

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС.56.11.000.ДП**

***КРУГЛОВА
АРТЕМА АНДРІЙОВИЧА***

**м. Одеса
2023 р.**

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

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-56

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

Розробка оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 78 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 17 аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Круглов А.А.)

Керівник _____ (Стайкуца С.В.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення _____ (Скорнякова О.В.)

Захист «21» червня 2023 р.

Протокол ДКК № 3

Оцінка ДКК 5 (відмінно)

Секретар ДКК _____

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 
Беркань І.В.

“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

здобувачеві (здобувачці) освіти Круглову Артему Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino

затверджена наказом по коледжу від “ 17 ” жовтня 2022 р. № 235-А2-ОД



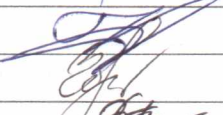
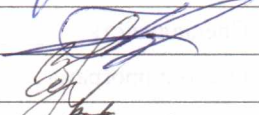
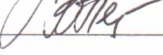

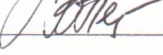

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) 12.06.2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. У якості обчислювальної платформи використовувати Arduino UNO. 2. Передбачити вимірювання освітленості (світлового потоку) в видимому діапазоні довжин хвиль спектру, рівню інфрачервоного випромінювання, кількості кольорів об'єктів контролю, відстані вимірюваного об'єкту. 3. Забезпечити передачу вимірюваних даних до ПК або смартфона за допомогою бездротового каналу зв'язку; 4. Розробити модель оптичної системи та виконати розрахунки у застосунку Zemax

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
Аналіз технічного завдання та загальна концепція. Застосування приладів вимірювання освітленості. Вимірювання основних фотометричних величин. Аналіз існуючих приладів вимірювання освітленості. Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів. Вибір елементної бази та аналіз компонентів. Розробка схеми підключення компонентів пристрою. Розробка програмного забезпечення. Тестування передачі даних вимірювань у порт

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Структурна схема оптичної вимірювальної станції; Таблиця результатів моделювання у Zemax; Візуалізація 3-вимірного пустотілого зображення і тіньової моделі оптичної системи у Zemax; Схема підключення датчика BH1750; Схема підключення датчика HY-SRF05; Схема підключення датчика KY-026A; Схема підключення датчика кольорів APDS-9960; Схема підключення датчика SPP-C SPPC; Схема підключення компонентів оптичної вимірювальної станції у Tinkercad; Алгоритм вибору режимів вимірювань для мікроконтролеру

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1. Технологічний розділ	Стайкуца С.В.		
2. Екон. частина	Копайгородська Т.Г.		
3. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання 1.05.2023

Керівник

Стайкуца С.В.


(підпис)

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	22.05.2023	виконано
2.	Аналіз технічного завдання та загальна концепція	24.05.2023	виконано
3.	Застосування приладів вимірювання освітленості	25.05.2023	виконано
4.	Вимірювання основних фотометричних величин	26.05.2023	виконано
5.	Аналіз існуючих приладів вимірювання освітленості	29.05.2023	виконано
6.	Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів	30.05.2023	виконано
7.	Вибір елементної бази та аналіз компонентів	31.05.2023	виконано
8.	Розробка схеми підключення компонентів пристрою	1.06.2023	виконано
9.	Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера платформи Arduino	2.06.2023	виконано
10.	Тестування передачі даних вимірювань у порт	6.06.2023	виконано
11.	Збірка пристрою та калібрування сенсорів	7.06.2023	виконано
12.	Виконання економічних розрахунків	8.06.2023	виконано
13.	Розробка заходів з охорони праці	9.06.2023	виконано
14.	Виконання графічної частини проекту	11.06.2023	виконано

Дипломник


(підпис)

Керівник


(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Технологічний розділ.....	7
1.1 Аналіз технічного завдання та загальна концепція розробки.....	7
1.2 Застосування приладів вимірювання освітленості.....	8
1.3 Вимірювання основних фотометричних величин	11
1.4 Аналіз існуючих приладів вимірювання освітленості	16
1.5 Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів	24
1.5.1 Розробка структурної схеми оптичної вимірювальної станції.....	24
1.5.2 Моделювання оптичної системи вимірювальної станції.....	25
1.5.3 Визначення рівня освітленості на приймачі вимірювальної станції.....	30
1.6 Вибір елементної бази та аналіз компонентів пристрою.....	32
1.6.1 Визначення можливостей платформи Arduino UNO R3.....	32
1.6.2 Датчик вимірювання освітленості BH1750.....	35
1.6.3 Датчик вимірювання відстані HY-SRF05.....	36
1.6.4 Датчик вимірювання ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A.....	36
1.6.5 Датчик визначення кольору APDS-9960.....	37
1.6.6 Bluetooth-модуль бездротової передачі даних SPP-C SPPC.....	38
1.6.7 Датчик дотику TTP223B.....	39
1.7 Розробка схеми підключення компонентів пристрою.....	39
1.7.1 Підключення датчику вимірювання освітленості BH1750.....	39
1.7.2 Підключення датчику вимірювання відстані HY-SRF05.....	40
1.7.3 Підключення датчику ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A.....	42
1.7.4 Підключення датчику визначення кольору APDS-9960.....	42
1.7.5 Підключення Bluetooth-модуля SPP-C SPPC.....	44
1.7.6 Розробка повної схеми підключення компонентів оптичної вимірювальної станції.....	45
1.8 Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера.....	47

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		4

1.8.1	Розробка програми зчитування даних датчика освітленості.....	48
1.8.2	Розробка програми зчитування даних ультразвукового датчика.....	49
1.8.3	Розробка програми зчитування даних інфрачервоного датчика....	50
1.8.4	Розробка програми зчитування даних датчика кольору.....	51
1.9	Тестування передачі даних вимірювань у порт.....	53
2	Економічна частина.....	55
3	Охорона праці.....	60
	Висновки.....	65
	Перелік використаних джерел.....	66
	Додаток А. Код скетчів для мікроконтролера Arduino мовою C++.....	67
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	70

ВСТУП

Для переважної кількості живих істот на Землі всі життєво важливі процеси пов'язані зі світлом. Завдяки еволюції люди пристосовані для життя при сонячному освітленні, яке впливає на емоційний та фізичний стан. Дія слабкого або надто сильного світла негативно впливає на людей. Недостатній рівень освітленості призводить до передвчасної втоми, викликає сонливість, суттєво знижує ефективність праці, знижує ефективність прийняття рішень, при цьому значно підвищується ймовірність появи помилок, які в свою чергу призводять до травм, з'являються захворювання і навіть зафіксовані летальні випадки. Існує спеціальний медичний термін: «світлове голодування». Статистика свідчить, що у великій кількості випадків травми на виробництві виникали через недостатню освітленість, а в деяких випадках слабка освітленість призводила до нещасних випадків, що виникали на робочих місцях.

Застосовують різні за типом, принципом дії та призначенням пристрої для вимірювання освітленості, але переважно всі вони – професійні, спеціалізовані. Застосування подібних приладів у побутових сферах життєдіяльності людини не є виправданим через складність їх налаштувань, великі розміри, специфічні умови використання. Зокрема, для контролю освітленості при професійній фотозйомці та відеозйомці треба мати автоматизовані та прості у використанні засоби вимірювання освітленості сцени. Автоматизація вимірювань дозволить покращення роботи приладів в даній області.

Розроблюваний у даному дипломному проекті пристрій дозволить вирішити не тільки задачу контролю освітленості, а і контролю рівня потоку інфрачервоного випромінювання та за допомогою датчика кольору визначити відтінки сцени зйомки для вибору найкращого режиму, зокрема при кіновиробництві або калібруванні комп'ютерних моніторів.

Пристрій буде створений на базі платформи Arduino. Він дозволить вимірювати освітленість, світловий потік в видимому діапазоні довжин хвиль спектру, рівень інфрачервоного випромінювання, визначити певну кількість кольорів об'єктів контролю.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз технічного завдання та загальна концепція розробки

Розроблювана оптична вимірювальна станція на базі платформи Arduino має давати можливість визначення освітленості предметів, рівня інфрачервоного випромінювання та кольорів в залежності від відстані. Для цього будуть встановлені датчики освітленості, інфрачервоного випромінювання та датчик кольору залежно від відстані (для цього буде встановлено ультразвуковий датчик вимірювання відстані), а дані передаватимуться на смартфон або комп'ютер по бездротовому каналу bluetooth за допомогою адаптера. Також буде передбачено сенсорне увімкнення датчиків.

Моделювання оптичної системи створюваного пристрою планується проводити у спеціалізованому програмному застосунку Zemax, для чого необхідно буде задати радіус кривизни оптичних поверхонь, відстань між оптичними поверхнями, оптичний матеріал. Планується задати діаметр вхідної зіниці для системи 20 мм. Програма має автоматично розраховувати світлові радіуси оптичних поверхонь. Необхідно вказати спектральний діапазон системи, тобто довжини хвиль, на яких буде виконуватися аналіз характеристик системи. Оптична система буде використовуватись у видимому діапазоні оптичного випромінювання, тобто 350-750 нм. У програмі треба також вказати кути поля зору системи на яких буде проводитися аналіз. Треба буде отримати зовнішній вигляд оптичної системи та тіньову модель системи, в якій можливо буде обрати спосіб відображення. Результати цих розрахунків треба буде закласти у форматі відповідних значень налаштувань датчику яскравості до програми мікроконтролера Arduino. Необхідно також розрахувати освітленість на площадку приймача випромінювання, задатися вхідними значеннями та враховувати коефіцієнти поглинання, які має оптична система.

Наступними кроками будуть розробка електричних схем підключення, програмного забезпечення, проведення фізичного підключення елементів схеми та перевірка роботи оптичної вимірювальної станції, калібрування сенсорів. Під час моделювання та підключення пристрою спочатку буде створена таблиця та

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		7

схема підключення для всіх датчиків у відповідні порти плати керування Arduino. Програмування мікроконтролера оптичної вимірювальної станції буде виконуватися у середовищі розробки Arduino IDE мовою програмування C++.

1.2 Застосування приладів вимірювання освітленості

При необхідності виміряти величину освітленості в будь-якій точці застосовується спеціальний прилад – люксометр. Отриманий результат, що відображатиметься на дисплеї приладу, вказує на сумарний рівень освітленості, отриманий від усіх джерел світла для цієї точки. Прилад показує результат у одиницях вимірювання "люкс". Звичним позначенням таких одиниць є аббревіатура лк, а в міжнародному стандарті – lx. Ця одиниця позначає величину світлового потоку у люменах (лм) на одиницю площі, виражену у квадратних метрах. Таким чином, $1\text{лк} = 1\text{лм}/1\text{м}^2$.

Прилади вимірювання освітленості (люксометри, рис.1.1) застосовуються в різних ситуаціях і сферах людської діяльності:

- для визначення правильних умов рівня освітленості в школах, дитячих садках та інших дитячих закладах;
- при атестації робочих місць на санітарні та інші норми, що діють у нас в країні;
- при зберіганні певних матеріалів або продуктів, чутливих до освітлення;
- у сільському господарстві при вирощуванні культурних рослин на відкритому ґрунті або у теплицях;
- на підприємствах, де такий параметр відіграє важливу роль у виробничих циклах;
- в освітніх та побутових цілях, наприклад, для створення правильної освітленості кімнатним рослинам;
- у наукових цілях, наприклад, в астрономії та астрофізиці, або при використанні в лабораторіях
- при виборі найкращого режиму фото- та відеозйомки, зокрема при кіновиробництві, або калібруванні комп'ютерних моніторів.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		8



Рисунок 1.1. Зовнішній вигляд люксометрів різних типів

Існує досить багато прикладів застосування приладів вимірювання освітленості. При цьому самі пристрої можуть мати стаціонарне, а можуть мати мобільне виконання. Перший варіант найчастіше застосовується у виробничих цілях і для контролю роботи різного устаткування. Різні за класом точності та виконання люксометри відрізнятимуться не лише за вартістю, але і за сферою застосування, вимог точності при проведенні конкретних вимірювань. Часто такі пристрої мають і додаткові функції. Є універсальні моделі, оснащені серією виносних або вбудованих детекторів, здатні на проведення 3-5 видів різних вимірювань.

Сумарний потік фотонів від різних джерел світла потрапляє до приймального вікна приладу вимірювання освітленості. Після проходження спеціального фільтра такий потік «очищується» від ультрафіолетового спектру світла і залишається тільки видимий людським оком спектр. Далі він потрапляє на датчик люксометра, який є напівпровідником. У цьому напівпровіднику, при потраплянні на нього фотонів, відбувається визволення електронів, що

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		9

призводить до появи струму. Причому величина цього струму безпосередньо буде залежати від сили потоку фотонів, що падають на датчик. На такому ж принципі працюють сонячні панелі, що виробляють електроенергію, але ці пристрої мають різні задачі. У панелях виробники намагаються збільшити ККД, а у люксометрах – досягти найкращої точності щодо рівня освітленості. Тому в них встановлюється ультрафіолетовий фільтр, адже фотони, по довжині хвилі відповідні УФ-діапазону, також будуть впливати на силу генерації струму в датчику, а це не потрібно для зазначеної мети. У схемі приладу реєструється значення величину сили струму, що з'явився, і відбувається переведення її в зрозумілі значення рівня освітленості.

Зазвичай у застосуванні люксометри є відносно простими приладами, достатньо лише знати нормативну чи оптимальну величину рівня освітленості, яку слід порівняти з отриманими результатами вимірювання даними. Так можна одразу побачимо дійсну картину і вплинути на неї за допомогою збільшення або зменшення освітленості.

Штучне освітлення на сьогоднішній день зустрічається усюди: магазини, школи, університети, дім, вулиця, підприємства – галогенні лампи, лампи розжарювання, світлодіодні лампи, люмінесцентні лампи тощо. Основними характеристиками світлових ламп є:

- потужність;
- світловий потік;
- енергоефективність;
- колірна температура;
- передача кольору;
- тип цоколю;
- кут, під яким світло поширюється від лампи.

Люксометром проводять контроль такого параметру, як світловий потік: чим він вищий, тим яскравіше світитиме лампочка. Цей контроль проводять ще на етапі виробництва лампочок. Також можна виявляти проблеми, тобто несправності, такі як миготіння, що згодом негативно впливатиме на зір людини.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		10

Приладобудування також потребує контролю певних параметрів приладів вироблених приладів:

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

Також перевіряється багато інших систем і пристроїв, які без перевірки та контролю не дозволяється випускати у продаж. Не обходяться без застосування люксметра певні методи неруйнівного контролю. Цей прилад використовується при капілярному методі та є однією з головних умов його проведення. Поверхня, що контролюється, повинна мати денну (природну) або штучну освітленість не менше 500 лк. При візуальному методі неруйнівного контролю ділянки об'єкта чи якоїсь деталі проводиться загальний огляд при освітленості в 150 лк, а при місцевому візуальному контролі освітлення має сягати щонайменше 500 лк.

