калібрування комп'ютерних моніторів. Новий пристрій дозволить вирішувати не лише задачі контролю освітленості, але й контролю рівня інфрачервоного випромінювання, а також за допомогою датчика кольору визначати відтінки при калібруванні моніторів.

1.5 Розробка моделі пристрою і визначення базових параметрів

Розроблюваний пристрій для калібрування комп'ютерних моніторів дозволить вимірювати освітленість, рівень інфрачервоного випромінювання та визначати кольорові відтінки на різних відстанях. Використовуючи платформу Elegoo UNO-R3, даний пристрій забезпечить точне калібрування моніторів шляхом встановлення датчиків освітленості, інфрачервоного випромінювання та кольору. Застосовуючи ультразвуковий датчик для вимірювання відстані, дані передаватимуться на смартфон або комп'ютер за допомогою бездротового Bluetooth-адаптера. Пристрій також матиме сенсорне ввімкнення датчиків.

1.5.1 Розробка структурної схеми пристрою для калібрування моніторів

Для коректного калібрування моніторів пристрій має забезпечувати можливість визначення освітленості, світло-поток у бачимому діапазоні, а також рівня шкідливого інфра-червоного випромінювання. Крім того, пристрій повинен визначати відтінки кольорів для точного калібрування.

Необхідно вибрати датчики для платформи Elegoo UNO-R3 та інтерфейси зв'язку: датчик для вимірювання освітленості, датчик для вимірювання відстані, датчик для визначення інфрачервоного випромінювання, датчик для визначення кольорової гами, інтерфейс для безпроводного передавання даних. Для керування функціями буде використовуватися датчик дотику.

Усі компоненти необхідно зібрати у єдину схему на базі платформи Elegoo UNO-R3, що забезпечить створення повнофункційного пристрою для калібрування моніторів. Перший крок реалізації цієї мети полягає у розробці структурної схеми вимірювального пристрою з такими блоками, як: мікроконтролер (плата Elegoo), вимірювач яскравості, датчик кольорової гами, ультра-звуковий датчик відстані, датчик інфра-червоного випромінювання, модуль бездротової передачі даних (Bluetooth-інтерфейс), кнопка ввімкнення/вимкнення датчиків, джерело живлення.

Завдяки можливостям цього пристрою, калібрування комп'ютерних моніторів буде виконуватися шляхом точного вимірювання параметрів

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		23

освітленості та кольорових відтінків, що дозволить досягти високої точності відображення кольорів та рівня яскравості на моніторах. Структурна схема пристрою для калібрування моніторів з зазначеними функціями та можливостями показана на рис.1.11.

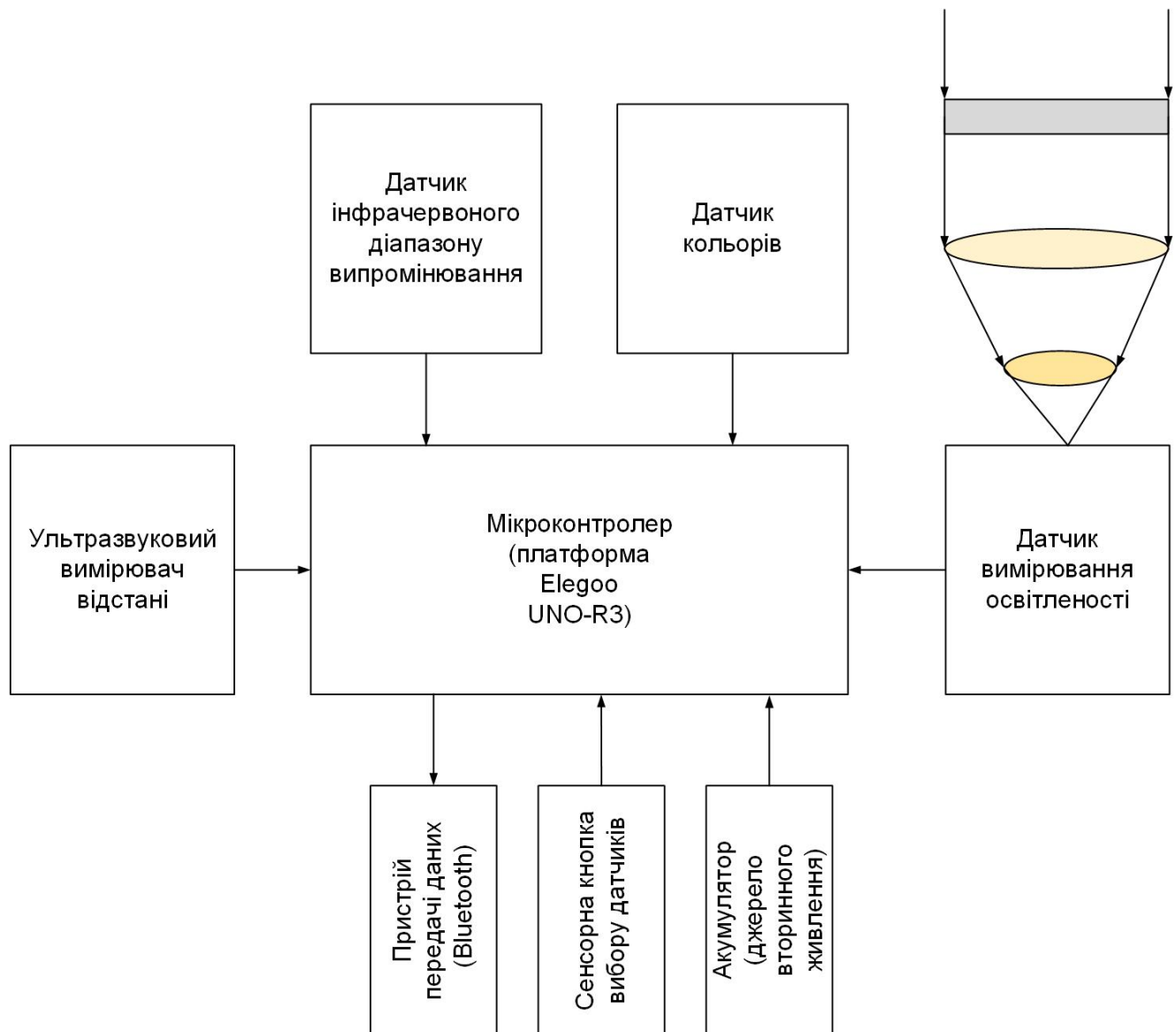


Рисунок 1.11. Структурна схема пристрою для калібрування моніторів

Щоб забезпечити точне калібрування комп'ютерних моніторів, цей проект передбачає додаткові функції пристрою. У якості одного з рішень, до вимірювального приладу буде додано оптичну систему, що складається з двох лінз та дифузійного фільтра (матового скла з відомим коефіцієнтом пропускання

світла). Ця конструкція дозволить розширити діапазон вимірювання, збільшуючи точність і діапазон параметрів, що визначаються. Перед впровадженням цієї системи буде здійснено моделювання її роботи для досягнення максимальної ефективності.

1.5.2 Моделювання оптичної системи пристрою калібрування моніторів

Моделювання оптичної системи для калібрування комп'ютерних моніторів потребує спеціалізованого програмного забезпечення для оптичного моделювання. Для цього проекту вибрано середовище OpticStudio. Виконано наступні етапи:

1. У таблицю конструктивних параметрів (табл. 1.4) внесено наступні дані:
 - початковий радіус кривизни оптичних поверхонь (Radius);
 - відстань між оптичними поверхнями (Thickness);
 - оптичний матеріал (Glass);

Таблиця 1.4. Конструктивні параметри оптичної системи у OpticStudio

Surf:Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity	-	Infinity	0.000
STO	Standard	Infinity	1.500	BK7	6.000	0.000
2	Standard	20.000	4.000	-	6.500	0.000
3	Standard	-15.000	5.000	SF5	6.800	0.000
4	Standard	25.000	3.000	-	7.000	0.000
5	Standard	-18.000	6.000	BK7	7.200	0.000
IMA	Standard	Infinity	-	-	1.000	0.000

2. Встановити діаметр вхідної зіниці системи на 15 мм. Після цього OpticStudio автоматично розрахує світлові радіуси оптичних поверхонь (Semi-Diameter).

3. Вказати спектральний діапазон системи, тобто довжини хвиль, на яких виконуватиметься аналіз характеристик системи. Оптична система працюватиме у видимому діапазоні (0,35–0,75 мкм).

4. Встановити кути поля зору системи для подальшого аналізу.

5. Виконати фокусування та оптимізацію системи.

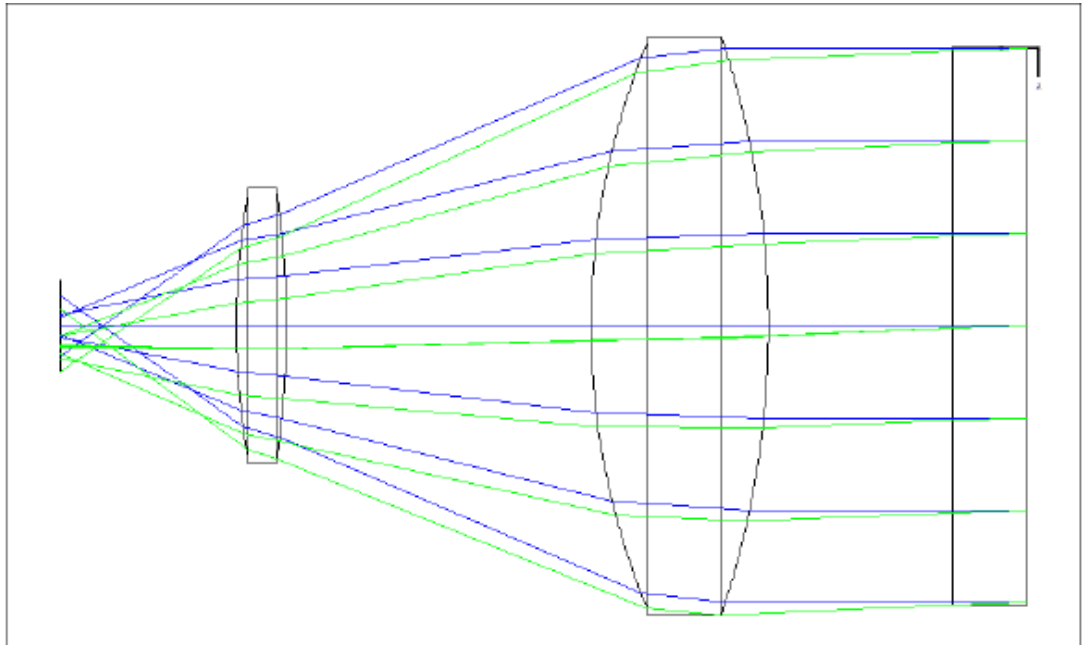


Рисунок 1.12. Створення пустотілого 3D-зображення оптичної системи у OpticStudio

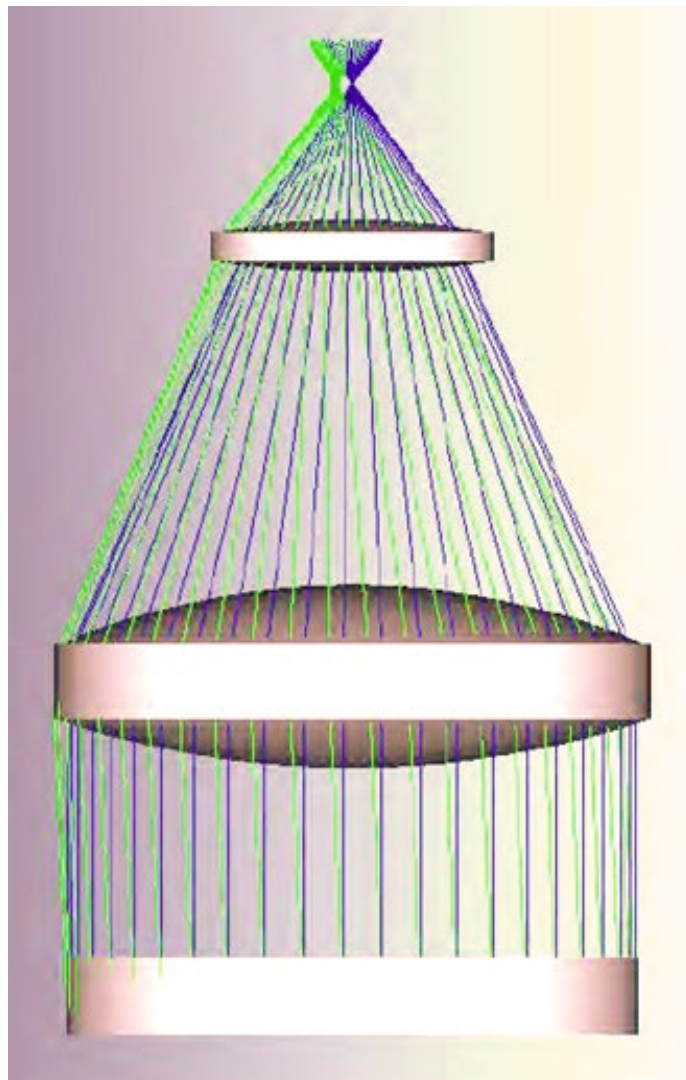


Рисунок 1.13. Створення тіньової моделі оптичної системи у OpticStudio

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ

Результатом виконаних дій є отримання візуалізації тривимірної порожнистої моделі оптичної системи (рис. 1.12) та тіньової моделі (рис. 1.13), де можна вибирати різні варіанти відображення.

Правильна робота оптичної системи залежить від узгодження розмірів чутливої поверхні приймача випромінювання з розміром зображення, що формується системою. Важливо, щоб більшість корисного випромінювання (більше 99%) фокусувалося на чутливій поверхні приймача.

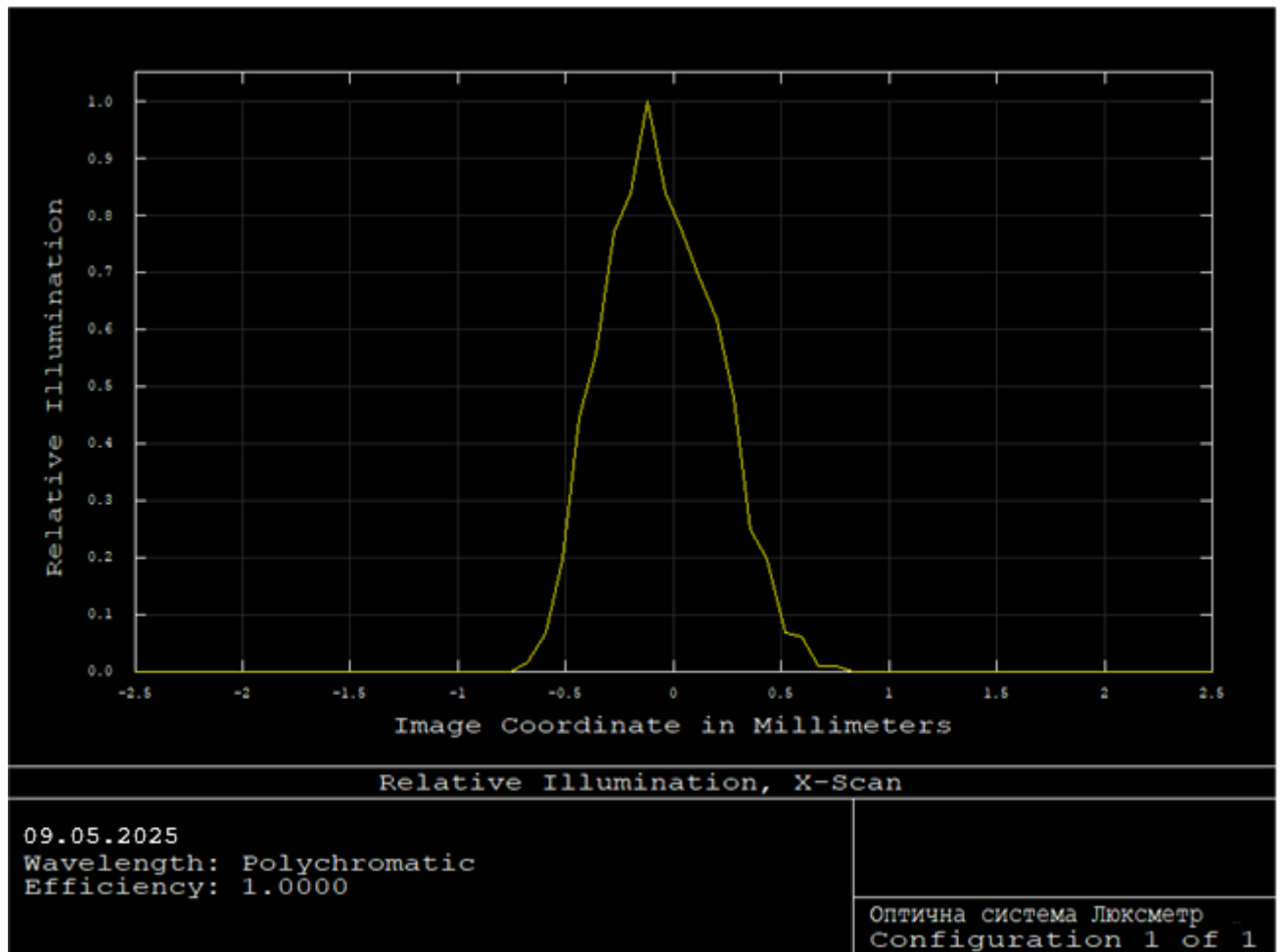


Рисунок 1.14. Моделювання функції Illumination XY-Scan у OpticStudio

Якщо система буде фокусувати світло лише на частині приймача, решта буде під впливом шумів, що може призвести до великих похибок. За допомогою функції освітленості можна визначити, як розмір чутливої поверхні впливає на концентрацію випромінювання. Побудовані функції фокусування випромінювання на чутливій поверхні виглядають так:

- Освітленість XY (двовимірний графік залежності, рис. 1.14);

- Освітленість 2D (кольорова індикація рівня концентрації випромінювання, рис. 1.15).