1.3 Вимірювання основних фотометричних величин

Особливість фотометрії полягає в тому, що в ній енергетичні параметри світла визначають за суб'єктивними зоровими відчуттями людини, а ці відчуття такі, що світло різних кольорів (різних довжин хвиль) людина сприймає суттєво по-різному, тобто однакові за енергетичною потужністю, але різні за кольором світлові потоки, людина сприймає як такі, що мають різну світлову інтенсивність (різну світлову потужність). Наприклад, якщо об'єктивні прилади показують, що червона, жовта та синя лампочки випромінюють однакову кількість світлової енергії (мають однакову потужність), то людина з нормальним зором вважає, що світлова потужність жовтої лампочки приблизно в п'ять разів більша, ніж червоної, і в десять разів більша, ніж синьої.

Факт того, що в фотометрії енергетичні параметри світла оцінюють за зоровими відчуттями людини, по суті означає, що відповідні фізичні величини є суб'єктивними, тобто такими, числові значення яких залежать від особливостей людських відчуттів. Зважаючи на ці обставини фізичні величини світлової

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

фотометрії краще не фізичними, а фотометричними. Це не означає, що в фотометрії не застосовують певних об'єктивних вимірювальних приладів, але ці прилади налаштовують таким чином, щоб їх показання максимально точно відповідали зоровим відчуттям людини, а точніше – відчуттям усередненого світлоадаптованого ока людини.

В сучасній науці фактично існує два розділи фотометрії: світлова фотометрія та енергетична фотометрія. При цьому в світловій фотометрії енергетичні параметри світла визначають за суб'єктивними зоровими відчуттями людини, а в енергетичній фотометрії – за об'єктивними показаннями загально прийнятих енерговимірювальних приладів. Але в побутовій практиці параметри світлових потоків оцінюються за зоровими відчуттями. Зважаючи на ці та деякі інші обставини в межах шкільної програми вивчають основи тієї фотометрії, яка називається світловою, і в якій енергетичні параметри світла оцінюють за зоровими відчуттями людини.

До числа основних фотометричних величин відносяться: світловий потік (Φ), сила світла (J) та освітленість (E).

Світловий потік – це фотометрична величина, яка характеризує світлову потужність джерела світла, і яка показує, скільки світлової енергії (Q) випромінює дане джерело за одиницю часу за умови, що величина цієї енергії визначається за зоровими відчуттями людини. Світловий потік позначається Φ , а його визначальне рівняння – $\Phi = Q/t$. Одиниця вимірювання – $[\Phi] = \text{лм}$ (люмен).

Сила світла – це фізична величина, яка характеризує той світловий потік, що розповсюджується в певному напрямку, і яка дорівнює відношенню того світлового потоку $\Delta\Phi$, що розповсюджується в межах певного об'ємного кута $\Delta\Omega$ до величини цього кута. Позначається сила світла J , а визначальне рівняння: $J = \Delta\Phi/\Delta\Omega$. Одиниця вимірювання: $[J] = \text{кд}$ (кандела).

Зазвичай основними характеристиками побутових джерел світла є енергетична потужність, виміряна в джоулях, яку споживає дане джерело світла, та виміряна в люменах величина того світлового потоку, що випромінюється цим джерелом. Одиниці вимірювань фотометричних величин (лм, кд, лм·с), які

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		12

фактично характеризують енергетичні параметри світла, практично не пов'язані з іншими, аналогічними та загально прийнятими одиницями (Дж, Вт, Вт/ср). По суті, мова йде про автономну систему одиниць, в якій основним вимірювальним приладом є усереднене світлоадаптоване око людини, а основною одиницею – кандела.

На сьогоднішній день в міжнародній системі одиниць (СІ), прийнято наступне визначення. Кандела є одиницею вимірювання сили світла, яка дорівнює силі світла такого джерела, що випромінює монохроматичне світло з довжиною хвилі 555нм при силі випромінювання в даному напрямку $(1/683)\text{Вт/ср}$. Зорові відчуття людини певним чином залежать від енергетичних параметрів світла і тому між світловими та енергетичними величинами дійсно існує певний кількісний зв'язок. Однак цей зв'язок є нелінійним та досить складним, а тому говорити про математичне вираження цього зв'язку немає сенсу.

Визначивши основну одиницю фотометричних величин, не важко визначити всі інші фотометричні одиниці. Зокрема люмен є одиницею вимірювання світлового потоку, що дорівнює такому світловому потоку, який в об'ємному куті один стерadian створює силу світла в одну канделу, іншими словами: $\text{лм} = \text{кд} \cdot \text{ср}$.

Важливою характеристикою побутового джерела світла є його світлова віддача (n), тобто величина, яка дорівнює відношенню того загального світлового потоку (Φ), що випромінює дане джерело світла, до величини спожитої ним електричної потужності (P): $n = \Phi/P$. Наприклад, якщо лампа розжарювання потужністю 100Вт та світлодіодна лампа потужністю 12 Вт створюють однакові світлові потоки величиною 1200 лм, то світлова віддача першої дорівнює 12 лм/Вт, а другої 100лм/Вт. По суті це означає, що світлодіодна лампа є більш ефективним (енергозберігаючим) джерелом світла, адже вона при однаковій величині спожитої електроенергії випромінює у 8,3 рази більше світла, ніж відповідна лампа розжарювання.

Людський зір сприймає не той загальний світловий потік (Φ), який

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		13

випромінюється джерелом світла, а ту його частину, що направлена в сторону спостерігача, яка характеризується силою світла (J). Зважаючи на цей факт, а також на факт того, що паспортною характеристикою джерела світла є не сила світла (J), а світловий потік (Φ), важливо вміти за заданим світловим потоком визначати відповідну йому силу світла ($J = \Delta\Phi/\Delta\Omega$).

Визначаючи величину тієї сили світла ($J = \Delta\Phi/\Delta\Omega$), яку в заданому напрямку створює певне джерело світла, потрібно враховувати не лише величину того загального світлового потоку, який випромінює це джерело, а й ті обставини, що можуть спричиняти певний перерозподіл цього потоку. Скажімо, якщо світловий потік величиною 1200 лм рівномірно розповсюджується у всіх можливих напрямках (рис.1.2), тобто заповнює об'ємний кут 4π (ср), то в цьому випадку $J = \Phi/4\pi = 95,5\text{кд}$. Якщо ж те саме джерело світла знаходиться в певному світловідбивному плафоні, що змушує світловий потік 1200 лм заповнювати об'ємний кут π (ср), то в цьому випадку $J = \Phi/\pi = 382\text{кд}$.

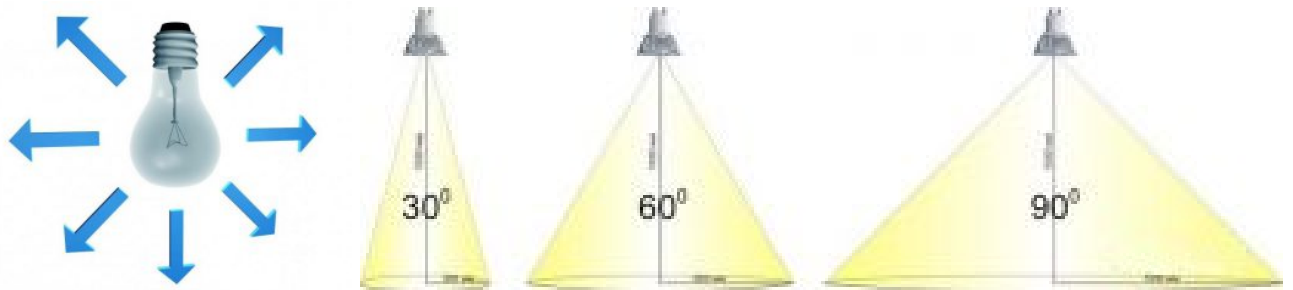


Рисунок 1.2. Джерело світла одне і теж, а створювана ним сила світла – різна

Світлова енергія (Q), світловий потік (Φ) та сила світла (J), фактично характеризують певні параметри джерела світла. В нашому ж повсякденному житті, нас зазвичай цікавлять не параметри джерела світла, а та кількість світлового потоку що потрапляє на ту чи іншу поверхню, – поверхню тієї стіни на яку ми дивимось, поверхню того стола за яким сидимо, поверхню тієї книги яку читаємо, тощо. Іншими словами, нас цікавить освітленість поверхні.

Освітленість є фотометричною величиною, яка характеризує ту кількість світлового потоку, що потрапляє на одиницю площі поверхні, і величина якої визначається за зоровими відчуттями людини. Освітленість позначається E , а її визначальне рівняння – $E = \Delta\Phi/\Delta S$, де $\Delta\Phi$ – величина того світлового потоку, що

потрапляє на поверхню площею ΔS . Одиниця вимірювання – $[E] = \text{лм}/\text{м}^2 = \text{лк}$, (люкс). Люкс є одиницею вимірювання освітленості, яка дорівнює такій однорідній освітленості поверхні площею 1м^2 , при якій на цю поверхню падає світловий потік в один люмен за умови, що поверхня є перпендикулярною до напрямку розповсюдження світлових променів (кут падіння променів дорівнює нулю). Освітленість є тією фотометричною величиною яка регламентується певними медичними нормами. Згідно з цими нормами освітленість житлових приміщень має становити 100-200 лк, а освітленість кабінетів загальноосвітніх шкіл – 300 лк.

В люксметрах світловий потік, потрапляючи на світлочутливий елемент (фотоелемент), призводить до певних змін того чи іншого електричного параметру цього елемента, зазвичай, до зміни його електричного опору або до генерації в ньому певної електричної напруги. При цьому у відповідному електричному колі виникає певний електричний струм, величина якого пропорційна освітленості фотоелемента. Цей струм призводить до відповідного відхилення стрілки гальванометра або до відповідних цифрових показань, які і вказують на числове значення освітленості.

В багатьох випадках потрібно не лише констатувати наявну освітленість, а й вміти передбачати її. Скажімо, на стадії проектування виробничих приміщень потрібно вирішувати не лише будівельно-архітектурні питання, не лише питання опалення, водопостачання, електропостачання, каналізації, тощо, а й питання освітленості шкільних приміщень. Успішному вирішенню цих фотометричних питань значною мірою сприяють знання тих законів, які називаються законами освітленості. З'ясовуючи суть цих законів звернемося до конкретної ситуації. Припустимо, що в центрі сфери радіусом r знаходиться точкове джерело світла, яке створює світловий потік Φ . Оскільки точкове джерело світла знаходиться в центрі сфери, можна стверджувати: 1) Всі світлові промені є перпендикулярними до внутрішньої поверхні сфери, тобто такими, кут падіння яких дорівнює нулю ($\alpha=0^\circ$); 2) Освітленість кожної ділянки сфери є однаковою, тому величину цієї освітленості можна визначити за формулою $E_0 = \Phi/S$, де S – загальна площа

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		15

сфери ($S=4\pi l^2$); Φ – величина того загального світлового потоку, який створюється даним джерелом світла в об'ємному куті $\Omega=4\pi$ (ср). Зважаючи на те, що $J = \Delta\Phi/\Delta\Omega = \Phi/4\pi$, можна записати: $E_0 = \Phi/S = \Phi/4\pi l^2 = J/l^2$. Таким чином та освітленість, яку створює точкове джерело світла на перпендикулярному до світлового потоку фрагменті поверхні, прямо пропорційна силі світла цього джерела (J) і обернено пропорційна квадрату відстані до нього (l^2), тобто $E_0 = J/l^2$ (першим закон освітленості, або закон обернених квадратів).

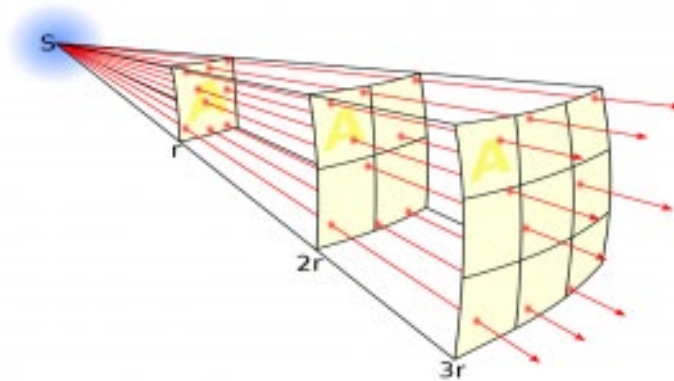


Рисунок 1.3. Освітленість поверхні обернено пропорційна квадрату відстані до джерела світла

Освітленість поверхні залежить не лише від величини падаючого світлового потоку, а й від просторової орієнтації поверхні відносно цього потоку, тобто від кута падіння світлових променів. Припустимо, що світловий потік Φ_0 падає на поверхню площею S і що ця поверхня є перпендикулярною до потоку (кут падіння променів дорівнює нулю $\alpha_0 = 0^\circ$). В такій ситуації, освітленість поверхні становитиме $E_0 = \Phi_0/S$.

1.4 Аналіз існуючих приладів вимірювання освітленості

Найпростіші моделі люксометрів (такі як LX-1010BS та Ezodo SP-216) характеризуються невисокою ціною та призначені для вимірювань, які не потребують високого класу точності (рис.1.4, 1.5). Відсутність світлових фільтрів зумовлює точність 10 Вт/м^2 , чого цілком достатньо для контролю рівня освітленості у рослинництві, метеорології, закритих приміщеннях різного призначення та на відкритому просторі. До переваг цих люксометрів можна віднести великий рідкокристалічний екран, зрозуміле меню приладу, гнучке

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		16

з'єднання чутливого елемента з приладом, що забезпечує можливість вимірювань у важкодоступних місцях.



Рисунок 1.4. Зовнішній вигляд люксметра LX-1010BS



Рисунок 1.5. Зовнішній вигляд люксметра Ezodo SP-216

Модель люксметра ТМ 202 (рис.1.6) оснащена фільтром для фільтрування випромінювання поза видимим діапазоном, має кабель довжиною півтора метра для з'єднання датчика з приладом, характеризується набором додаткових функцій, таких як індикація перенавантаження, індикація низького заряду батареї, фіксація значення, функція максимального, мінімального та усередненого значення. Даний люксметр призначений для вимірювання всіх видимих джерел світла в приміщеннях різного призначення.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6. Зовнішній вигляд люксметра ТМ 202

Люксметр ТМ-213 UVAB розроблений спеціально для вимірювання потужності ультрафіолетового випромінювання (рис.1.7). Цей люксметр знадобиться для застосування при санітарному та технічному контролю



Рисунок 1.7. Зовнішній вигляд люксметра ТМ-213 UVAB

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

18

Таблиця 1.1. Технічні характеристики люксметрів
LX-1010BS, SP-216, TM202, TM-213UVAB

	LX-1010BS	SP-216	TM 202	TM-213 UVAB
Діапазон вимірювання	0-100 000 LUX	0-1999Вт/м 20-634 ВТУ	20,200,2000, 20000,200000лк 20,200,2000, 20000фк	4000мкВт/см 2,20 мкВт /см ²
Роздільна здатність	-	0.1Вт/м ² або 0.1ВТУ	-	1мкВт/см ² , 0,01 мкВт/см ²
Точність	-	±10Вт/м 2±3ВТУ	+/- 3%	±5 % повного діапазону +2 од.
Час спрацьовування	0,4с	0.25с	-	0,4 с
Габарити	116×70×29мм	132x60x38мм	130x55x38мм	133x48x23мм
Вага	200 г	150 г	250 г	90 г

Люксметри наступної групи (рис.1.8,1.9), призначені для аналізу світла неонових і світлодіодних джерел (TM-201L та TM-209), а також стандартних джерел світла класу А (TM-209N та TM-209M).