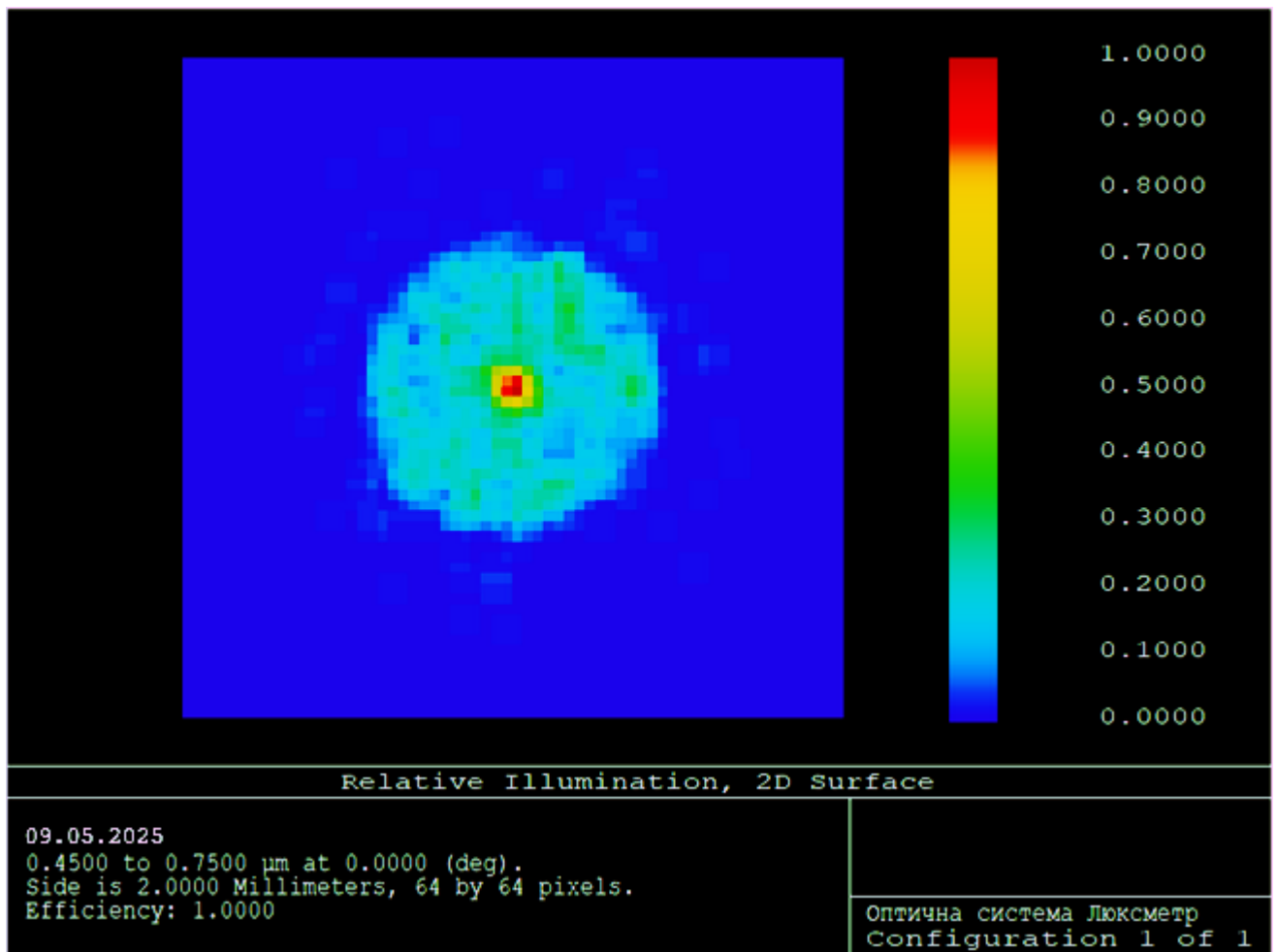


Рисунок 1.15. Моделювання функції Illumination 2D-Surface у OpticStudio

На графіках (рис. 1.14-1.15) показано ефективність концентрації випромінювання для чутливої поверхні приймача оптичної системи, що становить майже 100%. Це означає, що моделювання підтверджує правильну роботу пристрою з оптичною системою, розробленою на основі проведених розрахунків.

1.5.3 Визначення рівня освітленості на приймачі пристрою для калібрування моніторів

Для визначення освітленості при калібруванні моніторів буде використано датчик TSL2561, що відповідає вимогам технічного завдання та особливостям платформи Elegoo UNO R3. Розрахунок освітленості на приймачі пристрою виконується на основі вхідних значень та враховує коефіцієнти поглинання

оптичної системи, що впливають на рівень освітленості. Для датчика TSL2561 характерна площа приймача випромінювання $S = 0.0005 \text{ м}^2$ ($5 \times 10^{-4} \text{ м}^2$). Коефіцієнт поглинання оптичної системи може бути прийнятий рівним $k = 0.85$. Коефіцієнт поглинання фільтром (матовим склом) складає $n = 0.80$.

Подальші розрахунки рівня освітленості на приймачі пристрою проводяться з урахуванням зазначених коефіцієнтів поглинання за формулою (1.1):

$$E = (L \cdot k \cdot n) / S \quad (1.1)$$

Проведені нижче розрахунки для різних моделей моніторів можуть використовуватися для подальшого калібрування.



Рисунок 1.16. Монітор Dell UltraSharp U2719D

Монітор Dell UltraSharp U2719D (Рисунок 1.16) має наступні характеристики:

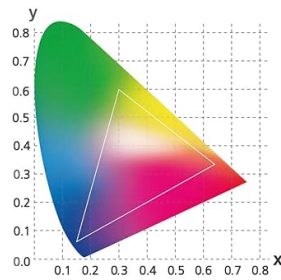
- Тип матриці: IPS;
- Діагональ: 27 дюймів;
- Яскравість: 350 кд/м²;
- Контрастність: 1000:1;
- Роздільна здатність: 2560 x 1440.

$$\text{Рівень освітленості на приймачі: } E = \frac{350 \cdot 0.85 \cdot 0.80}{0.0005} = 476,000 \text{ Лк}$$

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		29

Rich, Vivid Reproduction

100% sRGB and 100% Rec. 709 Color Gamut



100%
sRGB

100%
Rec. 709

Рисунок 1.17. Монітор ASUS ProArt PA278QV

Монітор ASUS ProArt PA278QV (Рисунок 1.17) має наступні характеристики:

- Тип матриці: IPS
- Діагональ: 27 дюймів
- Яскравість: 300 кд/м²
- Контрастність: 1000:1
- Роздільна здатність: 2560 x 1440

Рівень освітленості на приймачі: $E = \frac{300 \cdot 0.85 \cdot 0.80}{0.0005} = 408,000$ Лк

Монітор BenQ PD3200U (Рисунок 1.18) має наступні характеристики:

- Тип матриці: IPS
- Діагональ: 32 дюйми
- Яскравість: 350 кд/м²
- Контрастність: 1000:1
- Роздільна здатність: 3840 x 2160

Рівень освітленості на приймачі: $E = \frac{350 \cdot 0.85 \cdot 0.80}{0.0005} = 476,000$ Лк

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		30

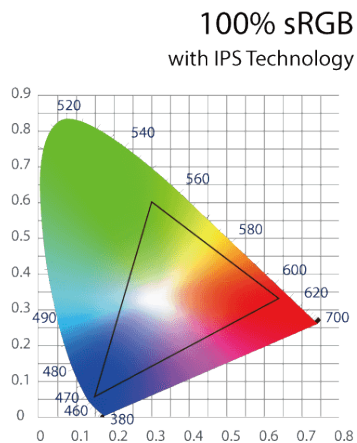


Рисунок 1.18. Монітор BenQ PD3200U

Проведені розрахунки підтверджують ефективність визначення рівня освітленості від джерела світла монітору і використання пристрою для калібрування.

1.6 Підбір елементів пристрою для калібрування та їх аналіз

Пристрій для калібрування моніторів буде створено на основі платформи Elegoo UNO-R3. Для вимірювання освітленості буде використано датчик TSL2561, для вимірювання відстані – ультразвуковий датчик SRF04, для інфрачервоного випромінювання – датчик MLX90614, для визначення кольору – датчик TCS3200, для бездротової передачі даних – Bluetooth-модуль FSC-BT986, а для керування всіма функціями системи – сенсорна кнопка MPR121.

1.6.1 Платформа для пристрою калібрування Elegoo UNO-R3

Платформа Elegoo UNO-R3 є компактною мікроконтролерною платою на основі мікроконтролера ATmega-328 з робочою частотою 16 МГц, сумісною з Arduino-IDE. Мікроконтролер ATmega-328 забезпечує велику кількість цифрових і аналогових входів/виходів, апаратних інтерфейсів I2C, UART та SPI, а також таймерів (рис.1.19).

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		31

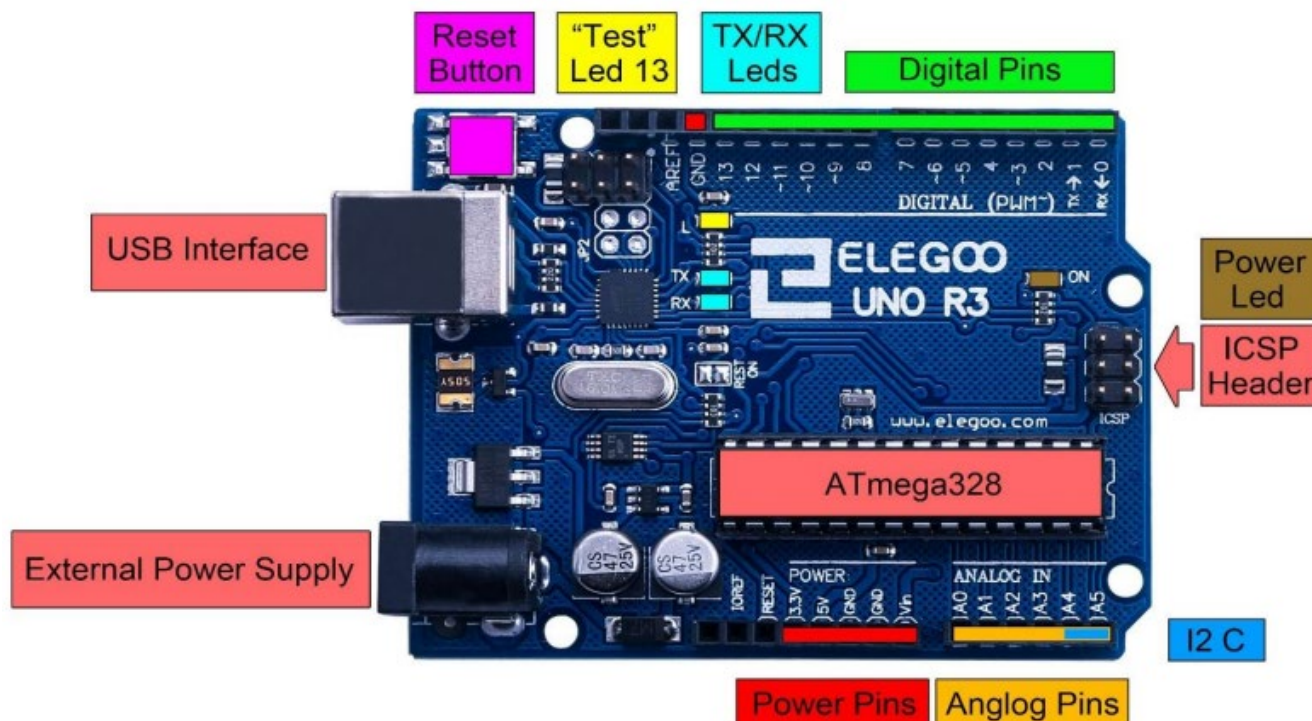


Рисунок 1.19. Платформа Elegoo UNO-R3

Плата Elegoo UNO-R3 має 14 цифрових входів/виходів (6 з яких можуть використовуватися як PWM-виходи), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP та кнопку перезавантаження. Кожен з 14 цифрових виводів може бути налаштований як вхід або вихід за допомогою функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` та `digitalRead()`. Виводи підтримують резистори навантаження 20-50 кОм (за замовчуванням відключені) і можуть пропускати струм до 40 мА.

Для роботи плату можна підключити до комп'ютера через USB або живити від адаптера AC/DC чи батареї. Зовнішнє живлення може бути у діапазоні від 6 В до 20 В. При напрузі нижче 7 В плата може працювати нестабільно, а при напрузі вище 12 В регулятор може перегріватися. Діапазон, що є рекомендованим – від 7В до 12В. Окремі контакти мають спеціальні функції:

- V-IN: Застосовується для введення живлення від зовнішнього джерела напруги при відсутності напруги 5В від USB чи іншого стабілізованого джерела з регулюванням.
- 5V: Регульоване джерело напруги для живлення мікроконтролера та компонентів на платі.

- 3V3: Напруга 3.3 В створюється вбудованим регулятором на платі, максимальний струм споживання – 50 мА.
- GND: спільний контакт «земля».
- 0 (RX) та 1 (TX): Виводи для прийому (RX) та передачі (TX) даних TTL, під'єднані до роз'ємів serial-шини ATmega8U2 USB-to-TTL.
- Зовнішнє переривання: Виводи 2 та 3 мають можливість налаштуватися на виклик переривання.
- PWM: Виводи 3, 5, 6, 9, 10 і 11 підтримують PWM з роздільною здатністю 8 біт.
- SPI: Виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) та 13 (SCK) забезпечують зв'язок SPI.
- LED 13: Вбудований світлодіод підключений до виводу 13.
- Платформа має 6 аналогових входів (A0...A5) з роздільною здатністю 10 біт. Виводи підтримують діапазон вимірювання до 5 В, який можна змінити за допомогою контакту AREF та функції analogReference(). Виводи для зв'язку I2C: 4 (SDA) та 5 (SCL). Є додаткові контакти:
- AREF: Опорна напруга, призначена для аналогового введення.
- RST: Вивід для перезавантаження мікроконтролера.

1.6.2 Датчик визначення освітленості TSL2561

Модуль TSL2561 є цифровим датчиком освітленості з високою чутливістю, спектральний відгук якого збігається з чутливістю людського ока (рис. 1.20).

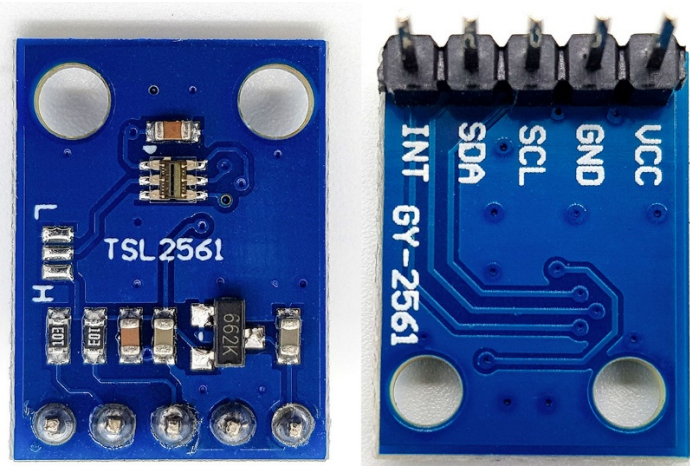


Рисунок 1.20. Датчик вимірювання освітленості TSL2561

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

33

Основні характеристики:

- Основний чіп: TSL2561;
- Вбудований АЦП;
- Відсутність чутливості до фонового світла;
- Не потребує додаткового калібрування;
- Точність вимірювання: 0.1 люкс;
- Живлення: 3 – 5 В;
- Діапазон вимірювання: 0 – 40000 лк;
- Інтерфейс: I2C.

1.6.3 Вимірювач відстані SRF04

Датчик SRF04 (рис.1.21) є точним і надійним ультразвуковим датчиком для вимірювання відстані. Він працює на частоті 40 кГц і має максимальну відстань вимірювання 3 метри. Точність вимірювання складає 3 мм, а ширина імпульсів становить 10 мкс. Живлення датчика здійснюється від 5В, а кут огляду становить 15°. SRF04 підтримує дигітальний інтерфейс, що дозволяє легко інтегрувати його з різними мікроконтролерами, включаючи Arduino.



Рисунок 1.21. Вимірювач відстані SRF04

Основні характеристики SRF04:

- Точність вимірювання: 3 мм;

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		34

- Частота роботи: 40 кГц;
- Максимальна відстань: 3 м;
- Ширина імпульсів: 10 мкс;
- Кут огляду: 15°;
- Живлення: 5 В;
- Інтерфейс: Дигітальний (може використовуватися як аналоговий вхід).

Цей датчик також є високоточним і надійним для вимірювання відстані за допомогою ультразвукових імпульсів. Він сумісний з Arduino та іншими платами, які підтримують дигітальні входи/виходи.

1.6.4 Датчик вимірювання інфрачервоного випромінювання MLX90614

Датчик MLX90614 (рис.1.22) призначений для вимірювання інфрачервоного випромінювання і температури. Датчик має високу точність і стабільність вимірювань та підтримує двосторонню передачу даних.

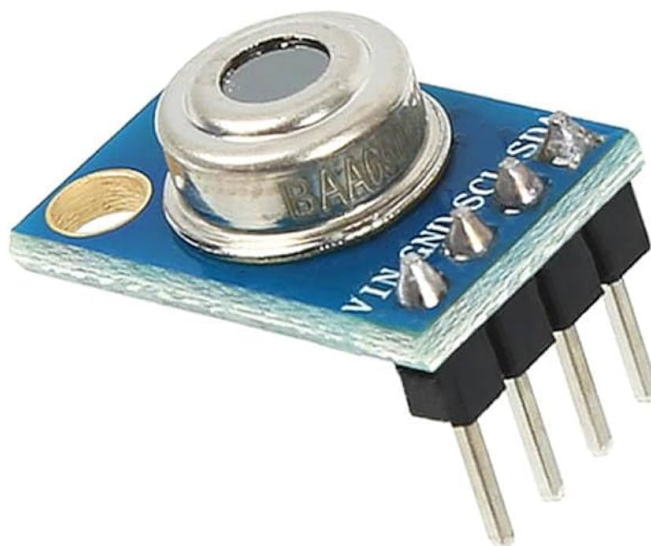


Рисунок 1.22. Датчик вимірювання інфрачервоного випромінювання MLX90614

Основні характеристики датчика MLX90614 є такими:

- Тип датчика: ІЧ-датчик температури;
- Діапазон ІЧ-випромінювання: 5.5 - 14 мкм;
- Точність: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- Робоча напруга: 3.3 – 5 В;

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		35

- Діапазон вимірювання температури: -70 °С до +380 °С;
- Інтерфейс: I2C;
- Споживана потужність: <10 мА.

Цей датчик здатний вимірювати температуру та рівень інфрачервоного випромінювання, що робить його придатним для використання в пристрої для калібрування моніторів, забезпечуючи високу точність та стабільність вимірювань.

1.6.5 Модуль визначення кольору TCS3200

Датчик кольору TCS3200 (рис.1.23) є високоточним цифровим сенсором, який використовується для вимірювання інтенсивності світла різних кольорів (RGB). Він є аналогом датчика TCS230 і має схожі характеристики та функціональність.

Основні характеристики TCS3200:

- Тип датчика: Цифровий колірний датчик;
- Робоча напруга: 2.7 – 5.5 В;
- Інтерфейс: Цифровий TTL;
- Фотодіодний масив: 8x8 (64 фотодіоди): 16 фотодіодів з червоними фільтрами, 16 фотодіодів з зеленими фільтрами, 16 фотодіодів з синіми фільтрами, 16 без фільтрів;
- Вихідний сигнал: Частотний;
- Розмір: 28.4 x 28.4 мм.

Функціональність датчика кольору TCS3200:

- Вимірювання інтенсивності червоного, зеленого та синього кольорів;
- Програмоване кольорове та повномасштабне частотне виходи;
- Висока точність і стабільність вимірювань.

Датчик TCS3200 має широкий діапазон вимірювання, можливість вимірювання інтенсивності світла від дуже низького до високого рівня. Підключення за допомогою цифрових входів/виходів робить його сумісним з більшістю мікроконтролерів, включаючи Arduino. Швидка обробка і передача

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		36

даних дозволяє використовувати датчик в реальному часі. Компактний розмір датчика дозволяє легко інтегрувати його в різноманітні проекти та пристрої.

Цей датчик має масив фотодіодів з фільтрами для червоного, зеленого та синього кольорів, а також безфільтрові фотодіоди. Він здатний вимірювати інтенсивність світла для кожного кольору і надавати цифровий сигнал, який можна читати через мікроконтролер.



Рисунок 1.23. Модуль визначення кольору TCS3200

Датчик TCS3200 може використовуватися для калібрування кольору моніторів і дисплеїв, вимірювання і налаштування точності кольору, вимірювання освітленості та кольорових характеристик.