Рисунок 1.8. Зовнішній вигляд люксметра TM-201L

Дані люксметри обладнані світлофільтрами та високочутливими кремнієвими фотоелементами, спектральний відгук який наближено до світлової спектральної ефективності СІЕ. Все це, разом із застосуванням косинусної

кутової корекції для випадку поперечного освітлення, забезпечує високу точність вимірювань. Додаткові можливості для контролю рівня освітленості надає 1,5-метровий кабель сенсора який з'єднується з вимірювальним блоком. Люкметри ТМ-209, ТМ-209N та ТМ-209М не відрізняються зовнішнім виглядом (рис.1.9).



Рисунок 1.9. Зовнішній вигляд люкметра ТМ-209

Таблиця 1.2. Технічні характеристики люкметрів ТМ-201 та ТМ-209

ТМ-201L	ТМ-209	ТМ-209N	ТМ-209М
Для вимірювання світлодіодних джерел	Для вимірювання світлодіодних джерел	Для вимірювання неонових та світлодіодних джерел	Для вимірювання багатокольорових світлодіодних джерел
½ цифровий РК дисплей, максимальне значення 2000	Біле світло, світлодіоди та всі джерела видимого світла	7 неонових джерел світла та інші джерела видимого світла	6 світлодіодних джерел та інші джерела видимого світла
Діапазон 200, 2000, 20000, 200000лк 20, 200, 2000, 20000фк	Діапазон 40, 400, 4000, 40000, 400000 люкс, 40, 400, 4000, 40000 фут-кандел		
Функція максимуму	Функція максимуму, мінімуму, середнє значення		
Ручне обнуління	Функція налаштування нуля		
Ручний вибір діапазону	Автовибір діапазону		
Габарити приладу 130x55x38 мм, габарити датчика 80x55x25 мм, Вага 250 г			

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

20

Додатковими для зазначених люкметрів є функції мінімального, максимального та усередненого значень, вимірювання освітленості в різних одиницях та фіксація результатів вимірювань.

До наступного класу люкметрів відносяться професійні високоточні люкметри з розширеними можливостями завдяки використанню різних датчиків. Люкметр ТМ-208 (рис.1.10) може вимірювати сонячну енергію, ультрафіолетове випромінювання, а також освітленість від різних штучних джерел випромінювання.



Рисунок 1.10 Зовнішній вигляд люкметра ТМ-208

Люкметр ТМ-208 має широкий діапазон вимірювань, реєстратор даних на 45 000 точок, USB- інтерфейс для передачі даних на ПК з метою візуалізації та подальшої обробки. Кремнієвий фотодіод, спектральний відклик якого наближений до СІЕ, фільтр та косинусна кутова корекція забезпечують високу точність вимірювання освітленості. Даний люкметр застосовується для контролю медичних джерел випромінювання, у фізичних та оптичних лабораторіях, для перевірки фотоелектричних модулів у польових умовах, та для багатьох інших задач.

Особливо слід виділити професійні люкметри від відомого європейського виробника вимірювальних приладів Delta OHM. Ці люкметри можна назвати універсальними завдяки можливостям їх роботи з широким модельним рядом

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		21

сенсорів випромінювання від цього ж виробника. Це дає змогу працювати в різних частинах спектру від інфрачервоного до ультрафіолетового діапазону.

Оптичні сенсори серії LP471 дозволяють вимірювати кількісні значення фотометричних та радіометричних величин таких, як освітленість (люкс, фут-кандела), яскравість (кд/м^2), інтенсивність випромінювання (Вт/м^2 , мкВт/см^2) у видимій (VIS-NIR) та ультрафіолетовій (UVA, UVB, UVC) частині спектру, а також кількість фотонів, прийнятих за одиницю часу на одиницю площі в діапазоні фотосинтетично-активного випромінювання (PAR) з довжиною хвилі від 400 до 700 нм ($\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$). Сенсори LP471 для люксометрів комплектуються дифузором косинусної корекції. В сенсорах для УФ-випромінювання дифузор виготовлений зі шліфованого кварцу, для інших – як правило виготовляється з акрилу або тефлону (LP471 PHOT). Ось перелік доступних сенсорів:

Таблиця 1.3. Перелік сенсорів LP471

LP471 PHOT	Для вимірювання освітленості. Діапазон: $0,01 \dots 200 \cdot 10^3$ люкс. Спектральний відгук відповідає стандарту фотопічного зору
LP471 LUM2	Для вимірювання яскравості. Діапазон: $0,1 \dots 2000 \cdot 10^3$ кд/м^2 . Спектральний відгук відповідає стандарту фотопічного зору, кут огляду 2°
LP471 RAD	Для вимірювання інтенсивності випромінювання (Вт/м^2). Діапазон вимірювання: $0,1 \cdot 10^{-3} \dots 2000$ Вт/м^2
LP471 UVA	Вимірює інтенсивність в частині ультрафіолетового спектру UVA (315 ÷ 400 нм). Діапазон вимірювання $0,1 \cdot 10^{-3} \dots 2000$ Вт/м^2
LP471 UVB	Вимірює інтенсивність в частині ультрафіолетового спектра UVB (280 ÷ 315 нм). Діапазон: $0,1 \cdot 10^{-3} \dots 2000$ Вт/м^2
LP471 UVC	Вимірює інтенсивність в частині ультрафіолетового спектра UVC (200 ÷ 280 нм). Діапазон: 0-200 мВт/см^2
LP471 PAR	Для вимірювання фотосинтетично-активного випромінювання. Діапазон: 0-5000 ($\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$)
LP471 ERY	Для вимірювання ефективної загальної освітленості в спектральній області 250 нм...400 нм. Діапазон: $0,1 \cdot 10^{-3}$ $\text{Вт/м}^2 \dots 2000$ Вт/м^2

Люксометр HD2302.0 є дещо спрощеним варіантом серії HD2102, який не має функції реєстратора даних та інтерфейсу для підключення до ПК, а також не має функцій для розрахунку інтегрованих величин. Люксометр HD2302.0 як і люксометри серії HD2102 може здійснювати фіксацію максимального,

мінімального та середнього значення вимірюваної величини, працює з усіма типами фотометричних сенсорів фірми DeltaOhm, має зручний ергономічний корпус та великий екран. Люксметр HD2302.0 функції автоматичного вимикання та фіксації результату.



Рисунок 1.11. Зовнішній вигляд люксметра HD2302.2

На основі виконаного вище аналітичного огляду і аналізу деяких існуючих моделей пристроїв вимірювання освітленості, сфер їхнього застосування та принципу дії, виявлені проблеми застосування подібних приладів у різних сферах життєдіяльності людини, зокрема – для контролю освітленості при професійній фотозйомці та відеозйомці.

Розроблюваний пристрій дозволить вирішити не тільки задачу контролю освітленості, а і контролю рівня потоку інфрачервоного випромінювання та за допомогою датчика кольору визначити відтінки сцени зйомки для вибору найкращого режиму, зокрема при кіновиробництві або калібруванні комп'ютерних моніторів.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		23

1.5 Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів

Розроблювана оптична вимірювальна станція має дозволяти визначати освітленість предметів, рівень інфрачервоного випромінювання та кольорів в залежності від відстані. Для найбільш доступного виконання експериментів та моделювання у якості платформи обрано Arduino UNO R3. Для цього будуть встановлені датчики освітленості, інфрачервоного випромінювання та датчик кольору залежно від відстані (для цього буде встановлено ультразвуковий датчик вимірювання відстані), а дані передаватимуться на смартфон або комп'ютер по бездротовому каналу bluetooth за допомогою адаптера. Також буде передбачено сенсорне увімкнення датчиків.

1.5.1 Розробка структурної схеми оптичної вимірювальної станції

Пристрій має дозволяти виконувати вимірювання освітленості, світлового потоку в видимому діапазоні довжин хвиль спектру при професійній фотозйомці та відеозйомці, а також рівень інфрачервоного випромінювання, визначити певну кількість кольорів.

Необхідно визначити датчики для платформи Arduino UNO R3 та інтерфейси зв'язку: датчик для вимірювання освітленості, датчик для вимірювання відстані розташування, датчик для вимірювання ІЧ-випромінювання та виявлення вогню, датчик для визначення кольору, інтерфейс для бездротової передачі даних, а для керування усіма функціями треба використовувати датчик дотику.

Перелічені компоненти треба зібрати у єдину схему на базі зазначеної платформи Arduino UNO R3, що дасть можливість створення повнофункційної оптичної вимірювальної станції. Для першого кроку реалізації зазначеної мети буде розроблено структурну схему вимірювального оптичного пристрою з такими блоками, як мікроконтролер (плата Arduino), вимірювач яскравості, датчик кольору, ультразвуковий вимірювач відстані, датчик інфрачервоного діапазону випромінювання, пристрій бездротової передачі даних (інтерфейс Bluetooth), кнопка вмикання та вимикання датчиків, джерело живлення.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		24

Розроблену структурну схему оптичної вимірювальної станції з додаванням зазначених функцій та можливостей наведено на рис.1.12.

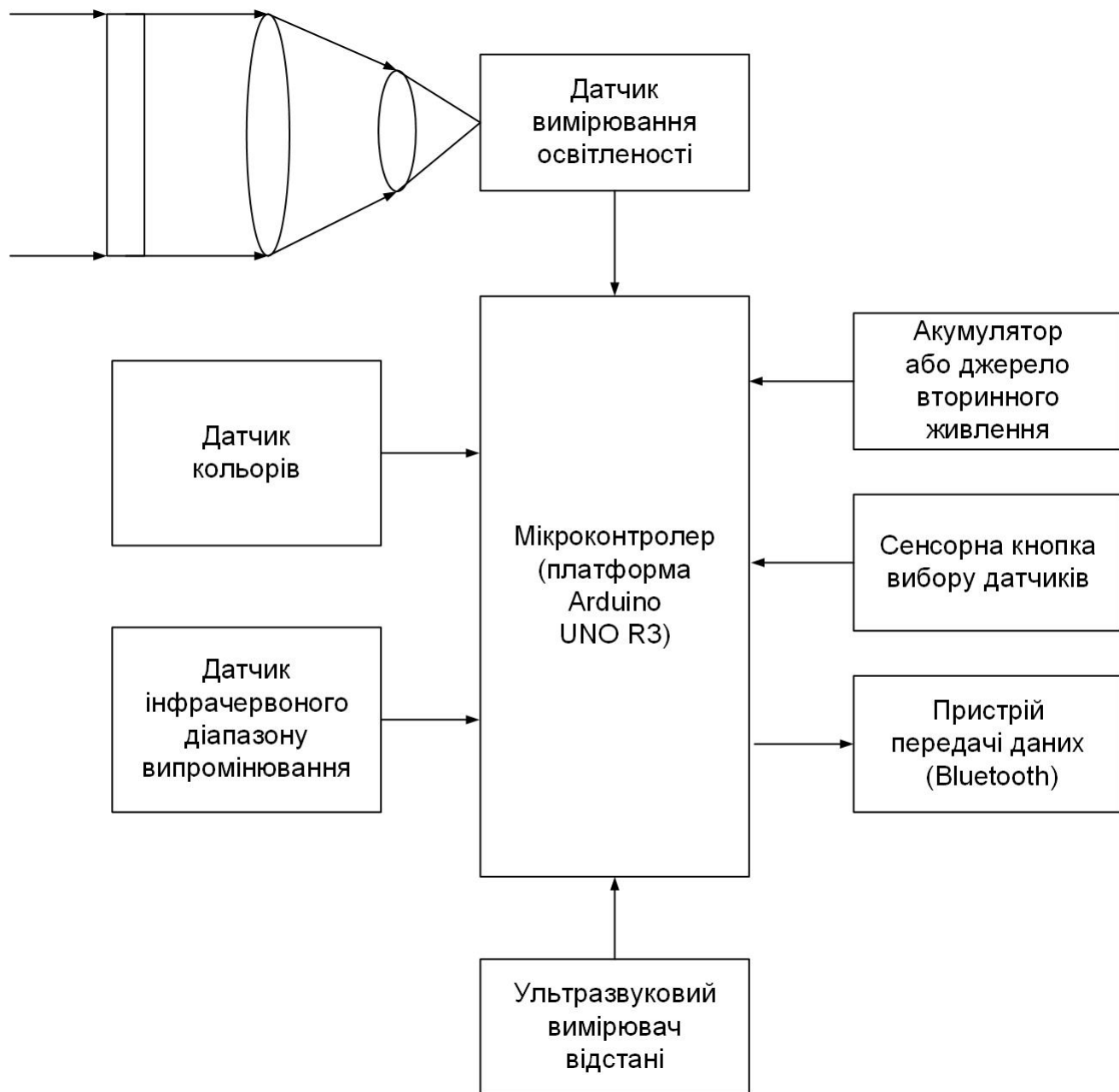


Рисунок 1.12. Структурна схема оптичної вимірювальної станції

Для виконання контролю освітленості при професійній фотозйомці та відеозйомці у даному проекті передбачено додаткові можливості пристрою. На вимірювальний прилад необхідно встановити оптичну систему, яка включає в себе дві збиральні лінзи та молочне скло (фільтр з певним коефіцієнтом пропускання світла). За допомогою цього скла можна буде збільшити діапазон вимірювання в декілька разів. Для цього необхідно провести моделювання оптичної системи пристрою.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

1.5.2 Моделювання оптичної системи вимірювальної станції

Моделювання оптичної системи вимірювальної станції необхідно проводити у спеціалізованій системі оптичного моделювання. У даному проекті для цього обрано середовище Zemax. Необхідно виконати наступні кроки:

1. Задати до таблиці конструктивних параметрів (табл.1.4) наступні дані:
 - радіус кривизни оптичних поверхонь (Radius);
 - відстань між оптичними поверхнями (Thickness);
 - оптичний матеріал (Glass);

Таблиця 1.4. Таблиця конструктивних параметрів оптичної системи у Zemax

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	0.000
2	Standard		Infinity	5.000	V	7.558	0.000
3	Standard		24.535	V 4.805	V LZ KS	7.832	0.000
4	Standard		-20.132	V 8.246	V	7.663	0.000
5	Standard		24.590	V 1.359	V LZ KS	3.741	0.000
6	Standard		-20.052	V 4.755	V	3.515	0.000
IMA	Standard		Infinity	-		1.222	0.000

2. Задати діаметр вхідної зіниці для системи 15 мм. Далі середовище Zemax автоматично розраховує світлові радіуси оптичних поверхонь (Semi-Diameter);

3. Необхідно вказати спектральний діапазон системи, тобто довжини хвиль, на яких виконується аналіз характеристик системи. Оптична система буде використовуватись у видимому діапазоні оптичного випромінювання (0,35– 0,75 мкм);

4. Вказуються кути поля зору системи, на яких буде проводитися аналіз;
5. Виконати фокусування системи та оптимізацію.