1.6.6 Bluetooth-модуль FSC-BT986 для передачі даних вимірювання

Модуль FSC-BT986 забезпечить бездротову передачу даних від мікроконтролера до комп'ютера або смартфона під час калібрування моніторів. Це дозволить зручно збирати та аналізувати дані про параметри монітора в режимі реального часу. Наприклад, вимірювання інтенсивності світла, кольорових параметрів та інших характеристик може бути автоматично передано на зовнішні пристрої для подальшої обробки та зберігання (рис.1.24). Для інтеграції модуля в схему достатньо підключити його до мікроконтролера та налаштувати параметри з'єднання через AT-команди. Після цього модуль буде готовий до роботи та забезпечить надійний і стабільний зв'язок між компонентами системи.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		37



Рисунок 1.24. Bluetooth-модуль передачі даних FSC-BT986

Модуль FSC-BT986 від компанії Feasocom є високопродуктивним Bluetooth модулем, який підтримує Bluetooth версії 5.0. Завдяки своїм покращеним характеристикам та низькому енергоспоживанню, він підходить для різних застосувань, зокрема для створюваної схеми. Параметри FSC-BT986:

- Bluetooth версія: Bluetooth 5.0 BR/EDR/BLE;
- Частотний діапазон: 2400 МГц – 2480 МГц;
- Напруга живлення: 3.3 В;
- Енергоспоживання: робочий струм 5 мА;
- Інтерфейс: UART (RS232 TTL);
- Дворежимний зв'язок: підтримка BR/EDR та BLE;
- Апаратне шифрування: AES256;
- Підтримка зовнішньої антени;
- Розмір: 18 мм x 13 мм x 2.4 мм.

Модуль FSC-BT986 підключається до мікроконтролера за допомогою інтерфейсу UART. Він підтримує стандартний інтерфейс RS232 TTL, що дозволяє легко підключати його до більшості мікроконтролерів, таких як Elegoo UNO R3. Для підключення модуля необхідно з'єднати пін RX модуля з піном TX на платі мікроконтролера, а пін TX модуля з піном RX на платі мікроконтролера. Живлення модуля подається на пін VCC (3.3 В), а пін GND з'єднується з землею плати мікроконтролера.

Програмування модуля FSC-BT986 здійснюється через командний інтерфейс AT-команд, що дозволяє налаштовувати параметри з'єднання, змінювати ім'я

пристрою, PIN-код, швидкість передачі даних та інші параметри. Наприклад, для зміни швидкості передачі даних можна використати команду AT+UART=<rate>, де <rate> – це бажана швидкість у бодах.

1.6.7 Сенсорна кнопка НТТМ

Для вмикання та вимкнення окремих функцій пристрою для калібрування моніторів обрано компактну версію сенсорної кнопки ємнісного типу НТТМ (рис.1.25). Цей датчик дотику є зручним у використанні і замінює звичайні механічні кнопки, забезпечуючи покращені можливості та високу чутливість.

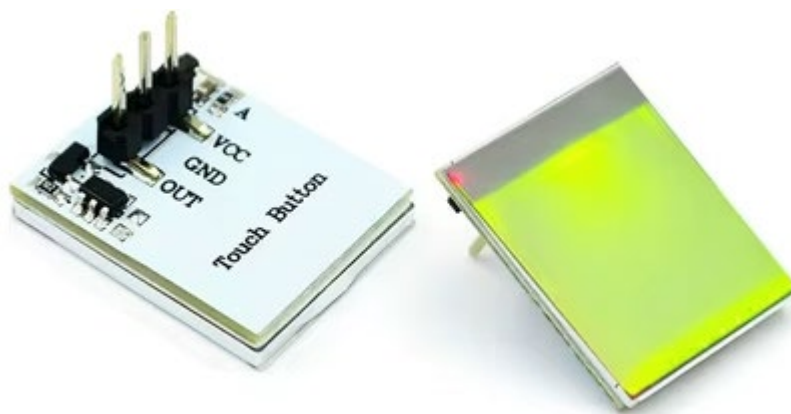


Рисунок 1.25. Сенсорна кнопка НТТМ

Основні характеристики датчика НТТМ:

- Тип датчика: Ємнісний сенсорний датчик;
- Напруга живлення: 2.0 – 5.5 В;
- Інтерфейс: Три контакти (VCC, GND, SIG);
- Споживання струму: 1.5 мкА у режимі очікування;
- Чутливість: Регулюється потенціометром;
- Вихідний сигнал: Цифровий (високий або низький рівень);
- Розмір: 11 мм x 10 мм.

Датчик НТТМ реагує на прямі дотики до плати, а також через діелектричні шари, такі як пластик чи скло, що робить його дуже гнучким у використанні. Він має три контакти: VCC для підключення живлення, GND для з'єднання із землею та SIG для вихідного цифрового сигналу, який передається до мікроконтролера.

Підключення НТТМ до мікроконтролера здійснюється дуже просто. Пін

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		39

VCC підключається до джерела живлення 2.0-5.5 В, пін GND з'єднується з землею плати мікроконтролера, а пін SIG підключається до цифрового входу на мікроконтролері. Після підключення, датчик НТТМ може бути налаштований для реагування на дотики та передавати відповідний сигнал на мікроконтролер.

Програмування НТТМ здійснюється шляхом налаштування цифрових входів на мікроконтролері. Використовуючи функції бібліотек Arduino, можна легко налаштувати чутливість і час реакції датчика. Наприклад, можна використовувати функції digitalRead() для зчитування стану сигналу з пину SIG і відповідно керувати різними функціями пристрою.

Використання НТТМ у схемі для калібрування моніторів забезпечить надійне ввімкнення та вимкнення функцій пристрою. Це дозволить зручно керувати системою, підвищуючи її зручність і функціональність. Сенсорні кнопки можуть бути використані для активації різних режимів калібрування, налаштувань параметрів або інших функцій пристрою.

1.7 Створення схеми та інтеграція компонентів пристрою для калібрування моніторів

Після проведення попередніх досліджень було створено функціональну схему пристрою для калібрування моніторів, змодельовано оптичну систему та виконано розрахунки рівня освітленості для різних джерел світла. На основі отриманих даних було обрано ключові компоненти: мікроконтролер, датчики освітленості, інфрачервоного випромінювання, кольору, ультразвуковий датчик відстані, сенсорна кнопка та модуль бездротової передачі даних. Настав час об'єднати ці компоненти у єдину систему. Для цього необхідно розробити електричні схеми підключення кожного модуля та датчика, а також створити програмне забезпечення для мікроконтролера Elegoo UNO-R3 мовою C/C++.

1.7.1 Комутація датчика освітленості TSL2561

Першим кроком є підключення мікроконтролера Elegoo UNO-R3, який керуватиме всіма іншими компонентами пристрою. Датчик освітленості TSL2561 підключається через інтерфейс I2C: пін SDA датчика з'єднується з піном A4 на

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		40

платі мікроконтролера, а пін SCL – з піном А5. Датчик живиться від 3.3 В і підключається до GND. При підключенні датчика вимірювання освітленості TSL2561 до плати Arduino потрібно враховувати його п'ять контактів:

- VIN: для живлення 3.3 В або 5 В;
- GND: для підключення до землі;
- SCL: для передачі даних по інтерфейсу I2C;
- SDA: для синхронізації по інтерфейсу I2C;
- ADDR: для вибору адреси датчика на шині I2C.

Підключення датчика TSL2561 до плати Elegoo UNO-R3 (табл.1.5) виконується за допомогою з'єднувальних проводів на монтажній платі, з'єднуючи відповідні контакти. Контакт ADDR використовується для підключення декількох таких датчиків до однієї плати, але в даному випадку він використовуватись не буде. Схема підключення датчика TSL2561 до плати Elegoo UNO-R3 наведена на рис.1.26.

Таблиця 1.5. Підключення датчика TSL2561 до плати Elegoo UNO-R3

TSL2561	Elegoo UNO-R3
VIN	5V
GND	GND
SCL	A5(SCL)
SDA	A4(SDA)
ADDR	—

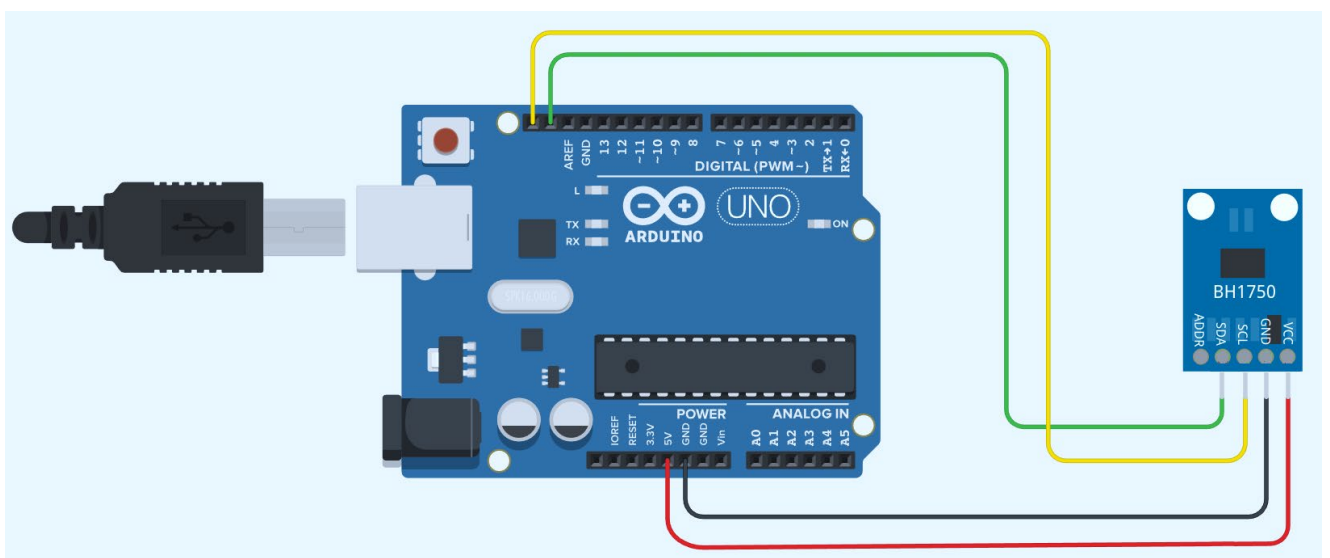


Рисунок 1.26. Схема комутації датчика TSL2561 з платою Elegoo UNO-R3

1.7.2 Комутація датчика відстані SRF04

Датчик вимірювання відстані SRF04 оснащений випромінювачем, приймачем та керуючою електронною схемою. Під час вимірювання генератор створює електричне коливання, яке перетворюється в ультразвукову хвилю і випромінюється в простір. Коли хвиля стикається з перешкодою, вона відбивається назад до приймача як відлуння. Вимірюючи час проходження хвилі в обидва боки, можна визначити відстань до об'єкта.

Датчик SRF04 має чотири контакти:

- VCC: живлення 5 В;
- TRIG: вхід TRIG;
- ECHO: вихід ECHO;
- GND: земля.

Для підключення датчика SRF04 до плати Elegoo UNO-R3 (табл.1.6) використовуються дроти на монтажній платі, з'єднуючи відповідні контакти. Пін TRIG підключається до будь-якого цифрового виходу плати, на нього подається імпульсний цифровий сигнал. Датчик посилає ультразвукові імпульси після прийому відбитого від перешкоди сигналу та формує на виході ECHO імпульсний сигнал, тривалість якого пропорційна відстані до об'єкта.

Схема підключення датчика SRF04 до плати Elegoo UNO-R3 наведена на рис.1.27.

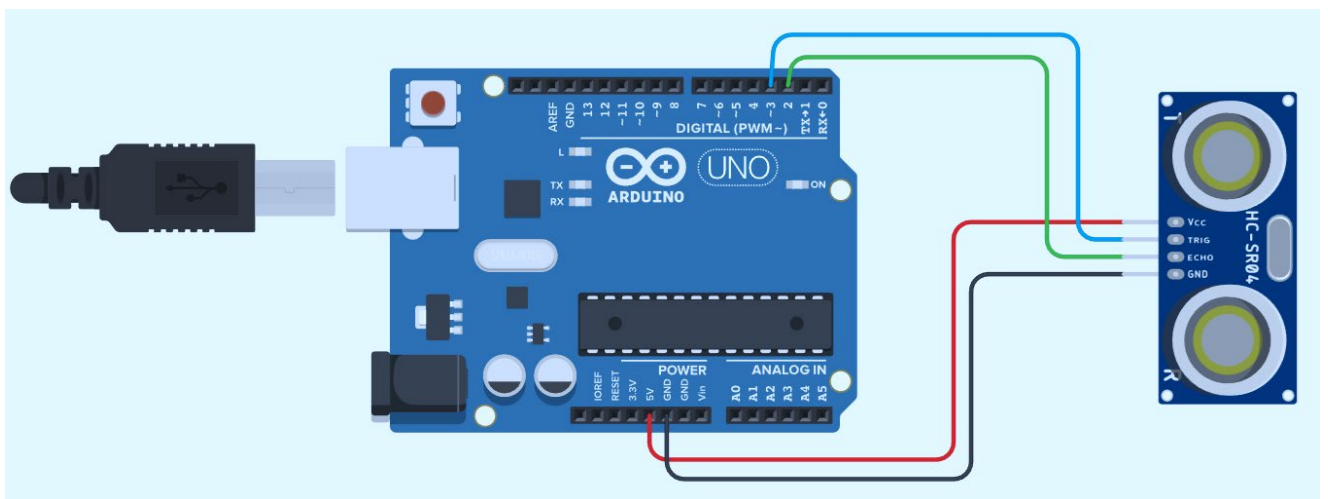


Рисунок 1.27. Схема комутації датчика SRF04 з платою Elegoo UNO-R3

Таблиця 1.6. Підключення датчика SRF04 до плати Elegoo UNO-R3

SRF04	Elegoo UNO-R3
VCC	5V
TRIG	D3
ECHO	D2
GND	GND

1.7.3 Комутація датчика інфрачервоного випромінювання MLX90614

Датчик інфрачервоного випромінювання MLX90614 має чотири контакти:

- VCC: для живлення 3.3 В або 5 В;
- SDA: для лінії даних за протоколом I2C;
- SCL: для лінії синхронізації за протоколом I2C;
- GND: земля.

Для підключення датчика MLX90614 до плати Elegoo UNO-R3 (табл.1.7) необхідно використати дроти на монтажній платі, з'єднуючи відповідні контакти. Оскільки датчик використовує інтерфейс I2C, це дозволяє його легко інтегрувати з іншими пристроями, що використовують I2C.

Таблиця 1.7. Підключення датчика MLX90614 до плати Elegoo UNO-R3

MLX90614	Elegoo UNO-R3
VCC	3.3В або 5В
SDA	A4 (SDA)
SCL	A5 (SCL)
GND	GND

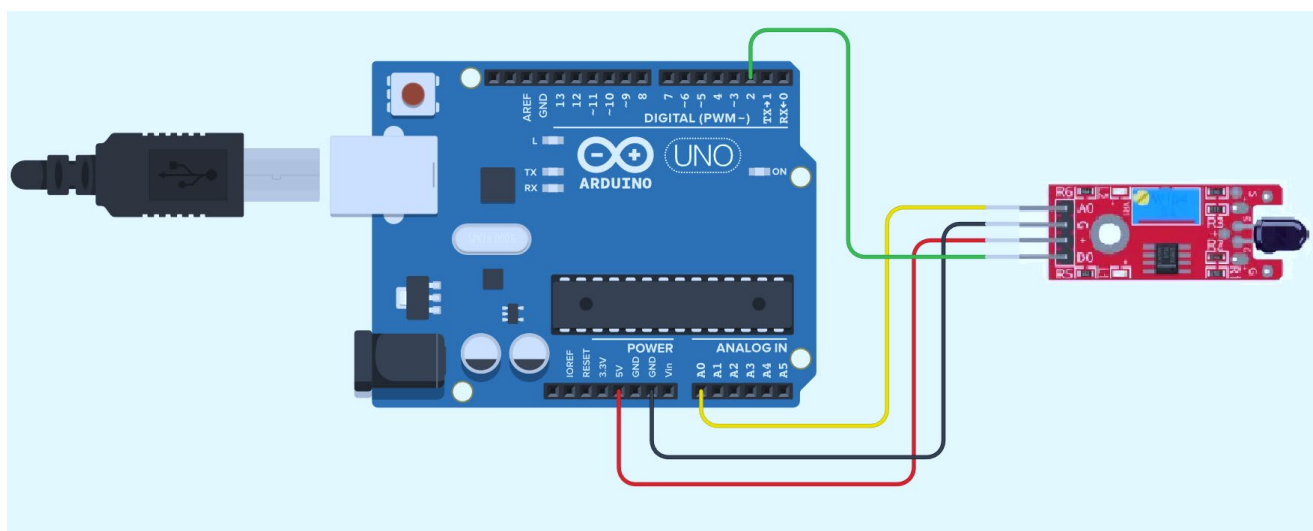


Рисунок 1.28. Схема комутації датчика MLX90614 з платою Elegoo UNO-R3

Схема підключення датчика MLX90614 до плати Elegoo UNO R3 наведена на рис.1.28.

1.7.4 Комутація датчика кольору TCS3200

Датчик визначення кольору TCS3200 розташований на платі модуля і має масив з 64 фотодіодів, розподілених на чотири групи:

- Фотодіоди без фільтру;
- Фотодіоди з зеленим фільтром;
- Фотодіоди з синім фільтром;
- Фотодіоди з червоним фільтром.

Цей датчик перетворює сигнал від фотодіодів у частоту, пропорційну інтенсивності світла відповідного кольору. TCS3200 має вісім основних контактів:

- VCC: для живлення 5 В;
- GND: земля;
- OE: активація;
- S0, S1: для налаштування масштабування частоти;
- S2, S3: для керування кольоровими фільтрами;
- OUT: для вихідного частотного сигналу.

Таблиця 1.8. Підключення датчика TCS3200 до плати Elegoo UNO-R3

TCS3200	Elegoo UNO-R3
VCC	5 V
GND	GND
OUT	D8
OE	D3
S0	D4
S1	D5
S2	D6
S3	D7

Підключення датчика TCS3200 до плати Elegoo UNO-R3 здійснюється через монтажну плату, використовуючи відповідні контакти. Живлення датчика здійснюється через контакт VCC, який підключається до 5 В на платі Elegoo UNO-R3. Контакт GND з'єднується із землею на платі мікроконтролера. Вихідний

частотний сигнал передається через контакт OUT, який підключається до цифрового піна D8 на платі. Цей сигнал пропорційний інтенсивності світла, яке потрапляє на фотодіоди. Керування фільтрами здійснюється через контакти S2 і S3, які підключені до цифрових пінів D6 і D7 відповідно. Перемикання між станами HIGH та LOW дозволяє вибрати відповідний кольоровий фільтр:

- Червоний: S2 = LOW, S3 = LOW;
- Синій: S2 = LOW, S3 = HIGH;
- Без фільтра: S2 = HIGH, S3 = LOW;
- Зелений: S2 = HIGH, S3 = LOW.