В результаті проведених дій отримано зовнішній вигляд оптичної системи, який є тривимірним пустотілим зображенням (рис. 1.13), та тіньову модель системи, в якій можна обрати різні способи відображення (рис. 1.14).

Важливою умовою правильної роботи оптичної системи є узгодження розміру чутливої площадки приймача випромінювання та розміру зображення системи. Необхідно, щоб весь корисний потік, тобто більше 99% випромінювання, фокусувався оптичною системою на чутливій площадці приймача.

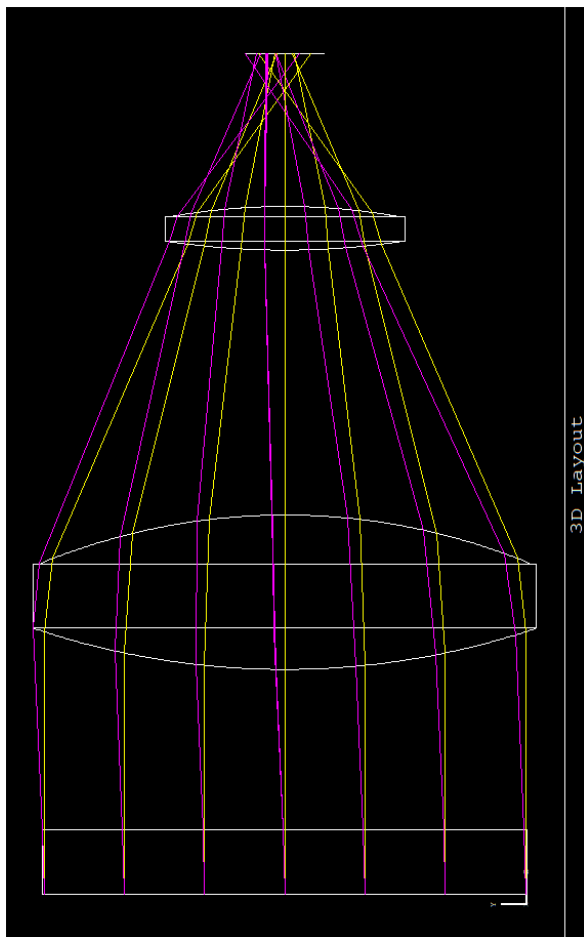


Рисунок 1.13. Візуалізація 3-вимірного пустотілого зображення оптичної системи



Рисунок 1.14. Візуалізація тіньової моделі оптичної системи у Zemax

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		27

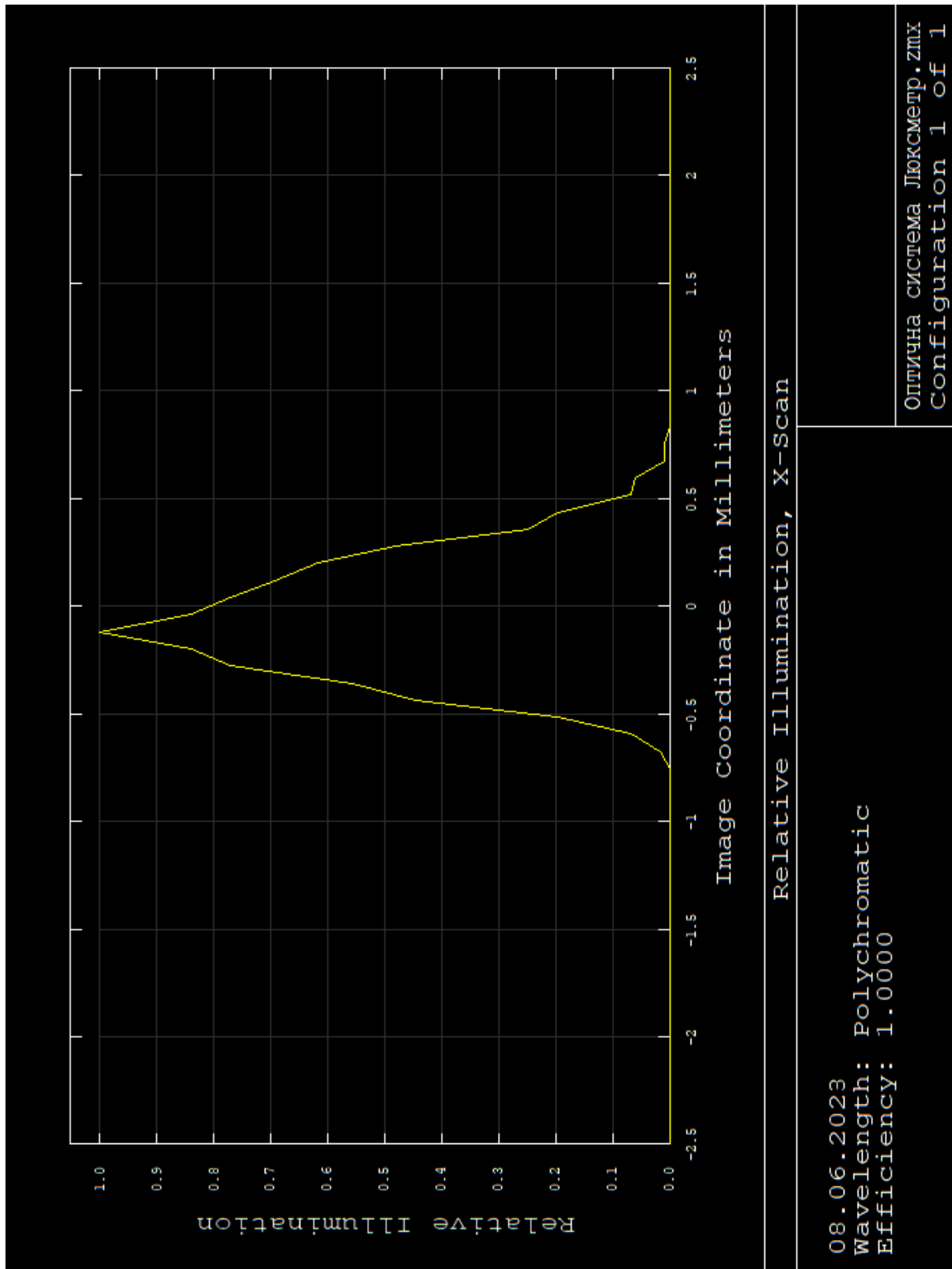


Рисунок 1.15. Візуалізація функції Illumination XY Scan у Zemax

Якщо система фокусуватиметься на якійсь певній частині приймача, то на іншу частину будуть впливати лише шуми, в результаті чого розроблюваний пристрій працюватиме неправильно, з великими похибками. За допомогою функції illumination можна визначити залежність розміру площадки приймача від рівня концентрації випромінювання. Побудовані функції фокусування

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

28

випромінювання на площадці приймача є такими:

- Illumination XY Scan (відображає двомірний графік даної залежності, рис.1.15);
- Illumination 2D Surface (відображає площадку, що має колірну індикацію рівня концентрації випромінювання, рис. 1.16).

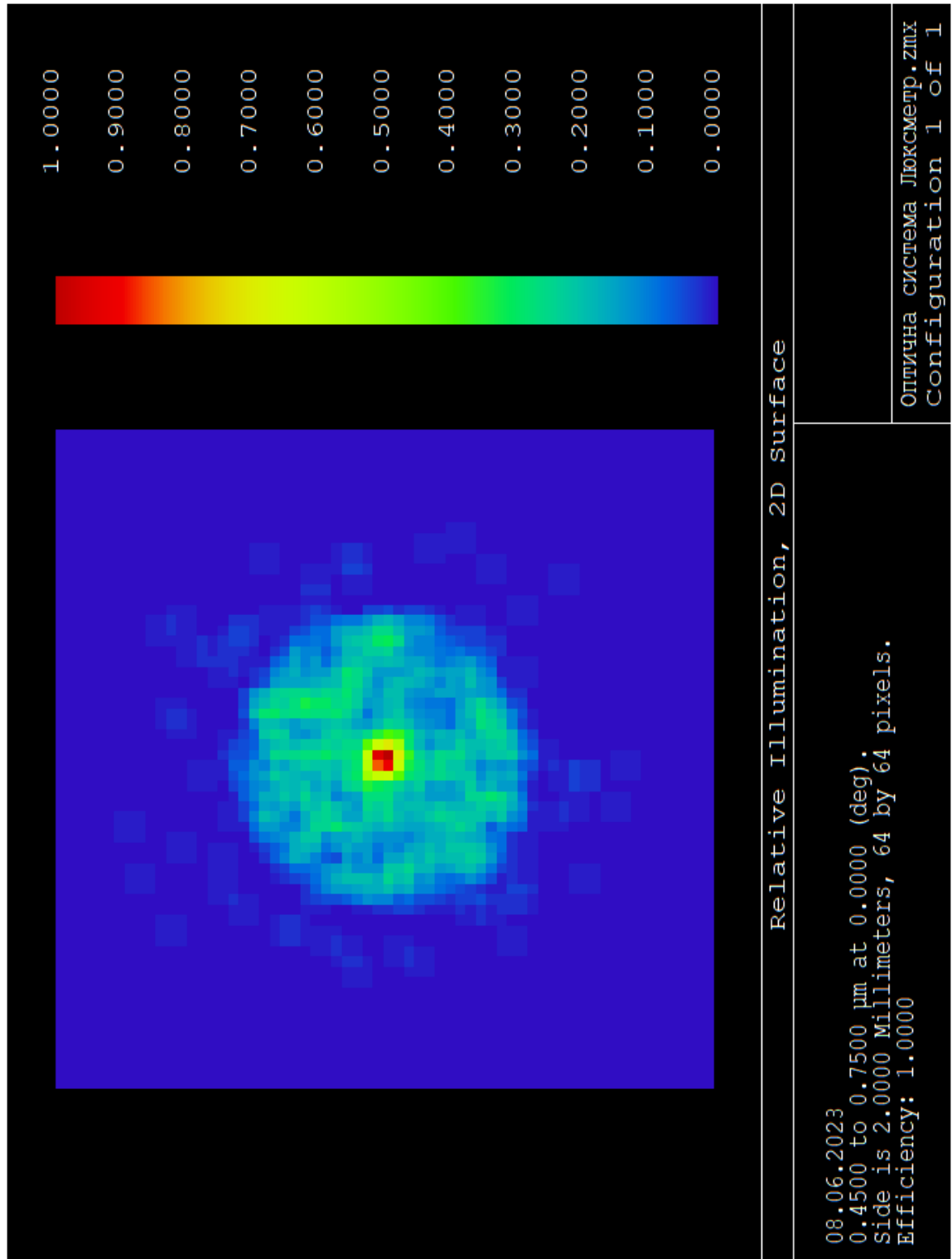


Рисунок 1.16. Візуалізація функції Illumination 2D Surface у Zemax

Під графіками (рис.1.15-1.16) зображено значення ефективності (Efficiency) концентрації випромінювання для розміру розроблюваного приймача оптичної системи вимірювальної станції, яке становить 100%. Це означає, що моделювання підтверджує правильну працездатність пристрою з оптичною системою, побудованою на основі проведених розрахунків.

1.5.3 Визначення рівня освітленості на приймачі вимірювальної станції

Для вимірювання освітленості буде застосовано датчик ВН1750, що обумовлене технічним завданням на дипломне проектування та особливостями застосованої платформи Arduino. Розрахунок освітленості на площадці приймача випромінювання оптичної вимірювальної станції треба провести на основі вхідних значень та враховувати коефіцієнти поглинання оптичної системи, що впливають на рівень освітленості. Для датчика ВН1750 характерною є площа приймача випромінювання $S = 0.001 = 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}$. Коефіцієнт поглинання оптичною системою можна прийняти $k = 0.9$. Коефіцієнт поглинання фільтром (молочним склом) складе $n = 0.76$.

Наступні розрахунки рівня освітленості на приймачі вимірювальної станції будуть проводитись з урахуванням коефіцієнтів поглинання за формулою (1.1).

$$E = \frac{\Phi \cdot k \cdot n}{S} \quad (1.1)$$

Далі виконано розрахунки для декількох варіантів джерел штучного світла, що можуть використовуватися при фото- та відео-зйомці.



Рисунок 1.17. Світлодіодна лампа MAXUS E27 12W 220V

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		30

На рис.1.17 зображено світлодіодну лампу MAXUS E27 12W 220V, що має наступні характеристики:

- тип цоколя: E27;
- потужність: 12 Вт;
- яскравість (світловий потік): 1200 Лм;
- колірна температура: 4000 К (білий нейтральний);
- напруга живлення: 175 – 250 В.

Рівень освітленості на приймачі вимірювальної станції складе:

$$E = \frac{1200 \cdot 0.9 \cdot 0.76}{0.001} = 820\,800 \text{ (Лк)}$$



Рисунок 1.18. Люмінесцентна лампа MAXUS E14 12W 220V

На рис.1.18 зображено люмінесцентну лампу MAXUS E14 12W 220V, що має наступні характеристики:

- тип цоколя: E14;
- потужність: 12 Вт;
- яскравість (світловий потік): 740 Лм;
- колірна температура: 2700 К;
- напруга живлення: 175 – 250 В.

Рівень освітленості на приймачі вимірювальної станції складе:

$$E = \frac{740 \cdot 0.9 \cdot 0.76}{0.001} = 506\,160 \text{ (Лк)}$$

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 1.19. Світлодіодний модуль Foton LED 50Вт White 220В (6000К)

На рис.1.19 зображено надяскравий світлодіодний модуль Foton LED 50Вт White 220В, що має наступні характеристики:

- потужність: 50 Вт;
- яскравість (світловий потік): 4500-5000 Лм;
- колірна температура: 6000 К (білий холодний);
- напруга живлення: 220 В.