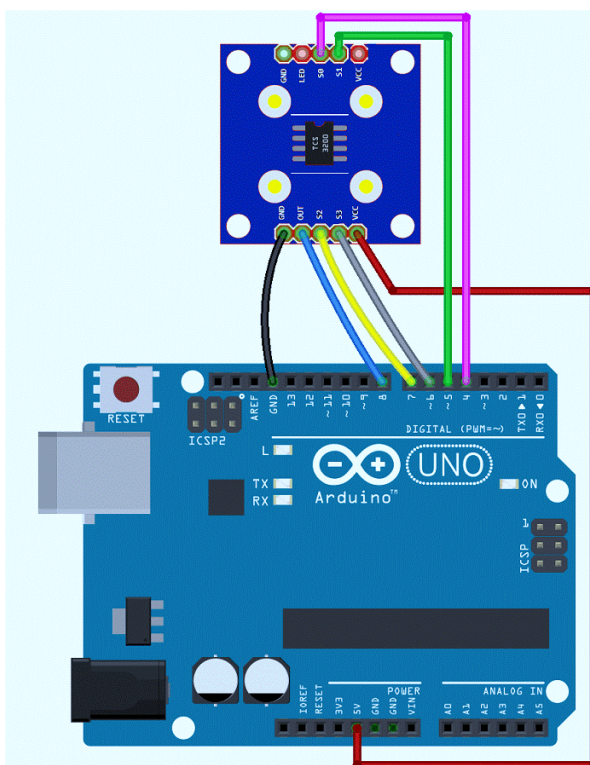


Рисунок 1.29. Схема комутації датчика TCS3200 з платою Elegoo UNO-R3

Масштабування вихідної частоти налаштовується через контакти S0 і S1, які підключені до цифрових пінів D4 і D5 відповідно. Це налаштування дозволяє вибрати оптимальну частоту для роботи з різними мікроконтролерами:

- Відключення: S0 = LOW, S1 = LOW;
- 2%: S0 = LOW, S1 = HIGH;
- 20%: S0 = HIGH, S1 = LOW;
- 100%: S0 = HIGH, S1 = HIGH.

Для роботи з датчиком TCS3200 потрібна відповідна бібліотека для мікроконтролера Arduino, що дозволяє зчитувати значення з вихідного піна та обробляти їх. Бібліотека також дозволяє налаштувати чутливість та інші параметри роботи датчика для досягнення максимальної точності вимірювань.

Таблиця 1.9. Налаштування контактів датчика TCS3200

Тип фільтра	S2	S3
Червоний	0	0
Синій	0	1
Без фільтра (чистий)	1	0
Зелений	1	0
Частотне масштабування	S0	S1
Відключення	0	0
2 відсотки	0	1
20 відсотків	1	0
100 відсотків	1	1

1.7.5 Комутація адаптеру Bluetooth- FSC-BT986

Адаптер інтерфейсу Bluetooth FSC-BT986 призначений для бездротової передачі даних оптичних вимірювань на смартфон або комп'ютер. Цей модуль має чотири контакти:

- VCC: для живлення 3.3 В;
- RXD: для прийому даних;
- TXD: для передачі даних;
- GND: для підключення до землі.

Підключення модуля FSC-BT986 до плати Elegoo UNO-R3 здійснюється за допомогою проводів на монтажній платі, забезпечуючи відповідність контактів (табл. 1.10). Схема підключення модуля FSC-BT986 до плати Elegoo UNO-R3 наведена на рис. 1.30.

Для підключення модулю FSC-BT986 до плати Elegoo UNO R3 проводяться наступні дії:

- Пін VCC модуля з'єднується з виходом живлення 3.3 В на платі;
- Пін RXD модуля підключається до піна TXD на платі, що відповідає за

передачу даних;

- Пін TXD модуля з'єднується з пін RXD на платі, який приймає дані;
- Пін GND модуля з'єднується з контактним виходом GND на платі.

Таблиця 1.10. Підключення адаптера FSC-BT986 до плати Elegoo UNO R3

FSC-BT986	Elegoo UNO R3
VCC	3.3-5V
RXD	TXD
TXD	RXD
GND	GND

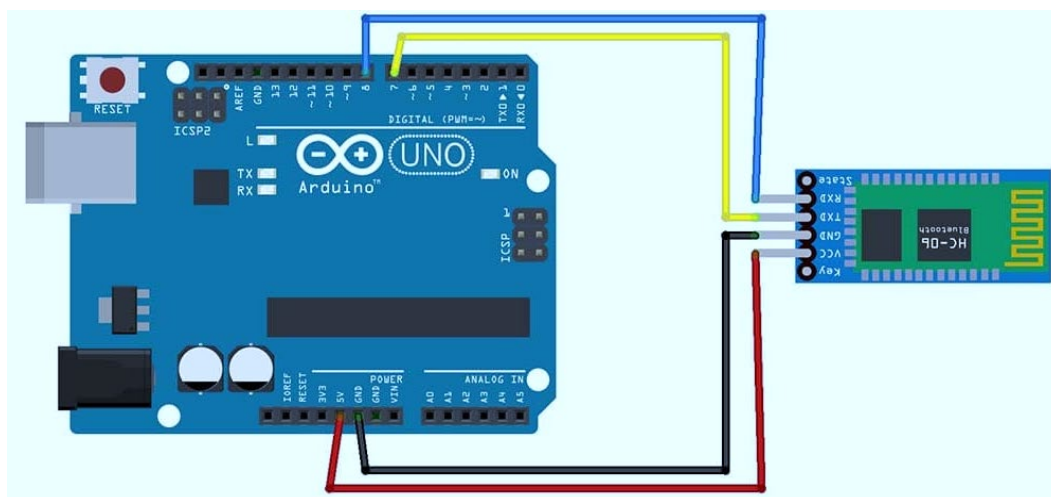


Рисунок 1.30. Схема комутації адаптера FSC-BT986 з платою Elegoo UNO-R3

Схема підключення забезпечує стабільне з'єднання та передачу даних між мікроконтролером і зовнішніми пристроями через Bluetooth.

1.7.6 Реалізація схеми підключення компонентів пристрою для калібрування моніторів

Отримана схема підключення всіх модулів пристрою для калібрування моніторів реалізована на основі розроблених вище схем підключення (рис.1.26-1.30) для кожного з датчиків та модулів до плати керування Elegoo UNO-R3 (табл.1.11). Плата Elegoo UNO-R3 має лише один порт живлення на 5 В і два порти заземлення, що не дозволяє підключити всі датчики напряму, оскільки кожен з них потребує індивідуального підключення. Для вирішення цієї проблеми використовується додаткова прототипна плата, через яку підключаються всі зовнішні модулі та живлення (рис. 1.31).

Таблиця 1.11. Комутація сенсорів з платою платформи Elegoo UNO-R3

Контакти плати Elegoo UNO-R3	Контакти датчиків та адаптерів
Датчик освітленості TSL2561	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт GND	Контакт GND
Контакт SCL	Контакт SCL
Контакт SDA	Контакт SDA
-	Контакт ADDR
Датчик відстані SRF04	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт D12	Контакт TRIG
Контакт D11	Контакт ECHO
Контакт GND	Контакт GND
Датчик інфрачервоного випромінювання MLX90614	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт D13	Контакт Digital
Контакт A5	Контакт Analog
Контакт GND	Контакт GND
Датчик кольору TCS3200	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт GND	Контакт GND
Контакт D7	Контакт OUT
Контакт D6	Контакт OE
Контакт D2	Контакт S0
Контакт D3	Контакт S1
Контакт D4	Контакт S2
Контакт D5	Контакт S3
Адаптер Bluetooth FSC-BT986	
Контакт 3.3-5V	Контакт VCC
Контакт TXD	Контакт RXD
Контакт RXD	Контакт TXD
Контакт GND	Контакт GND
Сенсорна кнопка НТТМ	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт D10	Контакт I/O
Контакт GND	Контакт GND

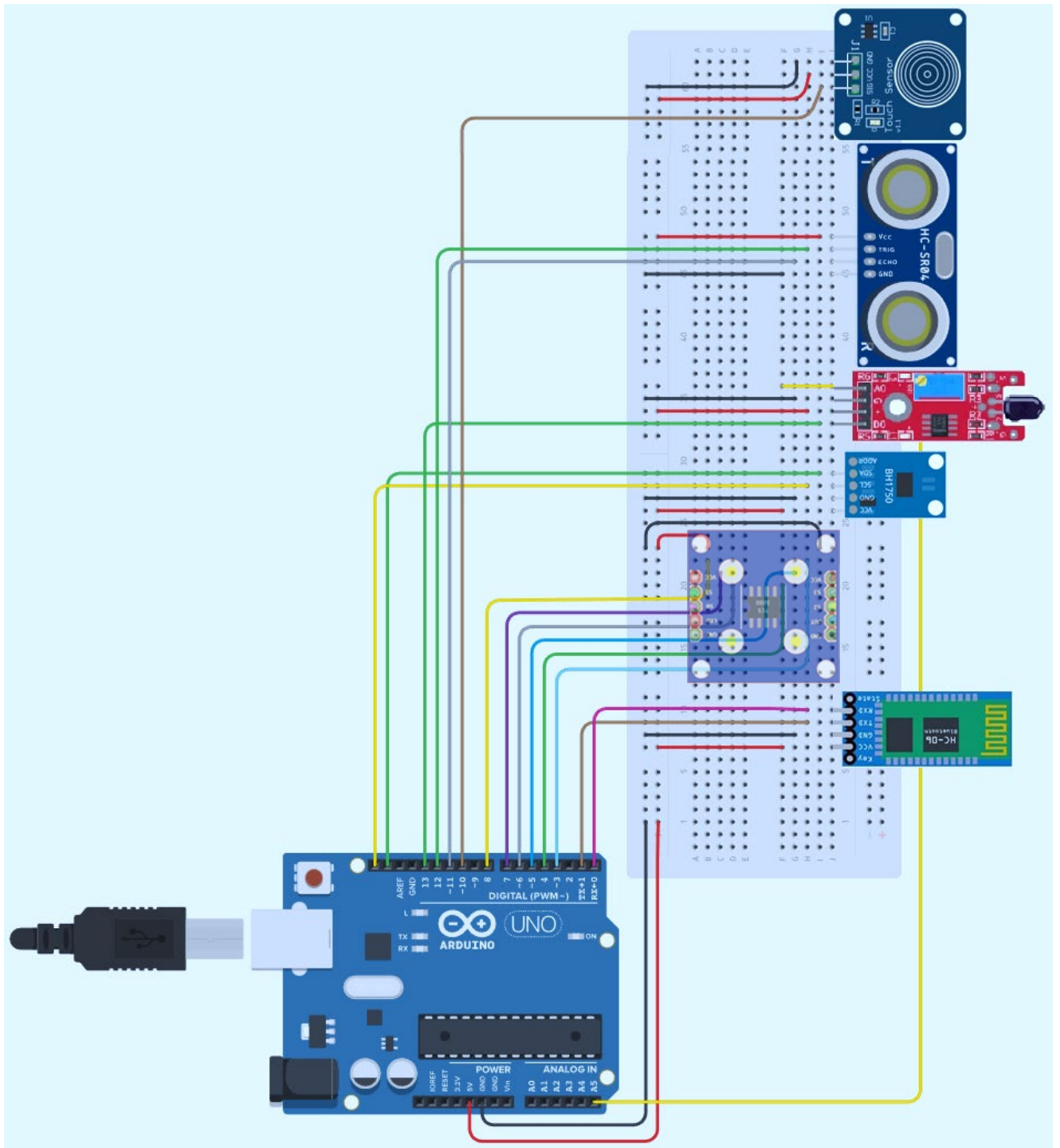


Рисунок 1.31. Схема підключення компонентів пристрою для калібрування моніторів

1.8 Реалізація програмного забезпечення мікроконтролера

Програмне забезпечення для мікроконтролера Elegoo UNO R3, призначеного для пристрою калібрування моніторів, буде розроблено за допомогою Arduino IDE з використанням мови програмування C++. Основні завдання програми включають зчитування даних від різноманітних датчиків та передачу розрахованих параметрів

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

49

освітлення до Bluetooth модуля для подальшої бездротової передачі на смартфон або ПК. Необхідно передбачити можливість роботи в режимі одноразового або безперервного вимірювання.

Основні етапи розробки програмного забезпечення:

- Ініціалізація мікроконтролера: Налаштування початкових параметрів, таких як швидкість передачі даних по UART для Bluetooth модуля, конфігурація інтерфейсів I2C і підключення пінів для кожного датчика;

- Зчитування даних з датчиків: Створення функцій для отримання даних з усіх підключених датчиків, включаючи датчик освітленості TSL2561, датчик відстані SRF04, датчик інфрачервоного випромінювання MLX90614 та датчик кольору TCS3200. Використання відповідних бібліотек для кожного з датчиків для забезпечення точності зчитування;

- Обробка даних: Розробка алгоритмів для обробки отриманих даних та розрахунку необхідних параметрів освітлення;

- Передача даних: Налаштування передачі оброблених даних через Bluetooth модуль FSC-BT986 на зовнішні пристрої, такі як смартфон або ПК;

- Режим роботи: Впровадження можливості вибору режиму роботи мікроконтролера – одноразового або безперервного вимірювання. У режимі одноразового вимірювання дані зчитуються і передаються лише один раз за командою користувача, а у безперервному режимі дані оновлюються та передаються постійно через певні інтервали часу.

При розробці програмного забезпечення для мікроконтролера необхідно врахувати функціональність сенсорної кнопки для ввімкнення та вимкнення окремих функцій пристрою для калібрування моніторів:

- Один дотик активує або деактивує контроль рівня яскравості монітору та інфрачервоного випромінювання;
- Два послідовних дотики вмикають або вимикають функцію визначення кольорової гами;
- Три послідовних дотики активують або деактивують функцію контролю вимірювання відстані.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця логіка буде реалізована в програмному забезпеченні, що дозволить користувачу зручно керувати різними функціями пристрою за допомогою сенсорної кнопки.

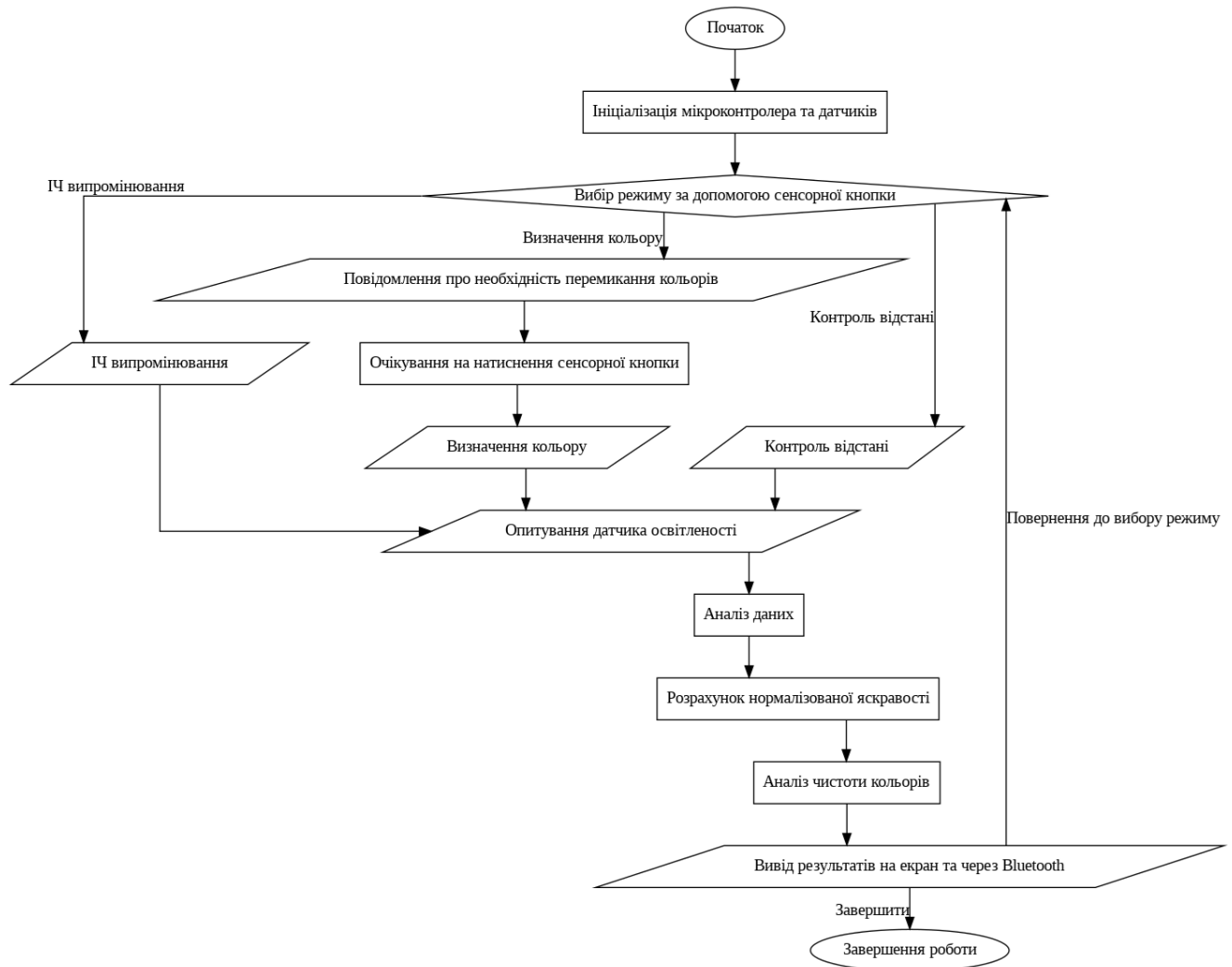


Рисунок 1.32. Узагальнена блок-схема алгоритму вимірювань

1.8.1 Реалізація алгоритму зчитування даних датчика TSL2561

Розроблена програма зчитує дані з датчика освітленості TSL2561, аналізує яскравість монітора, передає дані на смартфон або ПК через Bluetooth і класифікує рівномірність підсвітки монітора по 3-бальній шкалі.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>
#include <SoftwareSerial.h>
// Ініціалізація датчика освітленості TSL2561
Adafruit_TSL2561_Unified tsl =
Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT, 12345);
```

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

```

// Ініціалізація Bluetooth модуля
SoftwareSerial BTSerial(10, 11); // RX, TX
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Налаштування зв'язку для виводу даних на монітор
  BTSerial.begin(9600); // Налаштування зв'язку для Bluetooth модуля
  // Налаштування датчика освітленості
  if (!tsl.begin()) {
    Serial.print("Не вдалося знайти датчик TSL2561.");
    while (1);
  }
  tsl.enableAutoRange(true); // Включення автоматичного діапазону
  tsl.setIntegrationTime(TSL2561_INTEGRATIONTIME_13MS);
  // Налаштування часу інтеграції
}
void loop() {
  sensors_event_t event;
  tsl.getEvent(&event); // Зчитування даних з датчика
  if (event.light) {
    float lux = event.light;
    Serial.print("Яскравість: ");
    Serial.print(lux);
    Serial.println(" lx");
    // Класифікація рівномірності підсвітки по 3-бальній шкалі
    String classification;
    if (lux > 800) {
      classification = "Висока";
    } else if (lux > 400) {
      classification = "Середня";
    } else {
      classification = "Низька";
    }
    Serial.print("Рівномірність підсвітки: ");
    Serial.println(classification);
    // Передача даних через Bluetooth
    BTSerial.print("Яскравість: ");
    BTSerial.print(lux);
    BTSerial.println(" lx");
    BTSerial.print("Рівномірність підсвітки: ");
    BTSerial.println(classification);
  } else {
    Serial.println("Неможливо зчитати дані з датчика.");
    BTSerial.println("Неможливо зчитати дані з датчика.");
  }
  delay(500); // Затримка перед наступним вимірюванням
}

```

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		52

Розроблений алгоритм та його програмна реалізація виконує такі дії:

- підключення необхідних бібліотек для роботи з датчиком TSL2561 і модулем Bluetooth;
- ініціалізацію датчику освітленості та налаштування його параметрів;
- у функції `setup()` налаштовує зв'язок для виводу даних на монітор і для модуля Bluetooth;
- у функції `loop()` зчитує дані з датчика освітленості;
- аналізуються і класифікує дані за рівномірністю підсвітки монітора по 3-бальній шкалі (висока, середня, низька);
- виводить на монітор результати вимірювань та передає їх через Bluetooth на смартфон або ПК.

1.8.2 Реалізація алгоритму зчитування даних датчика SRF04

Розроблена програма зчитує дані відстані з ультразвукового датчика SRF04, аналізує відстань до монітора для нормалізації значень яскравості та передає дані на смартфон або ПК через Bluetooth:

```
#include <SoftwareSerial.h>
const int echoPin = 2;
const int trigPin = 3;
const int luxPin = A0; // Пін для зчитування яскравості
// Ініціалізація Bluetooth модуля
SoftwareSerial BTSerial(10, 11); // RX, TX
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Налаштування зв'язку для монітора
  BTSerial.begin(9600); // Налаштування зв'язку для Bluetooth модуля
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}
void loop() {
  long duration, distanceCm;
  float lux, normalizedLux;
  // Зчитування даних відстані з ультразвукового датчика
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
```

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		53

```

distanceCm = duration / 58;
// Зчитування яскравості з аналогового датчика
lux = analogRead(luxPin);
// Нормалізація яскравості залежно від відстані до монітора
normalizedLux = lux / (distanceCm * distanceCm);
// Вивід даних на серійний монітор
Serial.print("Відстань: ");
Serial.print(distanceCm);
Serial.println(" cm");
Serial.print("Яскравість: ");
Serial.print(lux);
Serial.println(" lx");
Serial.print("Нормалізована яскравість: ");
Serial.print(normalizedLux);
Serial.println(" lx");
// Передача даних через Bluetooth
BTSerial.print("Відстань: ");
BTSerial.print(distanceCm);
BTSerial.println(" cm");
BTSerial.print("Яскравість: ");
BTSerial.print(lux);
BTSerial.println(" lx");
BTSerial.print("Нормалізована яскравість: ");
BTSerial.print(normalizedLux);
BTSerial.println(" lx");
delay(500); // Затримка перед наступним вимірюванням
}

```

Розроблений алгоритм та його програмна реалізація виконує такі дії:

- ініціалізує з'єднання з ультразвуковим датчиком SRF04 та Bluetooth модулем;
- у функції setup() налаштовуються серійні зв'язки та визначаються входи/виходи;
- у функції loop() зчитуються дані відстані з ультразвукового датчика;
- зчитуються дані яскравості з аналогового датчика;
- нормалізується яскравість залежно від відстані до монітора;
- виводить результати вимірювань на серійний монітор та передає їх через Bluetooth на смартфон або ПК.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		54

1.8.3 Реалізація алгоритму зчитування даних датчика MLX90614

Розроблена програма зчитує дані з інфрачервоного датчика MLX90614 і виводить результати вимірювань через Bluetooth на смартфон або ПК. Ця програма визначає інфрачервоне випромінювання монітора для інформування користувача про можливі шкідливі рівні випромінювання:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <SoftwareSerial.h>
const int digitalPin = 2;
const int analogPin = A0;
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
SoftwareSerial BTSerial(10, 11); // RX, TX
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Налаштування зв'язку для монітора
  BTSerial.begin(9600); // Налаштування зв'язку для Bluetooth модуля
  if (!mlx.begin()) {
    Serial.println("Помилка ініціалізації MLX90614!");
    while (1);
  }
  pinMode(digitalPin, INPUT);
  pinMode(analogPin, INPUT);
}
void loop() {
  // Зчитування інфрачервоного випромінювання
  float temp = mlx.readObjectTempC();
  int analogVal = analogRead(analogPin);
  int digitalVal = digitalRead(digitalPin);
  // Аналіз рівня інфрачервоного випромінювання
  String irStatus;
  if (digitalVal == HIGH) {
    irStatus = "Високий рівень ІЧ-випромінювання";
  } else {
    irStatus = "Низький рівень ІЧ-випромінювання";
  }
  // Вивід даних на серійний монітор
  Serial.print("Температура об'єкта: ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println(" °C");
  Serial.print("Аналогове значення ІЧ-випромінювання: ");
  Serial.println(analogVal);
  Serial.println(irStatus);
  // Передача даних через Bluetooth
```

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		55

```

BTSerial.print("Температура об'єкта: ");
BTSerial.print(temp);
BTSerial.println(" °C");
BTSerial.print("Аналогові значення ІЧ-випромінювання: ");
BTSerial.println(analogVal);
BTSerial.println(irStatus);
delay(500); // Затримка перед наступним вимірюванням
}

```

Розроблений алгоритм та його програмна реалізація виконує такі дії:

- підключає необхідні бібліотеки для роботи з інфрачервоним датчиком MLX90614 та модулем Bluetooth;
- ініціалізує з'єднання з датчиком MLX90614 та налаштовує його параметри;
- у функції setup() налаштовуються серійні зв'язки та визначаються входи для аналогового і цифрового виходів;
- у функції loop() зчитуються дані температури об'єкта з інфрачервоного датчика;
- зчитуються аналогові і цифрові значення випромінювання;
- визначається рівень інфрачервоного випромінювання (високий або низький) і передається інформація про це користувачеві через серійний монітор та Bluetooth.

1.8.4 Реалізація алгоритму зчитування даних датчика TCS3200

Розроблена програма зчитує дані з датчика кольору TCS3200, аналізує чистоту та ступінь відповідності кожного з базових кольорів RGB до моделі Res.709 для монітору, виводить відсоток відповідності цієї шкалі через Bluetooth на смартфон або ПК, і показує повідомлення про переключення заливки кольору:

```

#include <SoftwareSerial.h>
// Ініціалізація пінів для датчика кольору
#define S0 4
#define S1 5
#define S2 6
#define S3 7
#define sensorOut 8
// Ініціалізація Bluetooth модуля

```

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		56

```

SoftwareSerial BTSerial(10, 11); // RX, TX
// Змінні для зберігання значень частоти та кольорів
int redFrequency = 0;
int greenFrequency = 0;
int blueFrequency = 0;
int redColor = 0;
int greenColor = 0;
int blueColor = 0;
// Рівні калібрування для моделі Res.709
const int rec709Red = 70;
const int rec709Green = 100;
const int rec709Blue = 38;
void setup() {
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);
  pinMode(sensorOut, INPUT);
  digitalWrite(S0, HIGH);
  digitalWrite(S1, LOW);
  Serial.begin(9600);
  BTSerial.begin(9600);
}
void loop() {
  // Зчитування червоного кольору
  digitalWrite(S2, LOW);
  digitalWrite(S3, LOW);
  redFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
  redColor = map(redFrequency, rec709Red, 255, 0, 100); // % відповідності
  Serial.print("R = ");
  Serial.print(redColor);
  Serial.println("%");
  // Надсилання повідомлення через Bluetooth
  BTSerial.print("Червоний: ");
  BTSerial.print(redColor);
  BTSerial.println("%");
  delay(2000); // Затримка перед наступним вимірюванням
  // Повідомлення про необхідність переключення кольору
  BTSerial.println("Переключіть заливку на Зелений та натисніть Enter...");
  while (BTSerial.available() == 0);
  // Зчитування зеленого кольору
  digitalWrite(S2, HIGH);
  digitalWrite(S3, HIGH);
  greenFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
  greenColor = map(greenFrequency, rec709Green, 255, 0, 100); // % відповідн.

```

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		57

```

Serial.print("G = ");
Serial.print(greenColor);
Serial.println("%");
// Надсилання повідомлення через Bluetooth
BTSerial.print("Зелений: ");
BTSerial.print(greenColor);
BTSerial.println("%");
delay(2000); // Затримка перед наступним вимірюванням
// Повідомлення про необхідність переключення кольору
BTSerial.println("Переключіть заливку на Синій та натисніть Enter...");
while (BTSerial.available() == 0);
// Зчитування синього кольору
digitalWrite(S2, LOW);
digitalWrite(S3, HIGH);
blueFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
blueColor = map(blueFrequency, rec709Blue, 255, 0, 100); // % відповідності
Serial.print("B = ");
Serial.print(blueColor);
Serial.println("%");
// Надсилання повідомлення через Bluetooth
BTSerial.print("Синій: ");
BTSerial.print(blueColor);
BTSerial.println("%");
delay(2000); // Затримка перед наступним вимірюванням
// Повідомлення про завершення вимірювань
BTSerial.println("Вимірювання завершено.");
}

```

Розроблений алгоритм та його програмна реалізація виконує такі дії:

- ініціалізує з'єднання з датчиком кольору TCS3200 та модулем Bluetooth.
- у функції setup() налаштовуються пін і зв'язки.
- у функції loop() виконується зчитування даних частоти з кожного кольорового фільтру.
- розраховується відсоток відповідності кожного кольору базовим значенням згідно моделі Rec.709.
- відсотки відповідності кожного кольору передаються через Bluetooth на смартфон або ПК.
- користувач отримує повідомлення про необхідність переключення заливки кольору на моніторі для продовження вимірювань.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		58

1.9 Аналіз результатів роботи пристрою калібрування

Тестування пристрою проводилось з використанням середовища розробки Arduino IDE. Програма, написана мовою C++, виводить дані вимірювань у послідовний порт, через який дані передаються на Bluetooth-адаптер.

Загальний алгоритм роботи пристрою та послідовність дій користувача:

1. Підключення пристрою до монітора: Встановіть пристрій перед монітором та увімкніть живлення;
2. Налаштування Bluetooth-з'єднання: Підключіть смартфон або ПК до модуля FSC-BT986 через Bluetooth;
3. Початок вимірювання: Використовується сенсорна кнопка для вибору режиму вимірювання:
 - Один дотик: увімкнення/вимкнення контролю інфрачервоного випромінювання;
 - Два послідовних дотики: увімкнення/вимкнення визначення кольору;
 - Три послідовних дотики: увімкнення/вимкнення контролю вимірювання відстані;
4. Зчитування даних: Почекайте, поки пристрій зчитує дані з усіх підключених датчиків;
5. Отримання результатів: Перегляньте результати вимірювань на смартфоні або ПК, підключеному через Bluetooth.

Тестування передачі даних вимірювань до смартфона або ПК проводилось за допомогою вбудованих інструментів середовища розробки Arduino IDE. Було підтверджено, що пристрій точно передає дані з усіх підключених датчиків та відображає їх на підключеному через Bluetooth смартфоні або ПК.

На основі цих даних користувач може:

1. Вимірювати інтенсивність освітлення монітора;
2. Перевіряти рівень інфрачервоного випромінювання монітора;
3. Аналізувати чистоту кольорів на моніторі;
4. Вимірювати відстань до монітора для коректного калібрування.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		59

На рис.1.34 наведено вміст файлу з відлагоджувальною інформацією, яка виводиться у послідовний порт COM4 на ПК, куди підключено плату Elegoo UNO-R3. Тут містяться дані вимірювань від усіх датчиків для трьох різних експериментів.

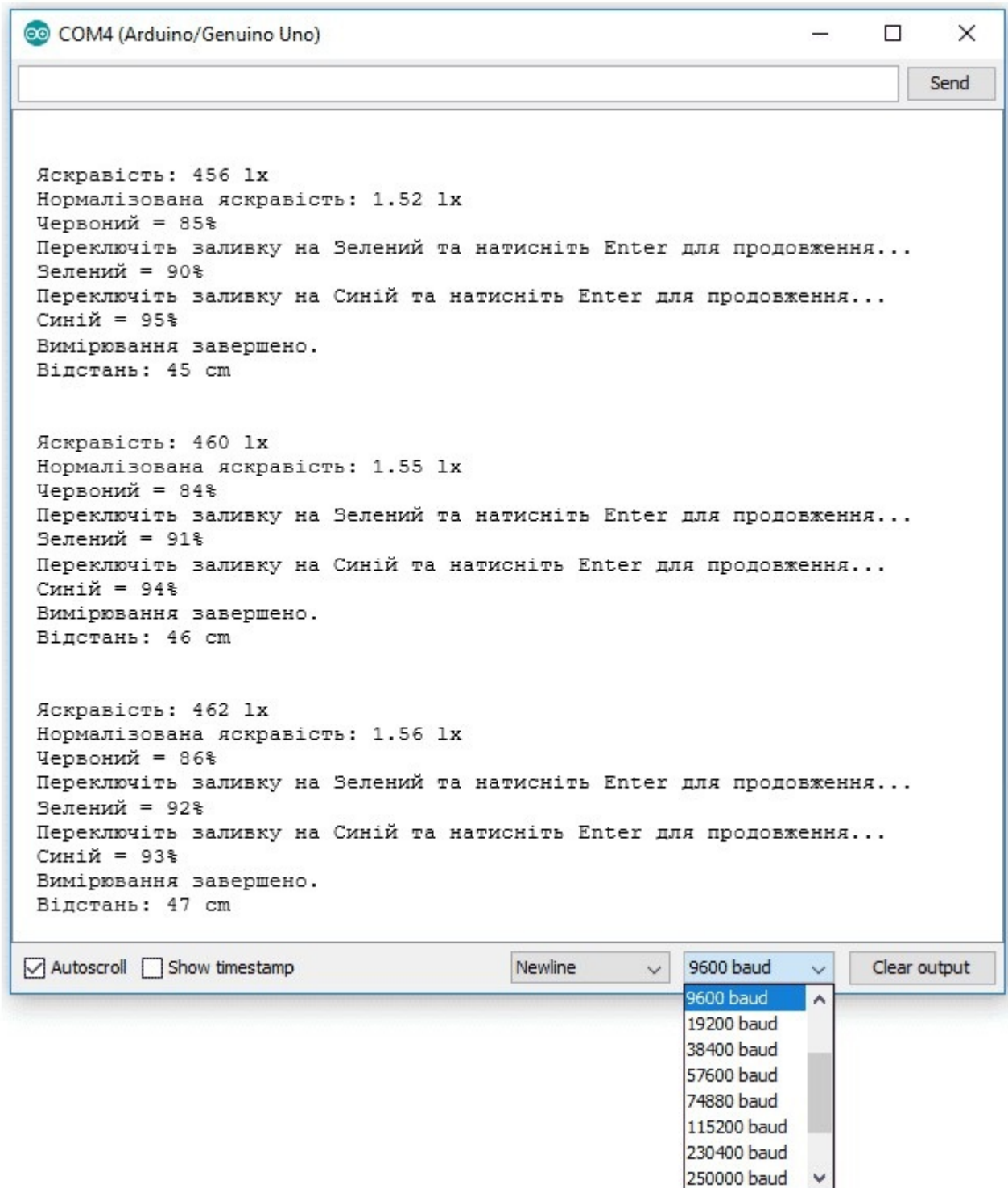


Рисунок 1.34. Дані роботи пристрою з порту COM4

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У цьому дипломному проєкті було розроблено пристрій для калібрування моніторів, заснований на платформі Elegoo UNO R3, сумісній з Arduino. Ця система дозволяє проводити вимірювання яскравості екрану, перевіряти рівень інфрачервоного випромінювання, аналізувати точність передавання кольорів та визначати дистанцію до монітора. Зручне управління забезпечується сенсорною кнопкою, яка дозволяє легко перемикає режими роботи.

У цьому розділі здійснюється розрахунок вартості розробленого пристрою. Спершу проводиться оцінка витрат шляхом укрупненого методу, зосередженого на вартості закуплених компонентів і готових модулів. Для цього формується перелік необхідних елементів відповідно до специфікації пристрою, який представлений у таблиці.

Таблиця 2.1. Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

Найменування, тип, модель	Од.вим	Кількіс ть	Ціна, грн.	Вартість комплектуючих
Платформа Elegoo UNO-R3	шт.	1	550.00	550.00
Датчик вимірювання освітленості TSL2561	шт.	1	150.00	150.00
Вимірювач відстані SRF04	шт.	1	130.00	130.00
Датчик вимірювання інфрачервоного випромінювання MLX90614	шт.	1	170.00	170.00
Модуль визначення кольору TCS3200	шт.	1	260.00	260.00
Bluetooth-модуль передачі даних FSC-BT986	шт.	1	300.00	300.00
Сенсорна кнопка НТТМ	шт.	1	50.00	50.00
Макетная плата МВ-10	шт.	1	200.00	200.00
Блок живлення 9В 2А	шт.	1	250.00	250.00
Оптичний фільтр	шт.	1	370.00	370.00
Дроти та конектори	шт.	1	120.00	120.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				2550.00
Транспортні витрати (10%)				255.00
Всього (Впк)				2805.00

Оскільки розроблений пристрій належить до радіоелектронної апаратури, можна визначити розподіл витрат у його структурі. Частка матеріалів у загальній вартості становить 20% ($\alpha_m = 20\%$), а частка покупних комплектуючих досягає 62% ($\alpha_{пк} = 62\%$). Крім того, питома вага основної заробітної плати складає 18% ($\alpha_{озп} = 18\%$), що враховує оплату праці спеціалістів, залучених до розробки та складання пристрою.

Таблиця 2.2. Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення статті, грн.	Розрахунок
1. Сировина та матеріал	904,84	$V_m = \alpha_m * V_{пк/апи}$ $V_m = 0,2 * 2805,00 / 0,62$
2. Комплектуючі вироби та покупні напівфабрикати	2805,00	$V_{пк} = \text{см.табл.2.1}$ 2805,00
3. Основна заробітна плата	814,35	$V_{оз} = \alpha_{озп} * V_{пк/апи}$ $V_{оз} = 0,18 * 2805,00 / 0,62$
4. Додаткова заробітна плата	325,74	$V_{дз} = 0,4 * V_{оз}$ $V_{дз} = 0,4 * 814,35$
5. Відрахування о єдиного соцфонду	250,82	$V_{ес} = (V_{оз} + V_{дз}) * 0,22$ $V_{ес} = (814,35 + 325,74) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	651,48	$V_{заг.вир} = (0,8 \dots 1,5) * V_{оз}$ $V_{заг.вир} = 0,8 * 814,35$
7. Виробнича собівартість	5752,23	$S_{вир} =$ $\sum V = 904,84 + 2805 + 814,35 + 325,74 + 250,82 + 651,48$
8. Адміністративні витрати	244,31	$V_a = V_{оз} * 0,3$ $V_a = 0,3 * 814,35$
9. Витрати на збут	115,04	$V_{зб} = S_{вир} * 0,02$ $V_{зб} = 5752,23 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	51,52	$V_{оп} = S_{вир} * 0,01$ $V_{оп} = 5752,23 * 0,01$
Повна собівартість	6163,1	$S_{пов.} = \sum 3$ $S_{пов.} = 5752,23 + 244,31 + 115,04 + 51,52$

Розмір планового прибутку, це включається у ціну, визначаємо по формулі:

$$П = (S_{пов} * p) / 100\% = 6163,1 * 20 / 100 = 616,31 \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де p -планова рентабельність продукції (10%...30%).

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		62

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$Ц_o = C_{\text{пов}} + П = 6163,1 + 616,31 = 6779,41 \text{ грн.} \quad (2.2)$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо із урахуванням ПДВ:

$$Ц_r = Ц_o + П_z,$$

де $П_z$ – податкове зобов'язання із ПДВ:

$$П_z = Ц_o * 0,2 = 6779,41 * 0,2 = 1355,88 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$Ц_r = 6779,41 + 1355,88 = 8135,29 \text{ грн.}$$

Розрахована в таблиці 2.2. повна собівартість визначає витрати на виробництво (Спк) однієї одиниці пристрою в рамках поточного року випуску. Для подальшого аналізу пропонується прогноз обсягів реалізації цього виробу на другій стадії його життєвого циклу — «Виробництво». Прогнозований розподіл продажів охоплює період у 4 роки. Візуальне представлення ключових зон промислового випуску пристрою наведено на рисунку 2.1.