Рівень освітленості на приймачі вимірювальної станції складе:

$$E = \frac{4500 \cdot 0.9 \cdot 0.76}{0.001} = 3\,078\,000 \text{ (Лк)}$$

1.6 Вибір елементної бази та аналіз компонентів пристрою

Оптична вимірювальна станція буде створена на базі платформи Arduino UNO R3. Для вимірювання освітленості буде застосовано датчик BH1750, для вимірювання відстані розташування буде застосовано HY-SRF05, для вимірювання ІЧ випромінювання та виявлення вогню буде застосовано датчик Aisin KY-026A, для визначення кольору буде застосовано датчик APDS-9960, для бездротової передачі даних буде застосовано Bluetooth-модуль SPP-C SPPC, а для керування усіма функціями системи буде використовуватись датчик дотику TTP223B.

1.6.1 Визначення можливостей платформи Arduino UNO R3

Платформа Arduino UNO R3 є суцільною фізично-обчислювальною платою, в основі якої лежить мікроконтролер ATmega328P з частотою роботи в 16 МГц,

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		32

сумісний з середовищем розробки Arduino IDE. Мікроконтролер ATmega328P має велику кількість цифрових, аналогових виходів, апаратних інтерфейсів I2C і UART SPI, таймерів (рис.1.20).

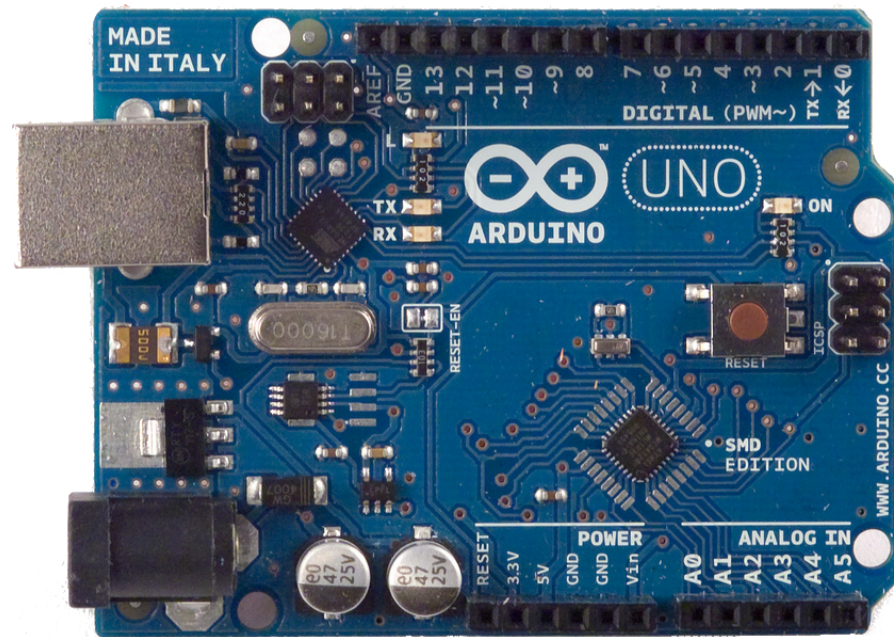


Рисунок 1.20. Зовнішній вигляд плати Arduino UNO R3

Платформа має 14 цифрових входів/виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи широтно-імпульсної модуляції ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP та кнопку перезавантаження. Кожен з 14 цифрових виводів Uno може бути налаштований як вхід або вихід, використовуючи функції `pinMode()`, `digitalWrite()`, і `digitalRead()`. Кожен вивід має навантажувальний резистор (за замовчуванням відключений) 20-50 кОм та може пропускати струм до 40 мА. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB, або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC або батареї.

Платформа може працювати при зовнішньому живленні від 6 В до 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, вивід 5V може видавати менше 5 В, при цьому платформа може працювати нестабільно. При використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися та пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 В до 12 В. Деякі виводи мають особливі функції:

- VIN. Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		33

джерела (при відсутності 5 В від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення). подача напруги живлення відбувається через даний вивід;

– 5V. Регульоване джерело напруги, що використовується для живлення мікроконтролера і компонентів на платі. Живлення може подаватися від виводу VIN через регулятор напруги, або від роз'єму USB, або іншого регульованого джерела напруги 5 В;

– 3V3. Напруга на виводі 3.3 В генерується вбудованим регулятором на платі. Максимальне споживання струму 50 мА;

– GND (загальний вивід «земля»);

– послідовна шина: 0 (RX) та 1 (TX). Виводи використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних TTL. Дані виводи підключені до відповідних роз'ємів мікросхеми послідовної шини ATmega8U2 USB-to-TTL;

– зовнішнє переривання: 2 та 3. Дані виводи можуть бути налаштовані на виклик переривання або на меншому значенні, або по передньому чи задньому фронті, або при зміні значення. Детальна інформація знаходиться в описі функції `attachInterrupt ()`;

– ШІМ: 3, 5, 6, 9, 10, і 11. Будь-який з виводів забезпечує ШІМ з роздільною здатністю 8 біт за допомогою функції `analogWrite ()`;

– SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). За допомогою даних виводів здійснюється зв'язок SPI, для чого використовується бібліотека SPI;

– LED: 13. Вбудований світлодіод, підключений до цифрового виводу 13. Якщо значення на виводі має високий потенціал, то світлодіод горить.

На платформі Uno встановлені 6 аналогових входів (позначених як A0...A5), кожен з роздільною здатністю 10 біт (тобто може приймати 1024 різних значення). Стандартно виводи мають діапазон вимірювання до 5 В відносно землі, проте є можливість змінити верхню межу за допомогою виводу AREF і функції `analogReference ()`. Деякі виводи мають додаткові функції:

– I2C: 4 (SDA) і 5 (SCL). За допомогою виводів здійснюється зв'язок I2C (TWI), для створення якої використовується бібліотека Wire.

Додаткова пара виводів платформи:

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		34

– AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Використовується з функцією `analogReference ()`;

– Reset. Низький рівень сигналу на виводі перезавантажує мікроконтролер. Звичайно застосовується для підключення кнопки перезавантаження на платі розширення, що закриває доступ до кнопки на самій платі Arduino.

1.6.2 Датчик вимірювання освітленості BH1750

Датчик вимірювання освітленості на основі чіпу BH1750 є цифровим датчиком, який має досить високу чутливість, спектр якої збігається з чутливістю людського ока (рис. 1.21).

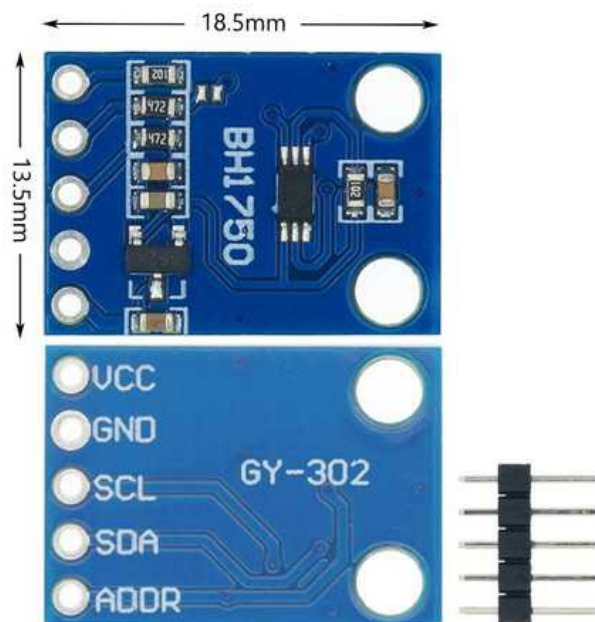


Рисунок 1.21. Датчик вимірювання освітленості BH1750

Загальні характеристики датчику BH1750 є такими:

- основний чіп: BH1750FVI;
- має вбудований АЦП та сенсор;
- не має чутливості до фонового світла;
- не потребує додаткового калібрування та складних обчислень;
- точність вимірювання в широкому діапазоні становить 1 люкс;
- передбачає живлення від напруги 3 – 5 В;
- діапазон вимірювання 0 – 65535 (лк);
- інтерфейс I²C.

1.6.3 Датчик вимірювання відстані HY-SRF05

Датчик вимірювання відстані HY-SRF05 є дуже точним та стабільним ультразвуковим датчиком, який не має сліпих зон. Датчик вимірює відстань від 0 до 1500 мм.



Рисунок 1.22. Датчик вимірювання відстані HY-SRF05

Загальні характеристики датчику HY-SRF05 є такими:

- точність вимірювання 3 мм;
- напруга живлення: 3.8 – 5.5 В;
- частота роботи 40 кГц;
- максимальна дистанція 1.5 м;
- ширина імпульсів становить 10 мкс;
- кут складає 15°.

1.6.4 Датчик вимірювання ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A

Датчик для вимірювання інфрачервоного випромінювання Aisin KY-026A (рис.1.23) має додаткову функцію для виявлення вогню, яку можна застосувати також для протипожежної системи. У разі виявлення вогню автоматично вмикатиметься система пожежогасіння та надходитиме сповіщення. Датчик працює по двох окремих виходах, один з яких вимірює та передає дані ІЧ-випромінювання в аналоговому форматі, а інший (виявлення полум'я) передає дані у цифровому вигляді. Для того, щоб надійно закріпити датчик, на ньому передбачено отвір.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		36

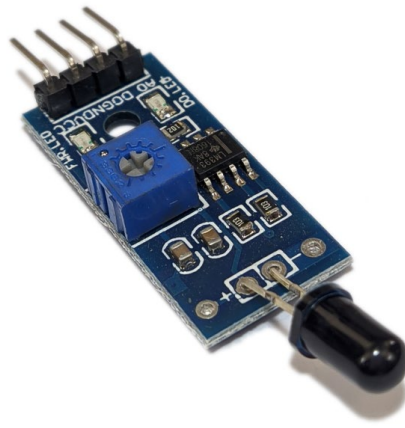


Рисунок 1.23. Датчик вимірювання ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A

Загальні характеристики датчику Aisin KY-026A є такими:

- побудований на базі компаратору 74LV393D;
- працює в ближньому ІЧ-діапазоні, довжина хвилі 760 – 1100 (Нм);
- наявний регулятор чутливості датчику;
- робоча напруга 3.3 – 5 В;
- виявлення полум'я на відстані 80 см;
- кут роботи датчику становить 60°.

1.6.5 Датчик визначення кольору APDS-9960

Датчик кольору APDS-9960 (рис.1.24) включає в себе кремнієві фотодіоди з можливістю їх налаштування та перетворювач струм-частота. Вихідна частота датчика може бути розширеною за допомогою зміни одного з трьох наявних значень, які подаються через два вхідних контакти. До мікроконтролера датчик підключається з допомогою цифрових входів та виходів.

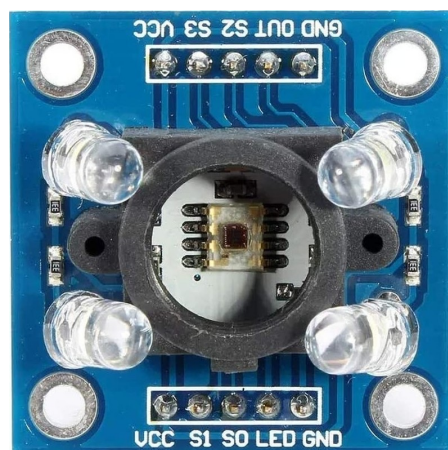


Рисунок 1.24. Датчик визначення кольору APDS-9960

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		37

Загальні характеристики датчику APDS-9960 є такими:

- напруга живлення: 3 – 5 В;
- оптимальна відстань для визначення кольору становить 10 мм;
- високоякісне перетворення інтенсивності світла в частоту;
- можливість програмування кольорів.

1.6.6 Bluetooth-модуль бездротової передачі даних SPP-C SPPC

Для вирішення задачі бездротової передачі даних на смартфон або ПК застосовано Bluetooth-модуль SPP-C SPPC (HC-06). Він працює в пасивному режимі, тому достатньо підключити смартфон або ПК до модуля SPP-C SPPC через інтерфейс Bluetooth і все, що буде надіслано з телефону або ПК, буде передаватися до контролера Arduino, а все що буде передано модулем Bluetooth-модуль SPP-C SPPC, виводитиметься на смартфон або ПК. За допомогою певних команд модуль SPP-C SPPC можна налаштовувати за необхідності, наприклад, змінити ім'я, pin-код, швидкість передачі даних (рис.1.25).

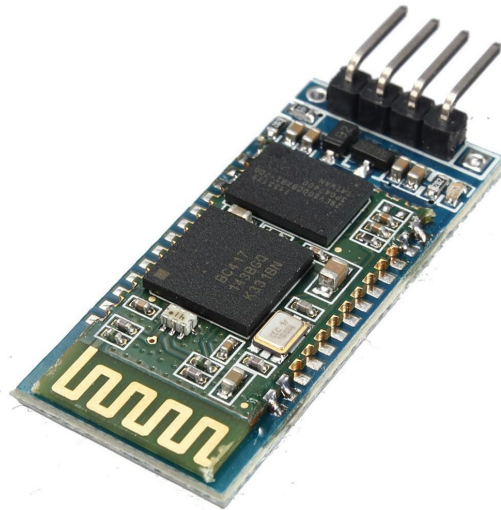


Рисунок 1.25. Bluetooth-модуль бездротової передачі даних SPP-C SPPC

Загальні характеристики Bluetooth-модулю SPP-C SPPC є такими:

- напруга живлення: 3,3В – 6В;
- швидкості передачі даних: 1200–1382400 бод;
- максимальний струм споживання: 45 мА;
- робочі частоти: 2,40 ГГц – 2,48ГГц;
- дальність зв'язку: 30 м.

1.6.7 Датчик дотику ТТР223В

Для вмикання та вимкнення окремих функцій оптичної вимірювальної станції обрано компактну версію сенсорної кнопки ємнісного типу ТТР223В. Цей датчик дотику замінює звичайні кнопки та має переваги у можливостях та зручності використання. Датчик реагує на прямі дотики до плати та через певний діелектричний шар (пластик, скло). Чутливість кнопки можна змінювати, замінивши конденсатор на платі датчика (рис.1.26).

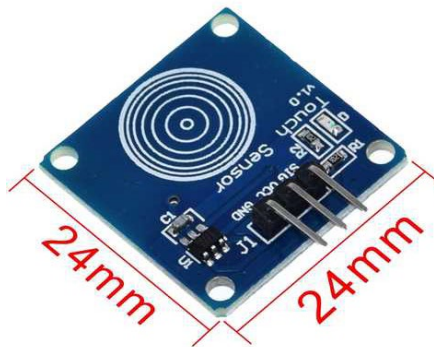


Рисунок 1.26. Датчик дотику ТТР223В

1.7 Розробка схеми підключення компонентів пристрою

В попередніх підрозділах розроблено функціональну схему оптичної системи вимірювальної станції, проведено моделювання оптичної системи пристрою та розрахунки освітленості від різних джерел на приймач випромінювання. Обрані функціональні компоненти, зокрема мікроконтролер, датчик освітленості, датчик інфрачервоного випромінювання, датчик кольору, ультразвуковий вимірювач відстані, датчик дотику та модуль для бездротової передачі даних необхідно поєднати у загальну функціональну схему підключення. Необхідно розробити електричні схеми підключення кожного модулю та датчику, а також програмне забезпечення для мікроконтролеру Arduino мовою C++.