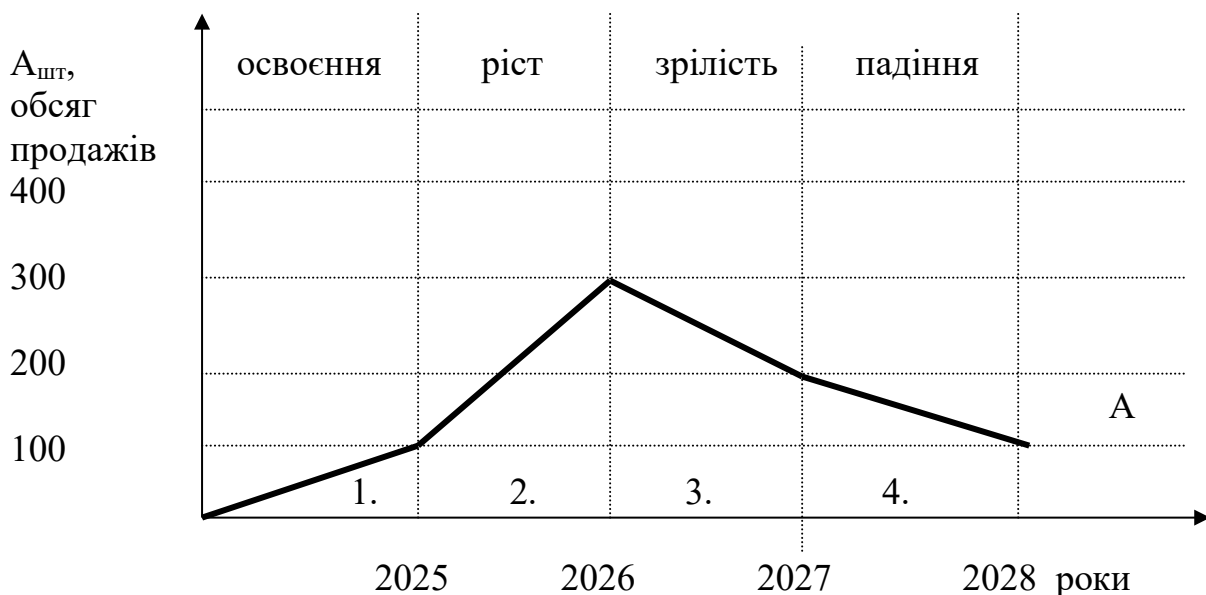


Рисунок 2.1. Роки та зони розрахункового періоду

У 2025 році запланований обсяг продажів становитиме 100 одиниць за індивідуальними замовленнями. На наступний рік очікується збільшення кількості реалізованої продукції, що потребує коректного розрахунку виробничих витрат. Для цього використовується відповідна формула оцінки витрат на виробництво.

$$C_{\Pi i} = C_{\Pi i} \left(\frac{A}{A_{i=1}} \right)^{0,23}, \quad (2.3)$$

де

A_i – обсяг продажів (виробництва) у 1 рік розрахункового періоду, шт.;

A_{i+1} – обсяг продажів (i+1)-го року, шт.;

0,23 – показник ступеня.

Звідси випливає, що при зростанні виробничих потужностей ефект економії масштабу може сприяти зменшенню собівартості за рахунок оптимізації ресурсів, зниження витрат на одиницю товару та більш ефективного використання матеріалів і технологічних процесів.

$$C_{2025} = 6163,1 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2025} * (100/300)^{0,23} = 6163,1 * (100/300)^{0,23} = 4745,58 \text{ грн.}$$

При відсутності росту обсягів виробництва, тобто якщо обсяг продажів чи не змінюється чи зменшується у наступному році, витрати виробництва приймаються на рівні попереднього року.

$$C_{2028} = C_{2027} = C_{2026} = 4745,58 \text{ грн}$$

Плановий прибуток, це включається у оптову ціну підприємства, задля наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$P_{i+1} = C_{ni+1} * \frac{\rho}{100} \quad (2.4)$$

Звідси:

$$P_{2025} = 616,31 \text{ грн}$$

$$P_{2026} = P_{2027} = P_{2028} = 4745,58 * 0,1 = 474,56 \text{ грн.}$$

Оптову ціну підприємства у наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$C_{O_{i+1}} = C_{ni+1} + P_{i+1} \quad (2.5)$$

Звідси:

$$C_{2025} = 6779,41 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2027} = C_{2028} = 4745,58 + 474,56 = 5220,14 \text{ грн}$$

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		64

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

$$P_{z_{i+1}} = C_{o_{i+1}} * 0.2 \quad (2.6)$$

Звідси:

$$P_{z_{2025}} = 1355,88 \text{ грн.}$$

$$P_{z_{2026}} = P_{z_{2027}} = P_{z_{2028}} = 5220,14 * 0,2 = 1044,03 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції у наступні роки визначаємо по формулі:

$$C_{p_{i+1}} = C_{o_{i+1}} + P_{z_{i+1}} \quad (2.7)$$

Звідси:

$$C_{p_{2025}} = 8135,29 \text{ грн.}$$

$$C_{p_{2026}} = C_{p_{2027}} = C_{p_{2028}} = 5220,14 + 1044,03 = 6264,17 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період (P_T) визначаємо по формулі:

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * C_{p_i} * \alpha_i \quad (2.8)$$

де t_p, t_k – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;

C_{p_i} – ціна реалізації в i -тім році, грн.;

A_i – обсяг продажів у i -тім році, грн.;

α_i – коефіцієнт приведення витрат до розрахункового року враховує фактор часу та економічні зміни. Вартісна оцінка здійснюється за методикою, представленою в таблиці.

Таблиця 2.3. Розрахунок вартісної оцінки результатів

Найменування показника	Позначення	Розрахунок виробничого періоду			
		1-й	2-й	3-й	4-й
Обсяг продажів, шт	A_i	100	300	200	100
Ціна реалізації, грн.	C_{p_i}	8135,29	6264,17	6264,17	6264,17
Вартісна оцінка результатів, грн.	$A_i * C_{p_i}$	813 529	1 879 251	1 252 834	626 417
Коефіцієнт, що враховує фактор часу	α_i	0.91	0.83	0.75	0.68
Вартісна оцінка результатів з урахуванням фактора часу, тис.грн.	$A_i * C_{p_i} * \alpha_i$	740, 31	1 559, 7	939, 62	425, 96

Виробництво дає змогу одержати дохід за 4 роки 3,665 млн. грн.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		65

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Закон України «Про охорону праці» є одним із ключових нормативних актів, що регламентує захист життя та здоров'я громадян у процесі трудової діяльності. Він визначає основні принципи організації безпечних умов праці, регулює відносини між роботодавцем і працівником у питаннях гігієни, охорони праці та виробничого середовища, а також встановлює єдині стандарти охорони праці на території України.

У дипломному проєкті розглядається процес розробки моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів. Враховуючи специфіку виконання робіт, важливим аспектом є дотримання вимог безпеки при проведенні паяльних робіт та створення безпечних умов для працівників. У цьому розділі буде проаналізовано ключові вимоги безпеки, що впливають на організацію робочого процесу та збереження здоров'я працівників.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

У процесі розробки пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів важливо враховувати фактори, що можуть впливати на безпеку працівника. До таких належать електромагнітне випромінювання, можливі перепади електричної напруги, інтенсивність освітлення робочого місця, а також тепловий вплив при проведенні пайки електронних компонентів. Робоче середовище має бути організоване таким чином, щоб мінімізувати вплив шкідливих чинників та забезпечити комфортні умови праці.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для забезпечення ефективної роботи над калібрувальним пристроєм необхідно враховувати умови виробничого середовища. Освітлення має відповідати нормам (300–400 лк згідно з ДБН В.2.5-28:2018), а робоче приміщення повинно бути обладнане вентиляцією для регулювання температури та рівня вологості. Важливо забезпечити зручне розташування робочого місця, захист від шуму та оптимальні санітарні умови.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		66

Створення сприятливого робочого середовища є важливим аспектом продуктивної діяльності персоналу. Гігієнічні вимоги передбачають низку умов, які мають бути забезпечені у приміщенні, де здійснюється розробка та тестування пристрою.

Освітлення Освітлення робочого місця повинно відповідати встановленим нормативам. Згідно з ДБН В.2.5-28:2018, необхідно забезпечити рівень освітленості 300–400 лк, що дозволить зменшити навантаження на зір та покращити точність роботи з дрібними компонентами пристрою.

Вентиляція та якість повітря Робоче приміщення повинно мати ефективну вентиляцію, щоб усувати шкідливі пари та забезпечувати доступ свіжого повітря. У холодну пору року рекомендована температура 18–20°C, у теплу – 22–25°C. Оптимальний рівень вологості складає 40–60%, що сприяє комфортному перебуванню у приміщенні.

Захист від шуму та вібрацій У місцях, де проводяться пайкові роботи та тестування пристрою, слід мінімізувати рівень шуму та вібрацій, які можуть негативно впливати на продуктивність працівників. Для цього застосовують шумоізолюючі матеріали та спеціальні амортизаційні конструкції.

3.3 Вимоги безпеки праці працівника

Безпека працівника під час роботи з паяльними інструментами та електронними пристроями є першочерговим завданням. Необхідно дотримуватися таких заходів:

Використання індивідуальних засобів захисту – працівник повинен працювати у захисних рукавичках, спеціальному одязі та з використанням ізоляційного покриття на робочій поверхні.

Дотримання правильного розташування робочого місця – важливо розташувати технічне обладнання таким чином, щоб уникнути ризику перекидання чи випадкового контакту з нагрітими частинами.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		67

Контроль електробезпеки – всі пристрої, які використовуються в роботі, повинні мати заземлення та відповідати технічним стандартам безпеки.

Дотримання правил експлуатації обладнання – працівник повинен перевіряти справність інструментів перед початком роботи та уникати використання пошкодженого обладнання.

3.4 Правила безпеки праці при паянні

При виконанні паяльних робіт слід дотримуватися таких правил:

- Забороняється використання несправних інструментів.
- Не можна торкатися до нагрітих частин паяльника, щоб уникнути опіків.
- Обов'язкове використання витяжки для видалення шкідливих парів припою.
- Деталі утримувати плоскогубцями або спеціальними інструментами, щоб уникнути прямого контакту з гарячими компонентами.
- Регулярно провітрювати приміщення та дотримуватися санітарних норм після завершення роботи.

3.5 Пожежна безпека

Пожежна безпека є одним із критичних аспектів організації робочого місця, особливо при роботі з електронними пристроями, такими як система калібрування моніторів. Основними причинами виникнення пожеж у виробничому приміщенні можуть бути:

- Несправність електрообладнання – коротке замикання, перевантаження електромережі та механічні пошкодження електрокабелів.
- Неправильне зберігання легкозаймистих матеріалів – відкриті ємності з хімічними речовинами, займисті припої та ізоляційні матеріали.
- Порушення техніки безпеки при пайці – попадання розплавленого припою на горючі матеріали, перегрів електропаяльників та залишення нагрітого обладнання без нагляду.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		68

- Недотримання правил експлуатації електромереж – використання несправних розеток, відсутність захисного заземлення та неправильне підключення обладнання.
- Необережне поводження з вогнем – використання відкритого полум'я у робочому приміщенні, паління та неправильне поводження з нагрітими предметами.

Для запобігання пожежам необхідно дотримуватися ряду заходів безпеки:

- Систематичний контроль електромережі – перед початком роботи слід перевірити справність розеток, проводів та електроприладів.
- Забезпечення робочого приміщення засобами пожежогасіння – кожне місце роботи повинно бути оснащено необхідними протипожежними засобами, такими як:
 - Вогнегасник (порошковий або вуглекислотний, залежно від специфіки приміщення).
 - Азбестове покриття для гасіння невеликих локальних займань.
 - Ящик з піском об'ємом не менше 0,5 м³ для ліквідації розливів рідких займистих речовин.
 - Лопати та відра для ефективного використання піску.



Рисунок 3.1. Пожежні щити

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		69

Пожежні щити (рис.3.1) мають бути розміщені на видимих місцях та містити необхідний набір засобів для оперативної ліквідації займання.

Щоб мінімізувати ризик виникнення пожеж, робоче місце має відповідати наступним вимогам:

- Запасні виходи повинні бути позначені світловими покажчиками із написом «Запасний вихід», видимими навіть при недостатньому освітленні.
- Пожежні крани повинні бути доступними на кожному поверсі, у коридорах та біля сходових клітин.
- Вогнегасники слід розміщувати на видимих місцях, на висоті не більше 1,5 м від підлоги для швидкого доступу.
- Евакуаційний план повинен бути розміщений у головному вході приміщення та містити детальний маршрут виходу при пожежі.
- Будівлі та приміщення повинні бути оснащені пожежними щитами з необхідним інструментом для ліквідації загоряння.
- Електромережа повинна відповідати нормам захисту – дроти та розетки повинні бути ізольованими та не перевантаженими.
- Забезпечення контрольованого доступу до виробничих приміщень – стороннім особам забороняється перебувати в робочій зоні без відповідного дозволу.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні даного проекту було змодельовано пристрій для калібрування моніторів на базі Arduino-сумісної платформи Elegoo UNO R3. Пристрій включає датчик освітленості, датчик інфрачервоного випромінювання, датчик кольору, ультразвуковий датчик відстані, сенсорну кнопку та модуль бездротової передачі даних. Дані з датчиків передаються на смартфон або комп'ютер по бездротовому каналу Bluetooth. Пристрій дозволяє вимірювати інтенсивність освітлення монітора, перевіряти рівень інфрачервоного випромінювання, аналізувати чистоту кольорів та вимірювати відстань до монітора. Використання сенсорної кнопки дозволяє зручно переключатись між різними режимами роботи. Програма, написана мовою C++, забезпечує роботу пристрою та передачу даних на смартфон або ПК через Bluetooth. Під час проектування створено електричні схеми підключення всіх компонентів пристрою, розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера, що забезпечує зчитування даних з датчиків та їх передачу через Bluetooth, виконано моделювання роботи пристрою у віртуальному середовищі Tinkercad, проведено фізичне підключення елементів схеми та перевірка роботи пристрою наживо, калібровано датчики для забезпечення максимальної точності вимірювань.

Передбачаються наступні технічні характеристики пристрою: діапазон вимірювання освітленості від 0.1 до 40,000 люкс, точність вимірювання освітленості $\pm 3\%$, діапазон вимірювання інфрачервоної температури від -70 до 380 $^{\circ}\text{C}$, точність вимірювання температури ± 0.5 $^{\circ}\text{C}$, діапазон вимірювання відстані ультразвуковим датчиком від 2 см до 400 см, точність вимірювання відстані ± 0.3 см, оцінка чистоти кольорів відповідно до моделі Res.709 0-100% для кожного з основних кольорів (червоний, зелений, синій).

У майбутньому можна розширити функціональність пристрою, додати можливість автоматичного калібрування датчиків, покращити інтерфейс користувача для простішого керування пристроєм та розробити спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу даних на смартфоні або ПК.

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бухарцов М. "Arduino для початківців". Київ: Видавничий дім "Києво-Могилянська академія", 2018.
2. "Проекти з використанням контролера Arduino". Харків: ПАТ "Фоліо", 2019.
3. Іванченко В. "Інтернет речей з Arduino". Львів: Видавництво "Літопис", 2020.
4. "Методики вимірювання освітленості". Електронний ресурс:
<https://remzhuk.com.ua/pribor-ispolzuyu-i-dlya-izmereniya-osveshcheniya-lyuksmetr-pribor-dlya-izmereniya/>
5. "Освітлення та кольори: теорія та практика". Електронний ресурс:
<https://osvitlo.ua/articles/teoriya-i-praktika/>
6. "Проектування та калібрування оптичних систем". Електронний ресурс:
<https://zemax.com.ua/>
7. "Бездротові технології та Bluetooth з'єднання". Електронний ресурс:
<https://bluetooth.ua/articles/technology/>
8. "Переваги використання ультразвукових датчиків". Електронний ресурс:
<https://datchiki.ua/articles/ultrazvukovi-datchiki/>
9. "Arduino та датчики для вимірювань". Електронний ресурс:
<https://arduino.ua/info/sensors/>
10. "Програмування на C++". Підручник для ВНЗ. Київ: Видавничий дім "Просвіта", 2019.
11. Ковальчук О. "Мікропроцесорні системи та пристрої на базі Arduino". Вінниця: ВНТУ, 2017.
12. "Практичний посібник з Arduino". Журнал "Електроніка для всіх", №3, 2021.
13. "Інструкції та рекомендації для роботи з датчиками". Електронний ресурс:
<https://datchiki.info/articles/>

					КС 58. 16 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТОК А. Програма для мікроконтролера Elegoo UNO-R3

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <SoftwareSerial.h>
// Ініціалізація пінів для датчика кольору
#define S0 4
#define S1 5
#define S2 6
#define S3 7
#define sensorOut 8
// Ініціалізація Bluetooth модуля
SoftwareSerial BTSerial(10, 11); // RX, TX
// Ініціалізація сенсорної кнопки
const int touchPin = 2;
// Ініціалізація датчиків
Adafruit_TSL2561_Unified tsl =
Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT, 12345);
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
// Змінні для зберігання значень частоти та кольорів
int redFrequency = 0;
int greenFrequency = 0;
int blueFrequency = 0;
int redColor = 0;
int greenColor = 0;
int blueColor = 0;
// Значення чистоти кольорів моделі Rec.709
const int rec709Red = 255;
const int rec709Green = 255;
const int rec709Blue = 255;
// Режими роботи
bool irControl = false;
bool colorControl = false;
bool distanceControl = false;
void setup() {
  pinMode(S0, OUTPUT);
  pinMode(S1, OUTPUT);
  pinMode(S2, OUTPUT);
  pinMode(S3, OUTPUT);
  pinMode(sensorOut, INPUT);
  pinMode(touchPin, INPUT);
  digitalWrite(S0, HIGH);
  digitalWrite(S1, LOW);
  Serial.begin(9600);
  BTSerial.begin(9600);
```

```

if (!tsl.begin()) {
  Serial.println("Помилка ініціалізації TSL2561!");
  while (1);
}
if (!mlx.begin()) {
  Serial.println("Помилка ініціалізації MLX90614!");
  while (1);
}
tsl.enableAutoRange(true);
tsl.setIntegrationTime(TSL2561_INTEGRATIONTIME_13MS);
}
void loop() {
  // Керування режимами роботи за допомогою сенсорної кнопки
  if (digitalRead(touchPin) == HIGH) {
    delay(100);
    if (digitalRead(touchPin) == HIGH) {
      if (irControl == false) {
        irControl = true;
      } else {
        irControl = false;
      }
      delay(500);
    }
  }
  if (irControl) {
    // Зчитування даних з інфрачервоного датчика
    float temp = mlx.readObjectTempC();
    Serial.print("Температура об'єкта: ");
    Serial.print(temp);
    Serial.println(" °C");
    BTSerial.print("Температура об'єкта: ");
    BTSerial.print(temp);
    BTSerial.println(" °C");
  }
  if (colorControl) {
    // Зчитування даних з датчика кольору
    digitalWrite(S2, LOW);
    digitalWrite(S3, LOW);
    redFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
    redColor = map(redFrequency, 0, 255, 0, 100); // Відсоток відповідності
    Serial.print("Червоний = ");
    Serial.print(redColor);
    Serial.println("%");
    BTSerial.print("Червоний: ");
    BTSerial.print(redColor);
    BTSerial.println("%");
    delay(2000);
    BTSerial.println("Переключіть заливку на Зелений та натисніть Enter...");
  }
}

```