1.7.1 Підключення датчику вимірювання освітленості ВН1750

При підключенні модулю датчика вимірювання освітленості ВН1750 до плати Arduino треба врахувати, що він має 5 контактів:

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		39

- VCC – живлення 5 В;
- GND – земля;
- SCL – дані I²C;
- SDA – синхронізація I²C;
- ADDR – вибір адреси для протоколу I²C.

Підключення датчика BH1750 до плати Arduino буде виконано з'єднанням за допомогою дротів на монтажній платі відповідних контактів (табл.1.5). Вихід ADDR використовується при підключенні декількох таких датчиків до однієї плати. В даному випадку вихід ADDR використовуватися не буде. Схема підключення датчика BH1750 до плати Arduino UNO R3 наведена на рис.1.27.

Таблиця 1.5. Відповідність контактів підключення BH1750 до плати Arduino

BH1750	Arduino UNO R3
VCC	5 V
GND	GND
SCL	SCL
SDA	SDA
ADDR	–

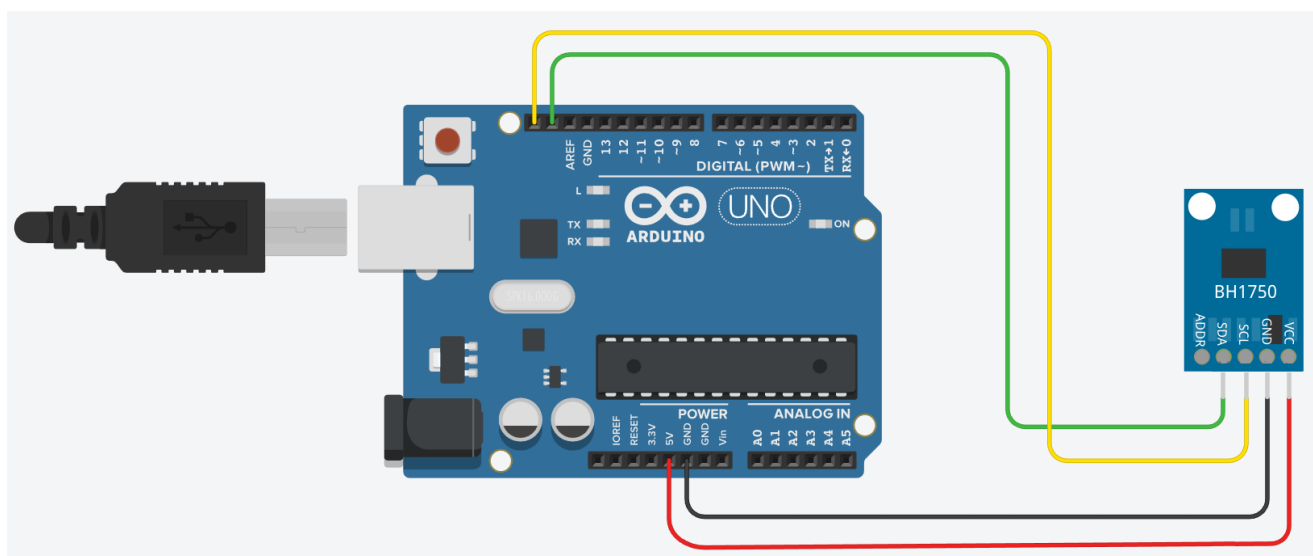


Рисунок 1.27. Схема підключення датчика BH1750 до плати Arduino UNO R3

1.7.2 Підключення датчику вимірювання відстані HY-SRF05

На платі датчику вимірювання відстані HY-SRF05 розміщені випромінювач, приймач та керуюча електронна схема. В момент вимірювання за допомогою генератора створюється електричне коливання, яке перетворюється в

ультразвукову хвилю та випромінюється в простір. При появі на своєму шляху якоїсь перешкоди, хвиля відбивається та повертається в приймач як відлуння. Проаналізувавши час проходження хвилі туди і назад можна визначити відстань до об'єкта. Датчик HY-SRF05 має 4 контакти:

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

Підключення датчика HY-SRF05 до плати Arduino UNO R3 буде виконано з'єднанням за допомогою дротів на монтажній платі відповідних контактів (табл.1.6). Вихід TRIG можна підключати до будь-якого виходу плати, на нього подається імпульсний цифровий сигнал. За цим сигналом на вхід TRIG посилаються ультразвукові імпульси після прийому відбитого від перешкоди сигналу, датчик формує на виході ECHO імпульсний сигнал. Його тривалість пропорційна відстані до об'єкта. Схема підключення датчика HY-SRF05 до плати Arduino UNO R3 наведена на рис.1.28.

Таблиця 1.6. Відповідність контактів підключення HY-SRF05 до плати Arduino

HY-SRF05	Arduino UNO R3
VCC	5 V
TRIG	D3
ECHO	D2
GND	GND

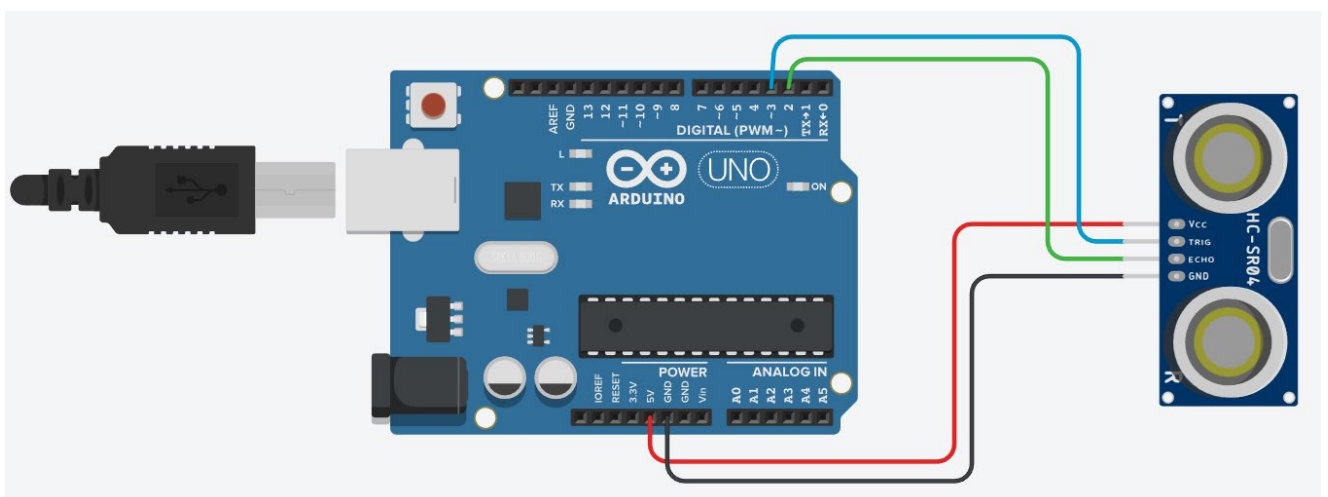


Рисунок 1.28. Схема підключення датчика HY-SRF05 до плати Arduino UNO R3

1.7.3 Підключення датчику ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A

Датчик вимірювання ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A має 4 контакти:

- VCC – живлення 5 В;
- Digital – цифровий вихід;
- Analog – аналоговий вихід;
- GND – земля.

Підключення датчика Aisin KY-026A до плати Arduino UNO R3 буде виконано з'єднанням за допомогою дротів на монтажній платі відповідних контактів (табл.1.7). Схема підключення датчика Aisin KY-026A до плати Arduino UNO R3 наведена на рис.1.29.

Таблиця 1.7. Відповідність контактів підключення KY-026A до плати Arduino

KY-026A	Arduino UNO R3
VCC	5 V
Digital	D2
Analog	A0
GND	GND

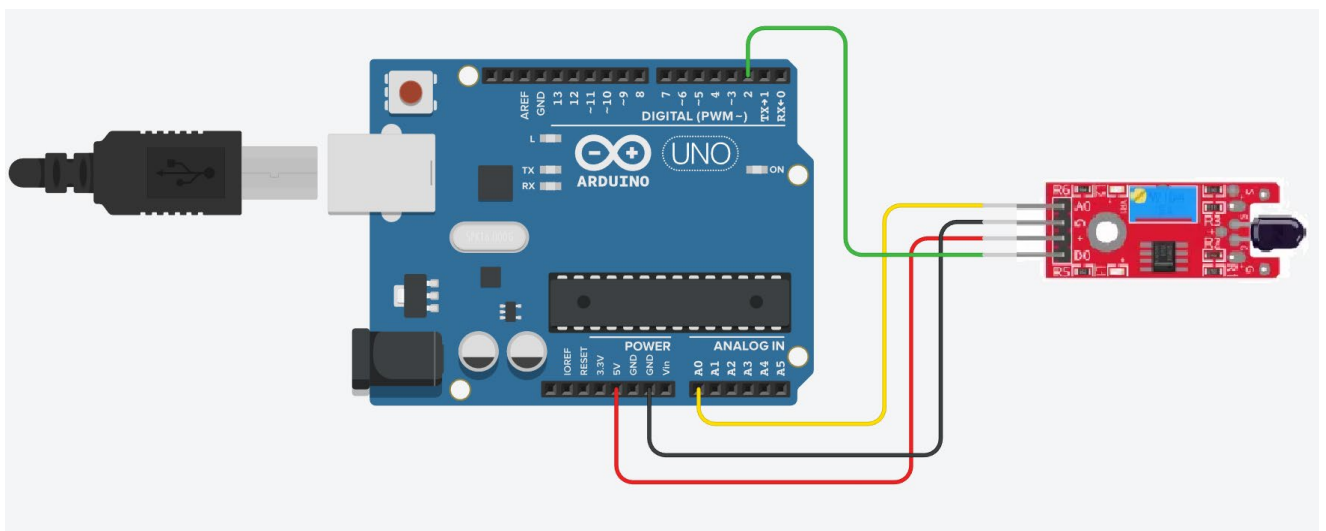


Рисунок 1.29. Схема підключення датчика KY-026A до плати Arduino UNO R3

1.7.4 Підключення датчику визначення кольору APDS-9960

Датчик визначення кольору APDS-9960 (TCS230/TCS3200) розміщений по центру плати модулю і складається з чотирьох видів фотодіодів:

- 16 фотодіодів без світлофільтра;
- 16 фотодіодів з зеленим фільтром;

- 16 фотодіодів з синім фільтром;
- 16 фотодіодів з червоним фільтром.

Датчик APDS-9960 перетворює дані фотодіодів у хвилю з частотою, яка пропорційна інтенсивності світла обраного кольору. Він має 8 контактів:

- VCC – живлення 5 В;
- GND – земля;
- OE – контакт вмикання;
- S0, S1 – налаштування масштабування частоти імпульсу;
- S2, S3 – вхідний сигнал налаштування фільтрів;
- OUT – вихідна частота.

Таблиця 1.8. Відповідність контактів підключення APDS-9960 до плати Arduino

APDS-9960	Arduino UNO R3
VCC	5 V
GND	GND
OUT	D8
OE	D3
S0	D4
S1	D5
S2	D6
S3	D7

Підключення датчика APDS-9960 до плати Arduino UNO R3 буде виконано з'єднанням за допомогою дротів на монтажній платі відповідних контактів (табл.1.8). Схема підключення датчика APDS-9960 до плати Arduino UNO R3 наведена на рис.1.30.

Контакти S2, S3 використовуються для визначення кольору, що зчитується фотодіодами. Оскільки вони підключені паралельно, перемикаючи ці контакти можна обирати різні типи світлодіодів за допомогою присвоювання їм різних станів LOW або HIGH. Контакти S0, S1 потрібні для зміни масштабу вихідної частоти. Цю функцію часто використовують для роботи з різними мікроконтролерами, для оптимізації даних. Масштаб вихідної частоти має три заданих значення: 100%, 20%, 2% (табл.1.9). У виконуваний розробці буде застосовано значення масштабування 20%.

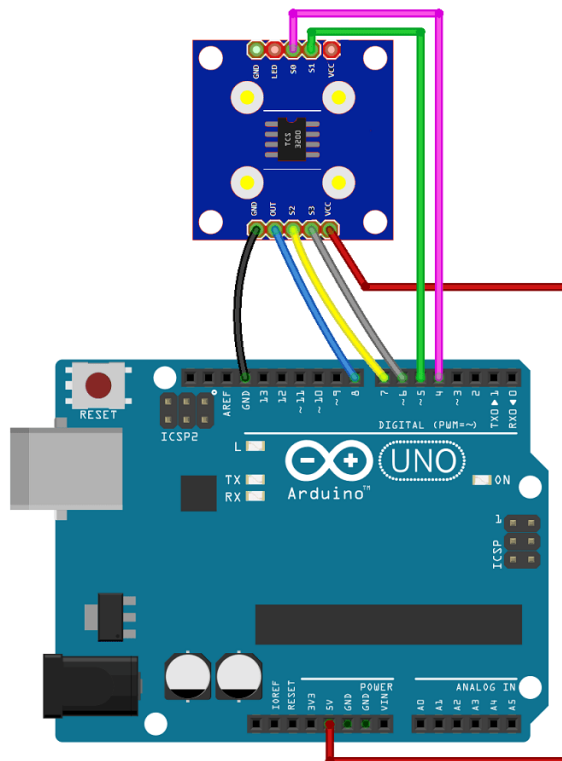


Рисунок 1.30. Схема підключення датчика APDS-9960 до плати Arduino UNO R3

Таблиця 1.9. Правила вибору налаштувань датчику кольору APDS-9960

Тип фотодіода	S2	S3
Червоний	LOW	LOW
Синій	LOW	HIGH
Без фільтра (чистий)	HIGH	LOW
Зелений	HIGH	LOW
Масштабування частоти	S0	S1
Відключення	LOW	LOW
2%	LOW	HIGH
20%	HIGH	LOW
100%	HIGH	HIGH

1.7.5 Підключення Bluetooth-модуля SPP-C SPPC

Bluetooth-модуль SPP-C SPPC (HC-06) призначений для бездротової передачі даних виконаних оптичних вимірювань на смартфон або ПК. Датчик SPP-C SPPC має 4 контакти:

- VCC – живлення 5 В;
- RXD – для прийому даних;
- TXD – для передачі даних;
- GND – земля.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-------	----------	--------	------

Підключення модулю SPP-C SPPC (HC-06) до плати Arduino UNO R3 буде виконано з'єднанням за допомогою дротів на монтажній платі відповідних контактів (табл.1.10). Схема підключення модулю SPP-C SPPC до плати Arduino UNO R3 наведена на рис.1.31.

Таблиця 1.10. Відповідність контактів підключення SPP-C SPPC до плати Arduino

SPP-C SPPC	Arduino UNO R3
VCC	5 V
RXD	TXD
TXD	RXD
GND	GND

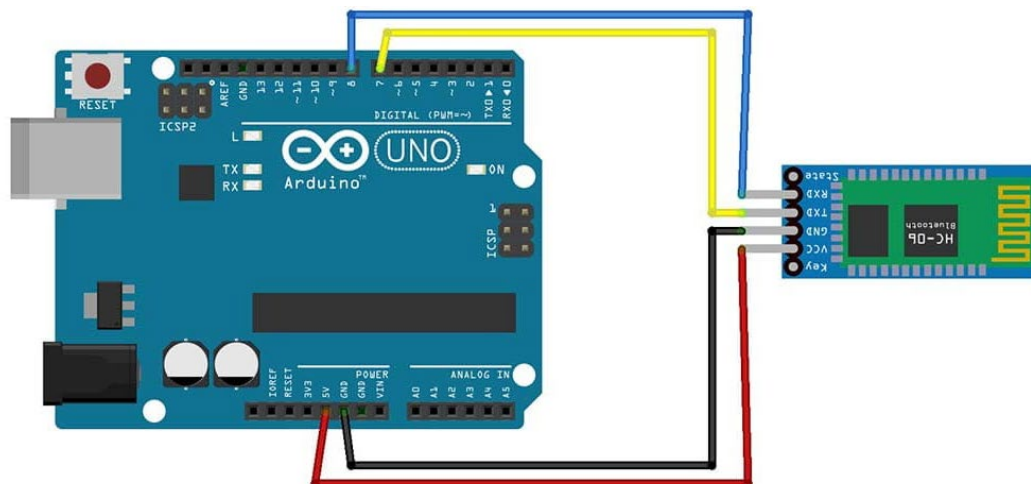


Рисунок 1.31. Схема підключення датчика SPP-C SPPC до плати Arduino UNO R3

1.7.6 Розробка повної схеми підключення компонентів оптичної вимірювальної станції

Повна схема підключення всіх модулів пристрою оптичної вимірювальної станції побудована на основі розроблених вище схем (рис.1.27-1.31) підключення для датчиків у відповідні порти плати керування Arduino UNO R3 та таблиці 1.11, де показані відповідності між портами підключення всіх компонентів схеми.

Плата керування Arduino UNO R3 має тільки один порт живлення з напругою 5 В та два порти заземлення, що робить неможливим приєднання усіх датчиків до плати, адже кожен з них потребує індивідуального підключення. Для вирішення цієї проблеми було використано додаткову макетну плату MB-102. Через неї були підключені всі зовнішні модулі та шина живлення (рис. 1.32).

Таблиця 1.10. Підключення сенсорів до плати

Порти підключення Arduino UNO R3	Контакти зовнішніх модулів
Датчик вимірювання освітленості BH1750	
5V	VCC
GND	GND
SCL	SCL
SDA	SDA
-	ADDR
Датчик вимірювання відстані HY-SRF05	
5V	VCC
D12	TRIG
D11	ECHO
GND	GND
Датчик ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A	
5V	VCC
D13	Digital
A5	Analog
GND	GND
Датчик визначення кольору APDS-9960	
5V	VCC
GND	GND
D7	OUT
D6	OE
D2	S0
D3	S1
D4	S2
D5	S3
Bluetooth-модуль SPP-C SPPC	
5V	VCC
TXD	RXD
RXD	TXD
GND	GND
Датчик дотику TTP223B	
5V	VCC
D10	I/O
GND	GND

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

46

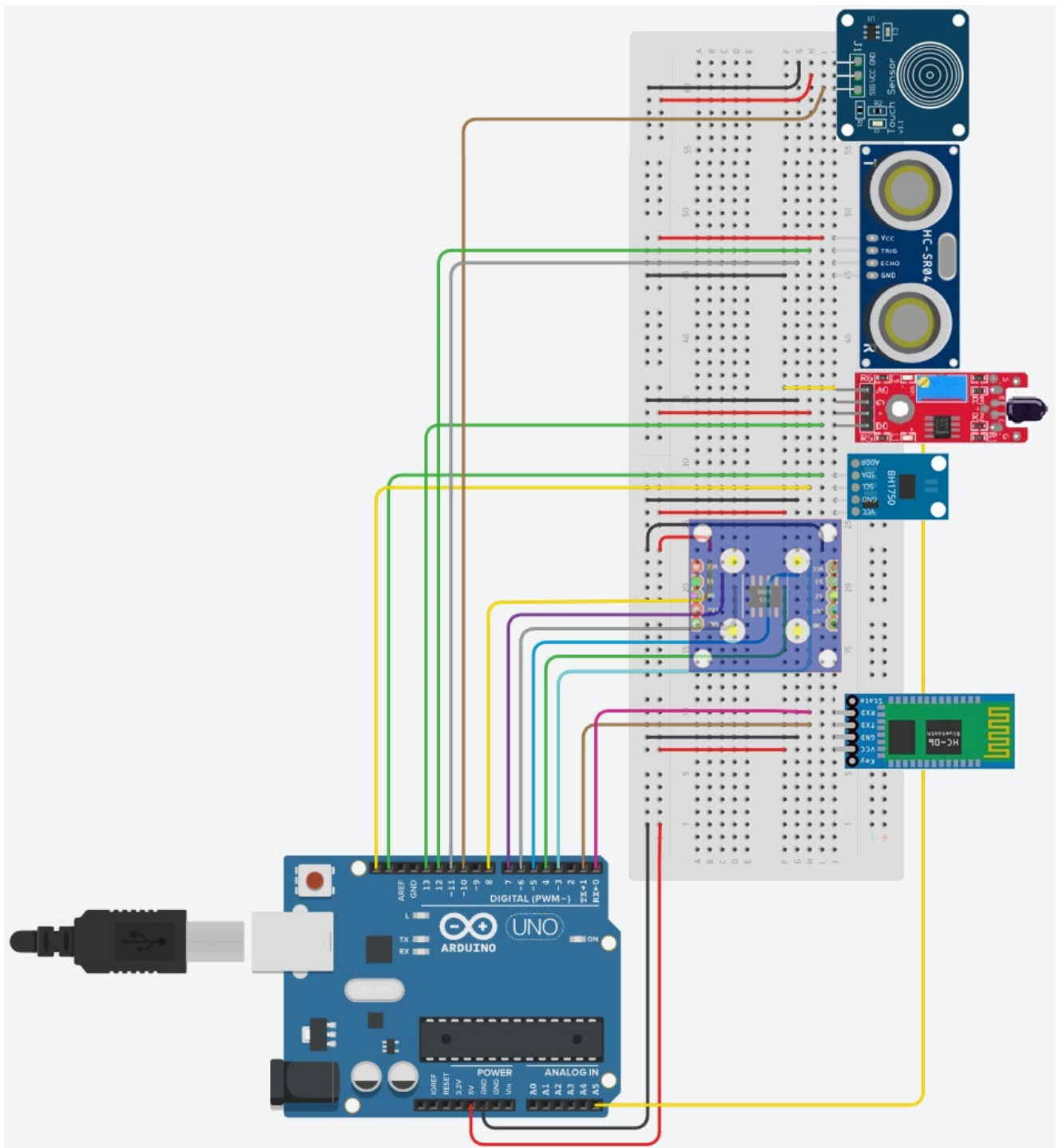


Рисунок 1.32. Схема підключення компонентів оптичної вимірювальної станції

1.8 Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера

Програмне забезпечення мікроконтролера Arduino для оптичної вимірювальної станції буде створено засобами ICP Arduino IDE мовою програмування C++. Необхідно забезпечити зчитування даних від датчиків та передачу розрахованих результатів параметрів освітлення до модулю Bluetooth з їх подальшою передачею на смартфон або ПК за бездротовим зв'язком. Треба

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

передбачити режим одноразового або безперервного вимірювання ().

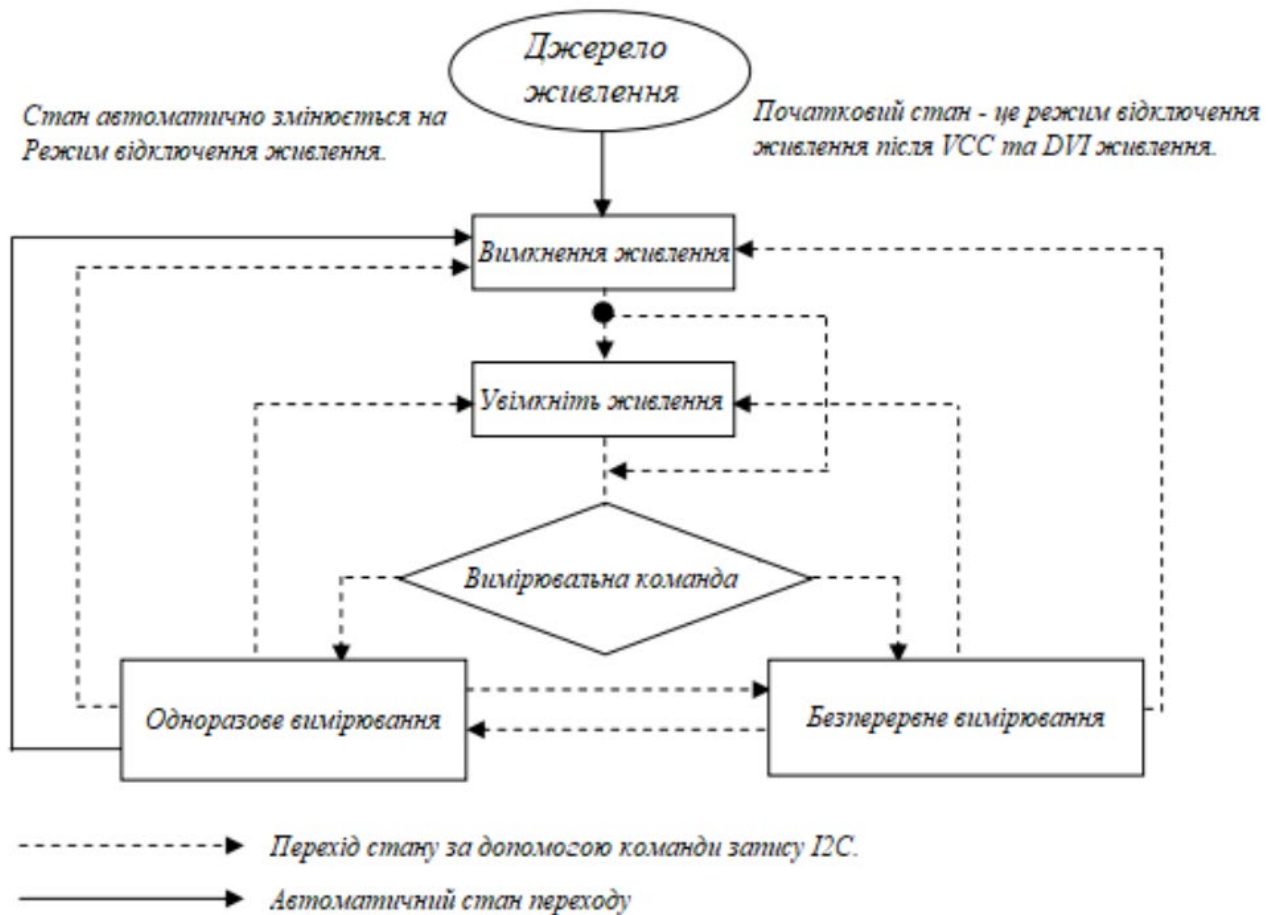


Рисунок 1.33. Алгоритм вибору режимів вимірювань для мікроконтролера

При розробці програми буде враховано, що датчик дотику TTP223B має виконувати задачу ввімкнення та вимкнення окремих функцій оптичної вимірювальної станції наступним чином:

- один дотик вмикає або вимикає функцію контролю ІЧ-випромінювання;
- два послідовних дотики вмикають або вимикають функцію визначення кольору;
- три послідовних дотики вмикають або вимикають функцію контролю вимірювання відстані.

1.8.1 Розробка програми зчитування даних датчика освітленості

Для роботи з датчиком освітленості BH1750 потрібно завантажити бібліотеку BH1750.h. Перш ніж почати роботу з кодом, необхідно підключити бібліотеки, які будуть використані:

```
#include "Wire.h" // бібліотека для використання інтерфейсу I2C;
```

```
#include "BH1750.h" // бібліотека для роботи з датчиком BH1750.
```

Необхідно створити об'єкт датчика та надати йому ім'я: BH1750 lightMeter;

Функція setup() має містити оголошення швидкості роботи з вікном прийому даних та запуск передачі даних по каналу по I²C:

```
void setup()
{ Serial.begin(9600);
  lightMeter.begin(); }
```

Функція loop() виконує зчитування даних з датчика та виведення їх на ПК або смартфон.

```
void loop()
{ uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.print("Light: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" lx");
  delay(500); }
```

1.8.2 Розробка програми зчитування даних ультразвукового датчика

Напочатку програми зчитування даних ультразвукового датчика ініціалізуються виводи, до яких виконується підключення:

```
int echoPin = 2;
int trigPin = 3;
```

Встановлюється швидкість роботи порту та оголошуються входи і виходи.

```
void setup()
{ Serial.begin (9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT); }
```

У циклі loop() виконується передача імпульсу на вхід trig, цей імпульс триває 10 мкс, після чого вимикається подача імпульсу, виконується прийом імпульсу та підрахування його довжини, переведення його значення в сантиметри та виведення у порт.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		49

```

void loop()
{ int duration, cm;
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
cm = duration / 58;
Serial.print(cm);
Serial.println(" cm");
delay(100); }

```

1.8.3 Розробка програми зчитування даних інфрачервоного датчика

Напочатку програми зчитування даних з інфрачервоного датчику ініціалізуються виводи, до яких виконується підключення, та створюються змінні для них:

```

int digitalPin = 2;
int analogPin = A0;
int digitalVal;
int analogVal;

```

Встановлюється швидкість передачі:

```

void setup()
{ Serial.begin(9600); }

```

В циклі loop() виконується зчитування значення з аналогового виходу та виведення у порт, перевірка режиму цифрового виходу. При виникненні інфрачервоного спектру світла (зокрема, полум'я), датчик видає значення HIGH.

```

void loop()
{ analogVal = analogRead(analogPin);
Serial.println(analogVal);
digitalVal = digitalRead(digitalPin);
if(digitalVal == HIGH)
{ Serial.println("Fireeee");}

```

```
delay(500); }
```

1.8.4 Розробка програми зчитування даних датчика кольору

У програмі зчитування даних датчика кольору необхідно виконати також калібрування датчику (щоб навчити датчик розпізнавати певний колір або його відтінок). Для кожного кольору потрібно провести індивідуальні налаштування.