```

while (BTSerial.available() == 0);
digitalWrite(S2, HIGH);
digitalWrite(S3, HIGH);
greenFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
greenColor = map(greenFrequency, 0, 255, 0, 100); // % відповідності
Serial.print("Зелений = ");
Serial.print(greenColor);
Serial.println("%");
BTSerial.print("Зелений: ");
BTSerial.print(greenColor);
BTSerial.println("%");
delay(2000);
BTSerial.println("Переключіть заливку на Синій та натисніть Enter...");
while (BTSerial.available() == 0);

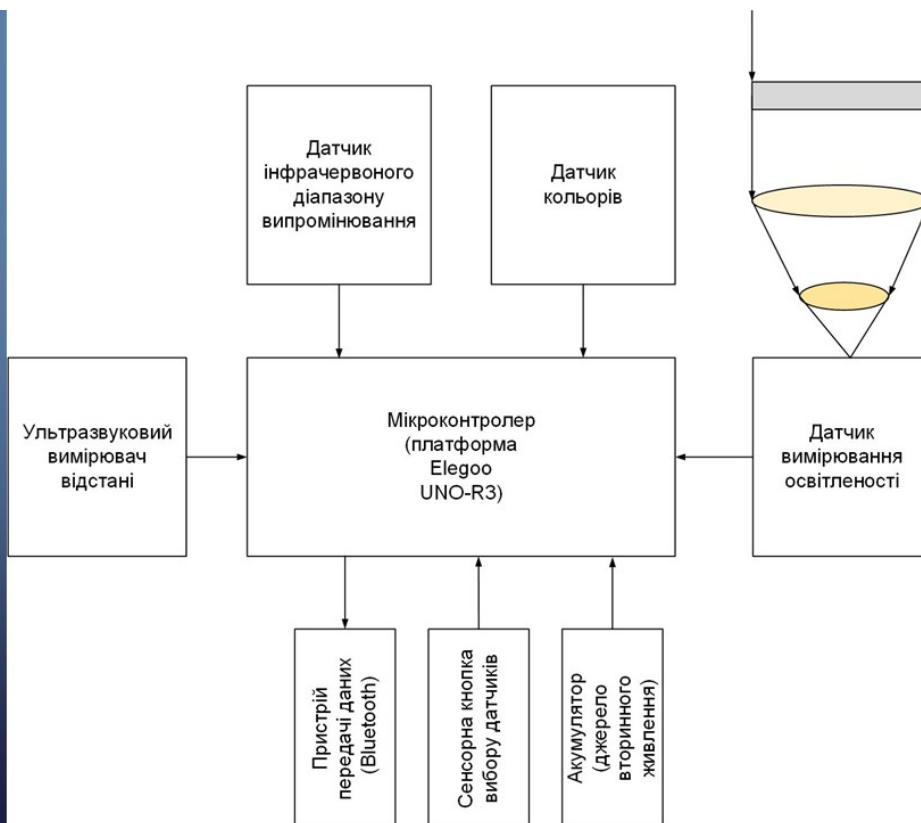
digitalWrite(S2, LOW);
digitalWrite(S3, HIGH);
blueFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
blueColor = map(blueFrequency, 0, 255, 0, 100); // Відсоток відповідності
Serial.print("Синій = ");
Serial.print(blueColor);
Serial.println("%");
BTSerial.print("Синій: ");
BTSerial.print(blueColor);
BTSerial.println("%");
delay(2000);
BTSerial.println("Вимірювання завершено.");
}
if (distanceControl) {
// Зчитування даних з ультразвукового датчика
long duration, distanceCm;
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distanceCm = duration / 58;
Serial.print("Відстань: ");
Serial.print(distanceCm);
Serial.println(" cm");
BTSerial.print("Відстань: ");
BTSerial.print(distanceCm);
BTSerial.println(" cm");
delay(500);
}
delay(1000);
}

```

Розробка моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів



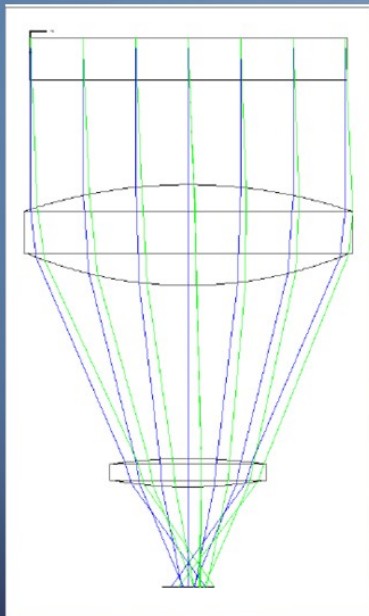
Поліщук Владислав , гр.4КС-58



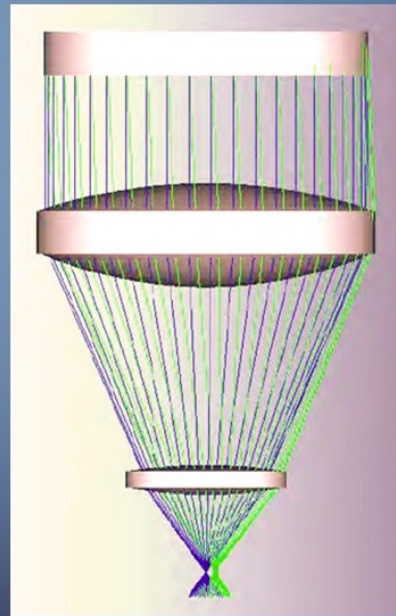
Структурна схема
пристрою для
калібрування
комп'ютерних
моніторів

Таблиця результатів моделювання конструктивних параметрів оптичної системи у OpticStudio

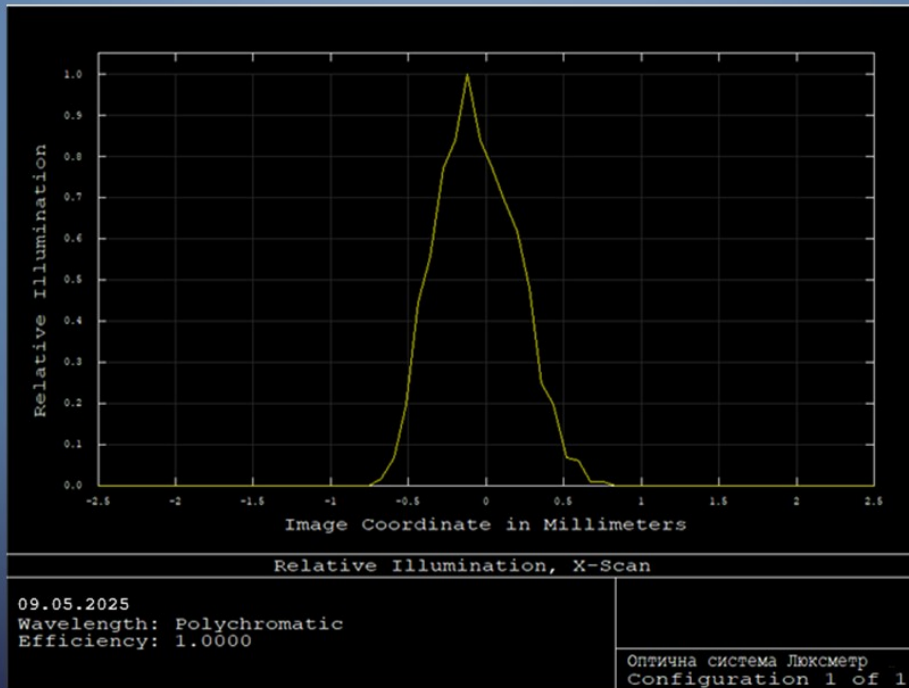
Surf-Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic	
OBJ	Standard	Infinity	Infinity	V	Infinity	0.000	
STO	Standard	Infinity	2.000	V	LZ_KS	7.500	
2	Standard	Infinity	5.000	V	7.558	0.000	
3	Standard	24.535	V	4.805	V	LZ_KS	7.832
4	Standard	-20.132	V	8.246	V	7.663	0.000
5	Standard	24.590	V	1.359	V	LZ_KS	3.741
6	Standard	-20.052	V	4.755	V	3.515	0.000
IMA	Standard	Infinity	-		1.222	0.000	



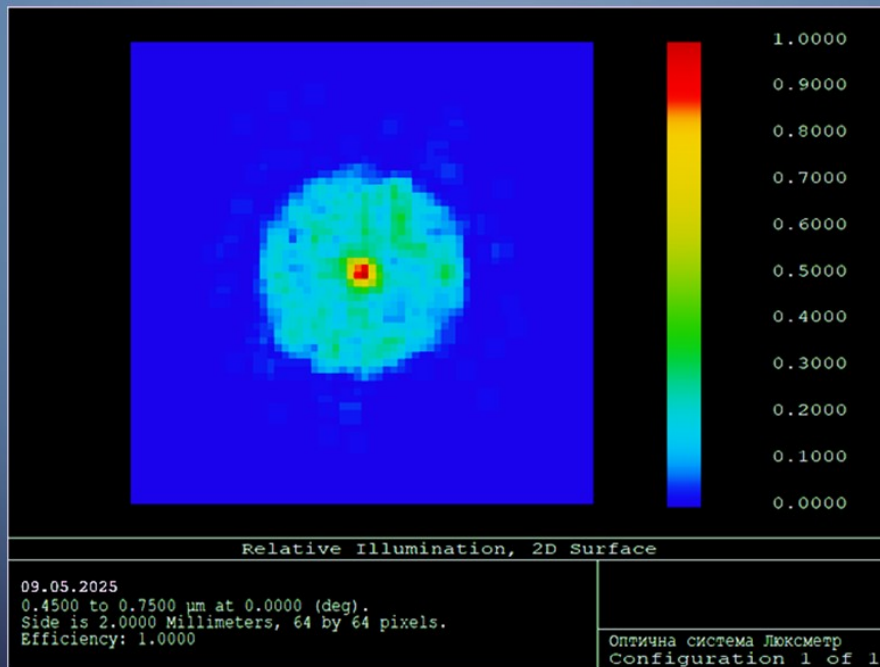
Візуалізація 3-вимірного пустотілого зображення оптичної системи



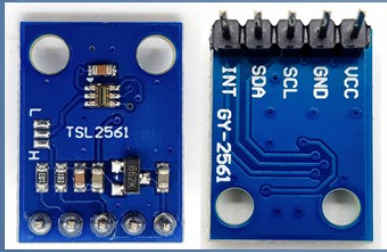
Візуалізація тіньової моделі оптичної системи у OpticStudio



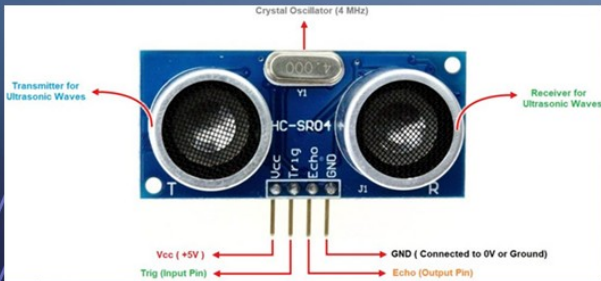
Модельовання функції Illumination XY-Scan у OpticStudio



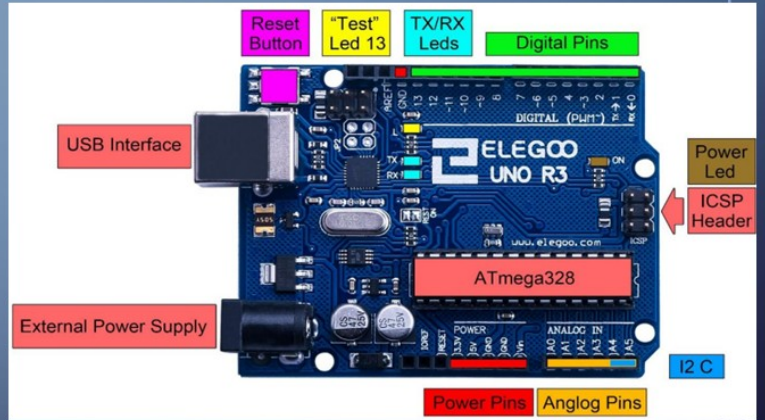
Візуалізація функції Illumination 2D Surface у OpticStudio



Датчик вимірювання освітленості TSL2561



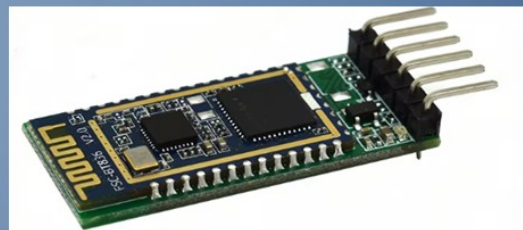
Датчик вимірювання відстані SRF04



Зовнішній вигляд плати Elegoo UNO-R3



Датчик ІЧ-випромінювання MLX90614



Bluetooth-модуль FSC-BT986



Датчик визначення кольору TCS3200



Сенсорна кнопка HTTM

TSL2561	Elegoo UNO-R3
VIN	5V
GND	GND
SCL	A5(SCL)
SDA	A4(SDA)
ADDR	-

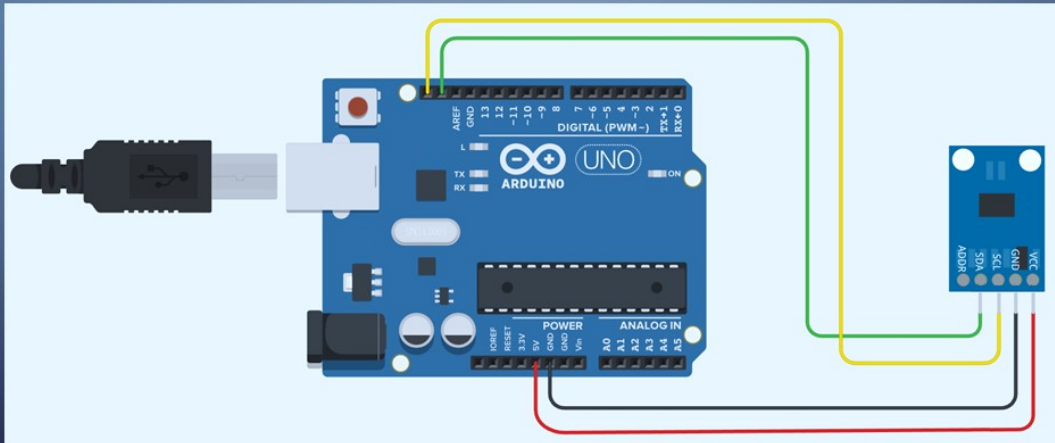


Схема підключення датчика TSL2561 з платою Elegoo UNO-R3

SRF04	Elegoo UNO-R3
VCC	5V
TRIG	D3
ECHO	D2
GND	GND

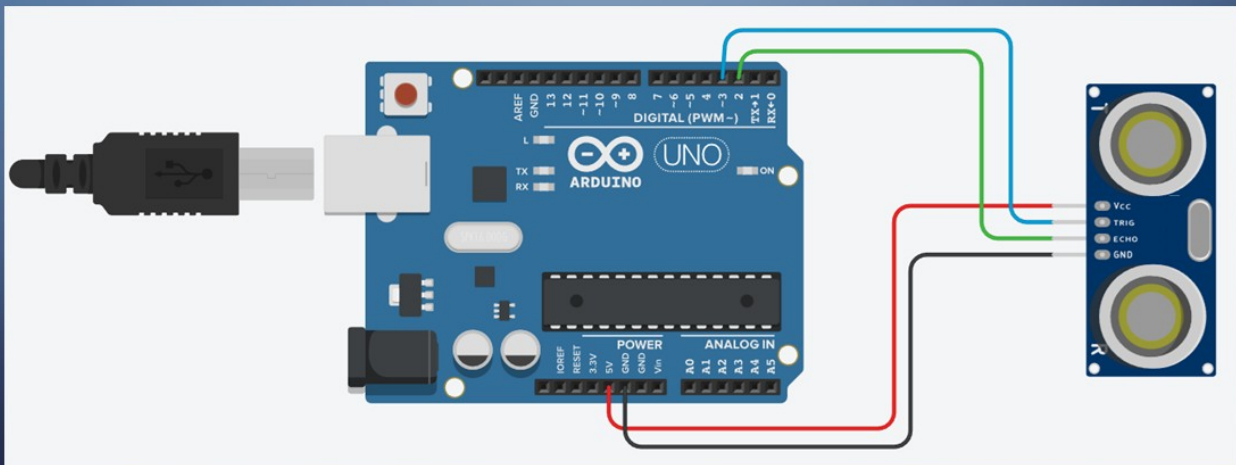


Схема підключення датчика SRF04 з платою Elegoo UNO-R3

MLX90614	Elegoo UNO-R3
VCC	3.3В або 5В
SDA	A4 (SDA)
SCL	A5 (SCL)
GND	GND

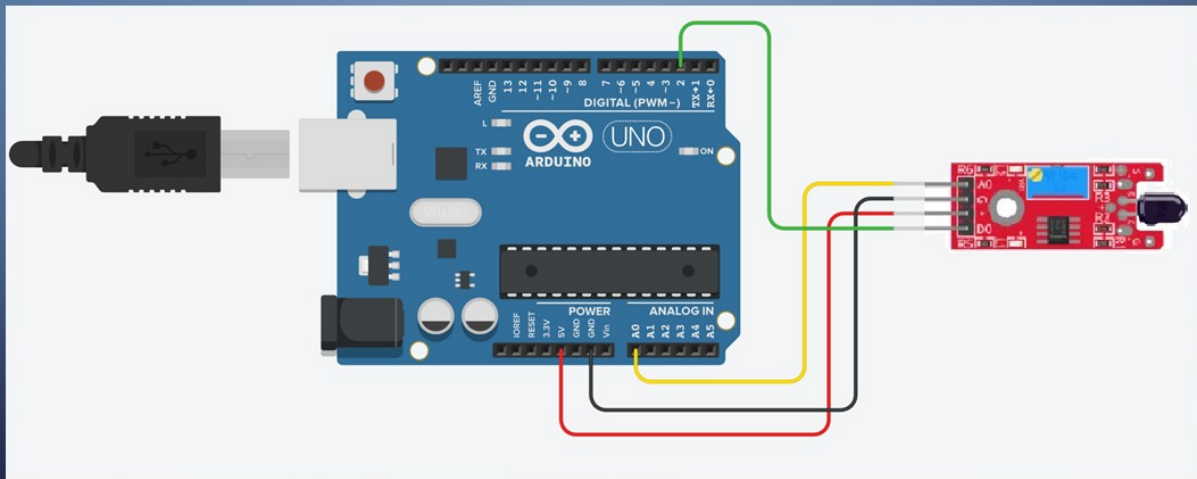
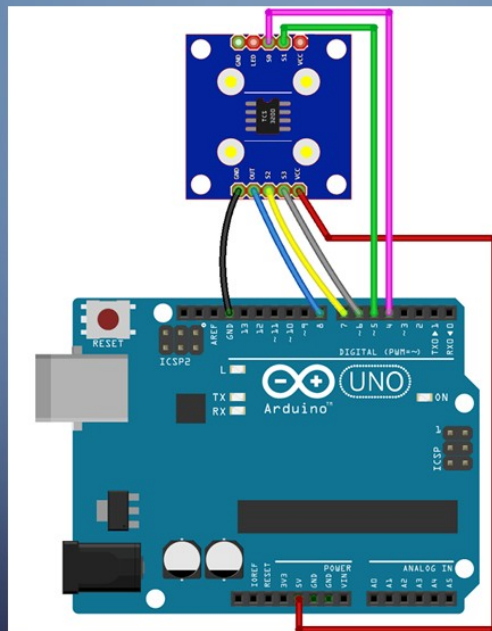


Схема підключення датчика MLX90614 з платою Elegoo UNO-R3

TCS3200	Elegoo UNO-R3
VCC	5 V
GND	GND
OUT	D8
OE	D3
S0	D4
S1	D5
S2	D6
S3	D7



Тип фільтра	S2	S3
Червоний	0	0
Синій	0	1
Без фільтра (чистий)	1	0
Зелений	1	0
Частотне масштабування	S0	S1
Відключення	0	0
2 відсотки	0	1
20 відсотків	1	0
100 відсотків	1	1

Схема підключення датчика кольорів TCS3200 з платою Elegoo UNO-R3

FSC-BT986	Elegoo UNO R3
VCC	3.3-5V
RXD	TXD
TXD	RXD
GND	GND

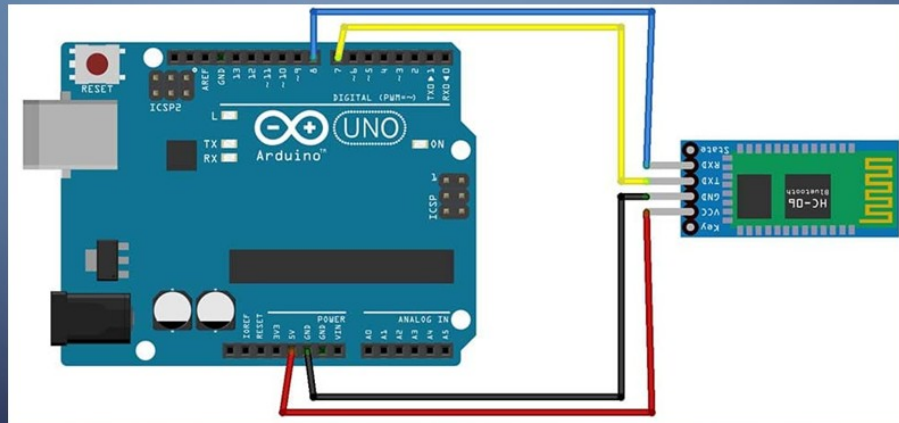


Схема підключення датчика FSC-BT986 з платою Elegoo UNO-R3

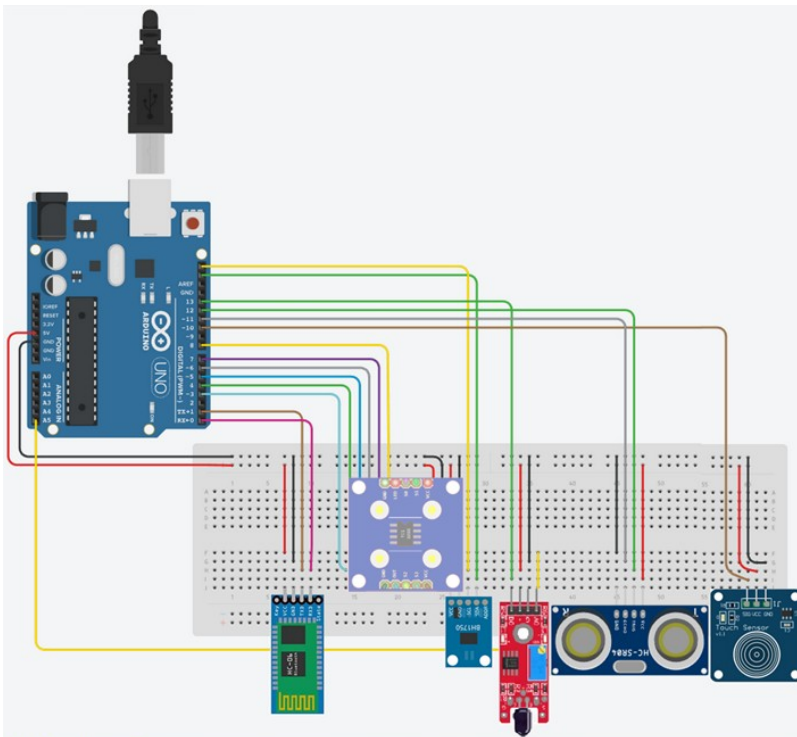
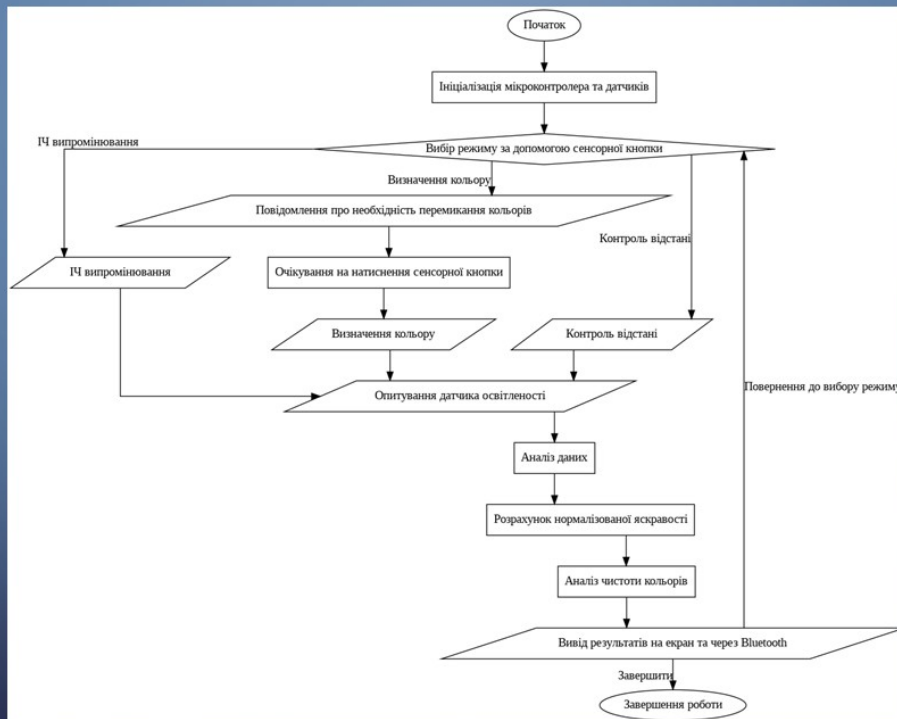


Схема підключення компонентів пристрою для калібрування моніторів

Контакти плати Elegoo UNO-R3	Контакти датчиків та адаптерів
Датчик освітленості TSL2561	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт GND	Контакт GND
Контакт SCL	Контакт SCL
Контакт SDA	Контакт SDA
-	Контакт ADDR
Датчик відстані SRF04	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт D12	Контакт TRIG
Контакт D11	Контакт ECHO
Контакт GND	Контакт GND
Датчик інфрачервоного випромінювання MLX90614	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт D13	Контакт Digital
Контакт A5	Контакт Analog
Контакт GND	Контакт GND
Датчик кольору TCS3200	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт GND	Контакт GND
Контакт D7	Контакт OUT
Контакт D6	Контакт OE
Контакт D2	Контакт S0
Контакт D3	Контакт S1
Контакт D4	Контакт S2
Контакт D5	Контакт S3
Адаптер Bluetooth FSC-BT986	
Контакт 3.3-5V	Контакт VCC
Контакт TXD	Контакт RXD
Контакт RXD	Контакт TXD
Контакт GND	Контакт GND
Сенсорна кнопка HTTM	
Контакт 5V	Контакт VCC
Контакт D10	Контакт I/O
Контакт GND	Контакт GND



Узагальнена блок-схема алгоритму вимірювань

```

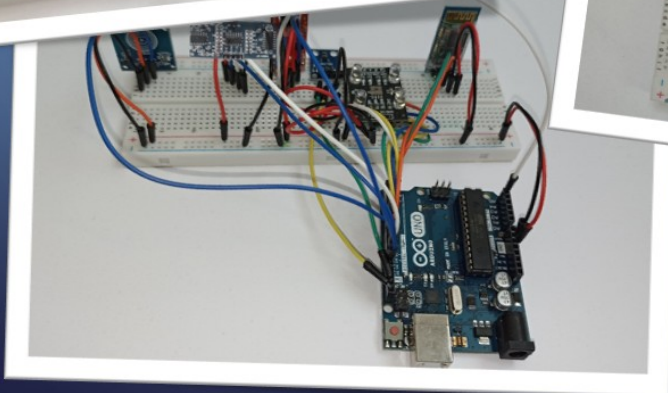
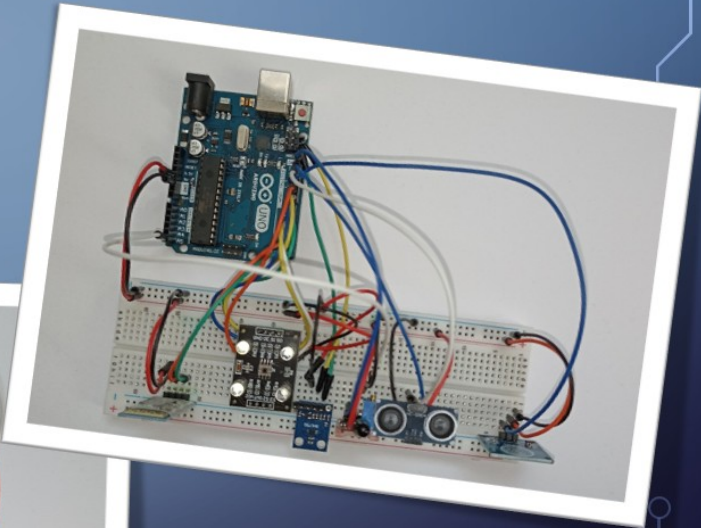
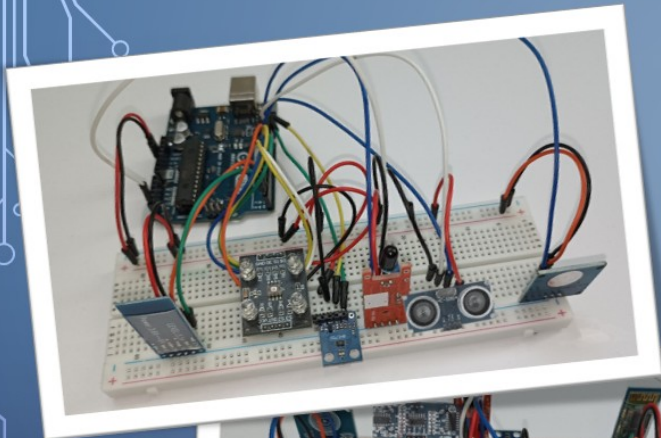
COM4 (Arduino/Genuino Uno)
-----
Яскравість: 456 lx
Нормалізована яскравість: 1.52 lx
Червоний = 85%
Переключіть заливку на Зелений та натисніть Enter для продовження...
Зелений = 90%
Переключіть заливку на Синій та натисніть Enter для продовження...
Синій = 95%
Вимірювання завершено.
Відстань: 45 cm

Яскравість: 460 lx
Нормалізована яскравість: 1.55 lx
Червоний = 84%
Переключіть заливку на Зелений та натисніть Enter для продовження...
Зелений = 91%
Переключіть заливку на Синій та натисніть Enter для продовження...
Синій = 94%
Вимірювання завершено.
Відстань: 46 cm

Яскравість: 462 lx
Нормалізована яскравість: 1.56 lx
Червоний = 86%
Переключіть заливку на Зелений та натисніть Enter для продовження...
Зелений = 92%
Переключіть заливку на Синій та натисніть Enter для продовження...
Синій = 93%
Вимірювання завершено.
Відстань: 47 cm

Autoscroll Show timestamp Newline 9600 baud Clear output
9600 baud
19200 baud
38400 baud
57600 baud
74880 baud
115200 baud
230400 baud
250000 baud
  
```

Дані роботи пристрою з порту COM4



РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Поліщук Владислава Олеговича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Юрій Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 84 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 17 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений розробці моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналіз застосування люксметрів. Розробка моделі пристрою і визначення базових параметрів. Підбір елементів пристрою для калібрування та їх аналіз. Створення схеми та інтеграція компонентів пристрою. Реалізація програмного забезпечення. Аналіз результатів роботи пристрою калібрування), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, принципіві та функціональні схеми, фото роботи модернізованого пристрою, блок-схеми алгоритмів, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Тривимірні та тіньові CAD-моделі лінз, розрахунок освітленості й кута поля зору в OpticStudio підтверджують правильність побудованих оптичних траєкторій. Використання окремих датчиків TSL2561, SRF04, MLX90614, TCS3200 та сенсора дотику HTTM на єдиній шині живлення і шині I²C/SPI робить пристрій гнучким і «легко апгрейдним»

д) основні недоліки дипломного проекту Бракує опису експериментів із калібрування: графіків відхилень, похибок сенсорів, перевірки лінійності й повторюваності вимірювань. Не проведено бічного тесту з комерційним колориметром чи спектрофотометром для верифікації отриманих результатів

Оцінка розрахункової частини	<u>Відмінно</u>
Оцінка графічної частини	<u>Добре</u>
Загальна оцінка	<u>Відмінно</u>

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Рудніченко Микола Дмитрович

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка», доцент кафедри інформаційних технологій

Підпис:



« 20 » червня 2025 р.

ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Поліщук Владислава Олеговича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна програма: _____

«Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка моделі пристрою для калібрування
комп'ютерних моніторів

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню.

Пояснювальна записка містить 84 сторінки. У пояснювальній записці описано процес розробки моделі та програмування розробленого пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів. Графічна частина складається з 17 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Поліщук В.О. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи студент виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Поліщук В.О. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання _____
Під час дипломного проектування здобувач освіти Поліщук В.О. мав змогу
самостійно приймати окремі рішення з вибору оптимальних рішень з
вибору датчиків освітленості та показав вміння організовано працювати
над поставленим завданням, скласти креслення, вивчати програмні
рішення моделювання роботи пристрою для калібрування комп'ютерних
моніторів у віртуальному середовищі Tinkercad.

Оцінка розрахункової частини _____ Відмінно

Оцінка графічної частини _____ Добре

Загальна оцінка _____ Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____

Кривченко Юрій Вікторович

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту _____

ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ», викладач
специдисциплін, голова циклової комісії комп'ютерних технологій та
програмної інженерії

Підпис _____

« 14. » червня 2025 р.

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Поліщук В.О.,
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

Кривченко Ю.В.,
керівник дипломного проекту,

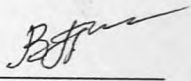
не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

***«Розробка моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів»
(автор роботи – Поліщук В.О., керівник роботи – Кривченко Ю.В.)***

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Поліщук В.О. /

Керівник



/ Кривченко Ю.В. /

«16» червня 2025 р.

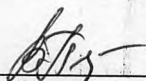
Д О В І Д К А

циклової комісії КТ та ПІ
про допуск до захисту дипломного проекту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

Поліщука Владислава Олеговича

на тему Розробка моделі пристрою
для калібрування комп'ютерних моніторів

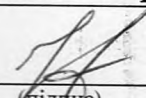
Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:
пояснювальна записка до дипломного проекту виконана з несуттєвими
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про
дипломне проектування


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Петрашова В.І.
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного
плагіату згідно звіту про перевірку від 21.05.2025 р. значення коефіцієнту
подібності в роботі становить 13,53%, коефіцієнт цитування – 1,76%.


(підпис)

16.06.2025
(дата)

Краснокутська К.Г.
(П.І.Б.)

Попередня експертиза (малий захист) дипломного проекту

здобувача (здобувачки) освіти

Поліщука В.О.
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проекту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проект) відповідає
вимогам Положення про дипломне проектування та рекомендована до
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІ


(підпис)

Кривченко Ю.В.
(П.І.Б.)

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Розробка моделі пристрою для калібрування комп'ютерних моніторів

Автор

Науковий керівник / Експерт

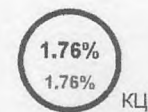
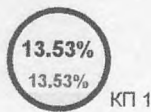
Поліщук Владислав Олегович Кривченко Юрій Вікторович

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

14335

Кількість слів

113163

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		43
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		160

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Копір тексту
		КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c1f3e592-1123-419d-b14a-4c28662f0f1e/download	55 0.38 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	53 0.37 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	45 0.31 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	44 0.31 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	43 0.30 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download	41 0.29 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	33 0.23 %
8	Автоматизований пристрій для контролю освітленості 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	32 0.22 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	29 0.20 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	28 0.20 %

з домашньої бази даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з програми обміну базами даних (4.12 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Автоматизований пристрій для контролю освітленості 3/15/2025 National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute (National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute)	491 (39) 3.43 %
2	Курсова Данилюк 5/7/2025 Тлумач Professional college of Lviv National Environmental University (Тлумач Professional college of Lviv National Environmental University)	44 (4) 0.31 %
3	ФАЕТ_2024_171_Ломонос_В.Р 7/11/2024 Ukrainian national aviation university (Ukrainian national aviation university)	16 (3) 0.11 %
4	Розроблення апаратного та програмного забезпечення мікроконтролерного пристрою для моніторингу основних параметрів погоди 2/22/2021 National Forestry University of Ukraine (ЦДН НЛТУ України)	14 (1) 0.10 %
5	Комп'ютеризована система для безконтактного контролю температури людей при вході в приміщення 6/14/2021 Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University (кафедра комп'ютерних систем та мереж)	14 (2) 0.10 %
6	YFCNU/2019m/ftc/ftc_2019_018.pdf 10/28/2019 Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University(CNU) course papers (Deanery)	12 (1) 0.08 %

з Інтернету (9.41 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	283 (23) 1.97 %
2	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34756/1/Hryzhak_bakalavr.pdf	151 (16) 1.05 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download	127 (5) 0.89 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a05c07c5-bf65-4cb0-bdfa-e28694707551/content	106 (15) 0.74 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download	94 (5) 0.66 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content	76 (3) 0.53 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	68 (3) 0.47 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c5cd348b-fc64-4a25-9a5b-6cc8d62db909/content	60 (4) 0.42 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download	57 (2) 0.40 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c1f3e592-1123-419d-b14a-4c28662f0f1e/download	55 (1) 0.38 %
11	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34546/1/Yevdokymova_bakalavr.pdf	41 (4) 0.29 %
12	https://izi.ua/uk/p-66296329-mikrokontroller-arduino-uno-r3	41 (4) 0.29 %
13	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download	32 (3) 0.22 %
14	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content	32 (2) 0.22 %
15	http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38114/1/diploma%20full.pdf	23 (3) 0.16 %
16	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download	22 (1) 0.15 %
17	https://myleksii.su/5-90994.html	16 (1) 0.11 %
18	https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/mn/mn-2019_netpub.pdf	12 (2) 0.08 %
19	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4bb7255e-46d4-4349-9726-9698476da02d/content	9 (1) 0.06 %
20	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/55e2b8f2-7d3c-4235-99fc-2be51199b96d/download	9 (1) 0.06 %
21	https://forum.arduinka.biz.ua/viewtopic.php?t=28	8 (1) 0.06 %
22	https://studfile.net/preview/13982753/	7 (1) 0.05 %
23	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/63ee88cb-a3d0-4005-9cf2-0cff89f28c0d/download	7 (1) 0.05 %
24	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/ad8936e7-88a5-4237-9847-551ee0d4608e/download	7 (1) 0.05 %
25	https://cpsm.kpi.ua/stud/bak/Gulaevich_LP_71.pdf	6 (1) 0.04 %

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР

ЗМІСТ

КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Обслуговування
комп'ютерних систем і мереж» Група: 4КС- 58

Дипломний проект здобувача освіти денної форми навчання КС. 58.16.000. ДП

ПОЛІЩУК
ВЛАДИСЛАВА ОЛЕГОВИЧА

м. Одеса
2025 р. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»