Спочатку необхідно виміряти частоти кольорів та записати ці дані. Необхідно реалізувати визначення трьох кольорів: синього, червоного і зеленого. Для того щоб збільшити їхню кількість, необхідно провести збір даних з кожного кольору індивідуально.

Напочатку програми ініціалізуються виводи, до яких виконується підключення:

```
#define S0 4  
#define S1 5  
#define S2 6  
#define S3 7  
#define sensorOut 8
```

Після цього створюються змінні для зберігання значень частоти зчитування фотодіодів та значень кольорів:

```
int redFrequency = 0;  
int greenFrequency = 0;  
int blueFrequency = 0;  
int redColor = 0;  
int greenColor = 0;  
int blueColor = 0;
```

У функції `setup()` проводяться налаштування виходів, встановлення `sensorOut` в якості входу та масштабування частоти на 20%, а також зв'язок з портом.

```
void setup()  
{ pinMode(S0, OUTPUT);  
  pinMode(S1, OUTPUT);
```

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

pinMode(S2, OUTPUT);
pinMode(S3, OUTPUT);
pinMode(sensorOut, INPUT);
digitalWrite(S0,HIGH);
digitalWrite(S1,LOW);
Serial.begin(9600); }

```

В циклі loop() проводиться налаштування фотодіодів з фільтром червоного кольору і зчитування вихідної частоти:

```

void loop() {
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);
redFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);

```

Призначання значення частоти червоного кольору від 0 до 255:

```
redColor = map(redFrequency, 70, 120, 255,0);
```

Виведення значення червоного кольору:

```

Serial.print("R = ");
Serial.print(redColor);
delay(100);

```

Налаштування фотодіодів з фільтром зеленого кольору:

```

digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,HIGH);

```

Зчитування вихідної частоти:

```
greenFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
```

Присвоювання значення частоти зеленого кольору від 0 до 255:

```
groundColor = map(greenFrequency, 100, 199, 255, 0);
```

Виведення значення зеленого кольору:

```

Serial.print(" G = "); Serial.print(greenColor);
delay(100);

```

Налаштування фотодіодів з фільтром синього кольору:

```
digitalWrite(S2,LOW);
```

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		52

digitalWrite(S3,HIGH);

Зчитування вихідної частоти:

blueFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);

Присвоювання значення частоти синього кольору від 0 до 255:

blueColor = map(blueFrequency, 38, 84, 255, 0);

Виведення значення синього кольору:

Serial.print(" B = ");

Serial.print(blueColor);

delay(100);

Виконання перевірки на визначення кольору та виведення повідомлень про неї:

if(redColor > greenColor && redColor > blueColor)

{ Serial.println(" - RED detected!"); }

if(greenColor > redColor && greenColor > blueColor)

{ Serial.println(" - GREEN detected!"); }

if(blueColor > redColor && blueColor > greenColor)

{ Serial.println(" - BLUE detected!"); }

Serial.println(" - GREEN detected!"); }

if(blueColor > redColor && blueColor > greenColor)

{ Serial.println(" - BLUE detected!"); }

1.9 Тестування передачі даних вимірювань у порт

Тестування передачі даних вимірювань до смартфона або ПК проводилось за допомогою вбудованих інструментів середовища розробки Arduino IDE. Для тестування роботи оптичної вимірювальної станції розроблено програму (скетч) мовою C++, яка виводить інформацію в послідовний порт, через який дані потрапляють на Bluetooth-адаптер.

На рис. 1.34 показано результати вимірювання датчиком відстані та освітленості в режимі використання датчика вимірювання відстані.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		53

Датчик вимірювання освітленості BH1750

Рівень освітленості: 105 236 [лк]

Відстань: 211[см]

Рівень освітленості: 504 458 [лк]

Відстань: 32[см]

Рівень освітленості: 312 086 [лк]

Відстань: 111[см]

Рівень освітленості: 253 605 [лк]

Відстань: 149[см]

Рівень освітленості: 170 856 [лк]

Відстань: 177[см]

Рівень освітленості: 106 458 [лк]

Відстань: 203[см]

Рівень освітленості: 102 785 [лк]

Відстань: 217[см]

Рівень освітленості: 101 067 [лк]

Відстань: 218[см]

Рівень освітленості: 291 074 [лк]

Відстань: 121[см]

Рівень освітленості: 241 702 [лк]

Відстань: 154[см]

Рівень освітленості: 145 687 [лк]

Відстань: 184[см]

Який датчик ви хочете використати?

- (1) Датчик ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A
- (2) Датчик визначення кольору APDS-9960
- (3) Датчик вимірювання відстані HY-SRF05

Рисунок 1.34. Результат вимірювання датчиком відстані та освітленості

2 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної роботи «Розробка цифрової оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino». Основна мета даного дипломного проекту є використання розробленого пристрою для контролю освітлення при виконанні фото- та відеозйомки, але сфери застосування приладу можуть бути значно ширшими: для контролю росту зелених рослин у теплиці, для виявлення пожежі

Даний вид проекту відноситься до науково-дослідницької розробки. Оцінка якості розробленого проекту включає визначення трудомісткості і вартості його створення. Розрахунок трудомісткості НДР здійснений в наступній послідовності:

1) Складений перелік всіх етапів і видів робіт, які необхідно виконати в ході даної НДР. Після узгодження з керівником проекту допущено виключення, доповнення, об'єднання окремих етапів і видів робіт;

2) По кожному виду робіт визначений кваліфікаційний рівень виконавців.. Розподіл робіт по етапах і видах виконавців вироблений формою, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Розподіл робіт по етапах і видах виконавців

Етап проведення НДР	Вигляд робіт	Посада виконавця
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1. Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «Розробка цифрової оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino».	Дипломник, керівник
Вибір напрямку дослідження	1. Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота. 2. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка. 3. Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки. 4. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник керівник
Теоретичні і експериментальні дослідження	1. Застосування приладів вимірювання освітленості 2. Вимірювання основних фотометричних величин 3. Аналіз існуючих приладів вимірювання освітленості 4. Розробка структури пристрою і розрахунок	Дипломник керівник консультанти

	параметрів 5.Вибір елементної бази та аналіз компонентів пристрою 6.Розробка схеми підключення компонентів пристрою 7.Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера 8.Тестування передачі даних вимірювань у порт	
Узагальнення і оцінка результатів досліджень	1. Узагальнення результатів попередніх етапів роботи. 2. Оцінка повноти вирішення поставлених завдань. 3. Складання і оформлення звіту. Розгляд результатів проведеною НДР і прийняття результатів в цілому.	Дипломник керівник консультанти

В умовах відсутності нормативної бази тривалість виконання окремих робіт розраховується на основі вірогідних оцінок робіт, що задаються виконавцями.

Таблиця 2.2 Очікувана трудомісткість робіт

Вигляд роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1. Складання і затвердження ТЗ для НДР «Розробка цифрової оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino»	3
2. Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота.	3
3. Формулювання можливих напрямів вирішення завдань, поставлених в технічному завданні НДР і їх порівняльна оцінка.	2
4. Вибір напряму проведення досліджень для подальшої розробки.	2
5. Застосування приладів вимірювання освітленості	3
6. Вимірювання основних фотометричних величин	1
7. Аналіз існуючих приладів вимірювання освітленості	4
8. Розробка структури пристрою і розрахунок параметрів	2
9.Вибір елементної бази та аналіз компонентів пристрою	1
10. Розробка програмного забезпечення для мікроконтролера	2
11. Тестування передачі даних вимірювань у порт	1
Всього:	24

Результатом виконання НДР є науково-технічна продукція, що є закінчені науково – дослідницькі роботи, виконані відповідно до вимог, передбачених договором, і прийнятими замовником. Розрахунок собівартості і ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, і деякі інші.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		56

1) Витрати на матеріали, купувальні комплектуючі, напівфабрикати визначають на основі розрахунку потреби в них за оптовими цінами, що діють і складають 177 грн.

2) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо притягнених до її виконання. Розмір основної зарплати встановлюється виходячи з чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, а також їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2023» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 січня 2023 року - 6700 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 40,46 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$\text{Зден} = \text{п.т.с.} * 8; \quad (2.1)$$

де п.т.с – погодинна тарифна ставка, грн.;

8 – тривалість робочого дня, год.

Зден дипломника = $40,46 * 8 = 323,68$ грн.

Зден керівника = $76,00 * 8 = 608$ грн.

Зден консультантів = $71,00 * 8 = 568$ грн.

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються в собівартість, приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Витрати на основну заробітну плату

Виконавець	Погодинна тарифна ставка, грн	Денна ставка, грн	Трудомісткість робочих днів	Сума основної зарплати, грн
Дипломник	40,46	323,68	24	7768,32
Керівник	76,00	608	1	608
Консультант по економічній частині	71,00	568	0,25	142
Консультант по охороні праці	71,00	568	0,25	142
Нормоконтроль	71,00	568	0,25	142
Всього (Зо)				8802,32

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		57

3) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках від основної і враховують виплати за час, що не пропрацював, встановлений законом. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-12% від основної заробітної плати.

$$Зд=12\%Зо; \quad (2.2)$$

$$Зд= 8802,32*0,12 = 1056,27 \text{ грн}$$

4) До складу собівартості НДР включаються податки, збори і інші обов'язкові платежі, встановлені системою оподаткування що діє. Сума до єдиного соціального внеску складає:

Відрахування до єдиного соціального внеску складає:

$$Зєсв=0,22*(Зо+Зд); \quad (2.3)$$

$$Зєсв=0,22*(8802,32+1056,27) = 2168,89 \text{ грн.}$$

5) До накладних витрат відносять витрати на управління і господарське обслуговування, що відноситься до всіх виконуваних НДР.. У наукових закладах накладні витрати складають 40 -120% від основної і додаткової заробітної плати.

$$Рнакл= (Зо+Зд)*0,6; \quad (2.4)$$

$$Рнакл= (8802,32+1056,27)* 0,8 = 7886,87 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому НДР за формою, приведеною в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Калькуляція планової собівартості

Статті витрат		Сума, грн.
1.	Матеріали	177,00
2.	Основна заробітна плата	8802,32
3.	Додаткова заробітна плата	1056,27
4.	Відрахування до єдиного соціального внеску	2168,89
5.	Накладні витрати	7886,87
Планова собівартість (Спл)		20091,35

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$\text{Ппл} = 0,1 * \text{Спл} = 0,1 * 20091,35 = 2009,13 \text{ грн} \quad (2.5)$$

Де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції.

Договірна ціна визначається по формулі:

$$\text{Цнір} = \text{Спл} + \text{Ппл} = 20091,35 + 2009,13 = 22100,48 \text{ грн} \quad (2.6)$$

Звідси ціна реалізації становить:

$$\text{Цр} = \text{Цнір} + \text{ПДВ}; \quad (2.7)$$

$$\text{Цр} = 22100,48 + 22100,48 * 0,2 = 26520,57 \text{ грн.}$$

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		59

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон України «Про охорони праці» – є одним із найважливіших законодавчих актів. Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює відносини між власником підприємства або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок охорони праці в Україні.

В дипломному проекті розглядається питання розробки цифрової оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino. Тому в даному розділі розглянемо вимоги безпеки виконання паяльних робіт та створення безпечних умов праці для працівників під час вказаних робіт.

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечні та шкідливі фактори на робочому місці виникають в результаті виробничої діяльності та виконання окремих технологічних операцій. Тому до них можна віднести наступні чинники: підвищений рівень шуму, несприятливі мікрокліматичні умови, недостатній рівень освітленості, шкідливі речовини, підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастот, висока напруга електричної мережі, статична електрика та інші.

3.2 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

Для працюючого треба створити санітарні умови, які б дали змогу йому плідно працювати, не перевтомлюючись та зберігати своє здоров'я. Ці умови створюються забезпеченням для працюючого зручного робочого місця чистого повітря, нормованої освітленості приміщення та робочого місця, захисту від шуму та вібрацій захисту від дії шкідливих речовин та випромінювань. Освітлення приміщень – комбіноване, природне та штучне. Воно повинно забезпечувати освітленість у робочій зоні 300 400 лк відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Джерела світла: загального – люмінесцентні лампи, місцевого – лампи денного світла.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		60

Велике значення має мікроклімат виробничого приміщення. У холодний і перехідний період року в зоні робочого місця температура повітря 18° – 20°С, відносна вологість 60 – 40%, швидкість руху повітря 0,2м/с. У теплий період року: температура 22 – 25°С, відносна вологість 60 – 40%, швидкість руху повітря 0,3 м/с. Ці умови у виробничому приміщенні забезпечуються механічною загальною обмінною вентиляцією.

Для зниження шуму приміщення оздоблюються легкими облицювальними звукопоглинальними матеріалами з відкритими пазами. З метою забезпечення безпеки клеми введення електроенергії до робочого місця повинні бути огорожені від випадкового дотику. Штепсельні роз'єми, а також закладення проводів та кабелів в електроінструментах повинні строго відповідати технічним вимогам. Підлога під ногами повинна бути сухою і ізольованою від металевих частин. Напруга місцевого освітлення, електропаяльників і тиглів повинна бути – 36 В, для пробників – 6 В.

3.3 Вимоги безпеки праці працівника

Паяння забезпечує з'єднання заготовок зі сталі, кольорових металів і їх сплавів, а також поєднань цих матеріалів. Найбільш широко паяння застосовується при виконанні електромонтажних робіт, при монтажі контрольно-вимірювальних приладів, радіо і електроприладів, а також інструментів, армованих пластинами твердого сплаву, і ряду інших робіт.

Основним інструментом для виконання паяних швів є паяльник. Залежно від способу нагріву робочої частини паяльника розрізняють паяльники періодичного нагріву, паяльники постійного нагріву з використанням газових або бензинових нагрівальних пристроїв і електричні паяльники, у яких робоча частина нагрівається електричним струмом.

Електричні паяльники отримали найбільш широке поширення завдяки високій надійності і простоті дії. Вони випускаються з двома типами робочої частини-прямі і кутові. Очищення носка таких паяльників від оксидів здійснюють відповідним застосовуваному припою флюсом.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		61

Працювати ручними електричними інструментами дозволяється тільки при заземленому корпусі їх, в гумових рукавичках і калошах або стоячи на ізольованій поверхні (гумовому килимку або сухому дерев'яному щитку). Усі струмопровідні частини електричних інструментів повинні бути закриті і недоступні для дотику. Провід до електричних інструментів повинен бути надійно ізольований і додатково захищений від пошкоджень суцільний гумовою трубкою. На кінці дроту повинна бути вилка з заземлюючим контактом. Використовувати несправний електроінструмент заборонено.

Допускається використання електричних паяльників на 220 В, якщо підключення їх до напруги походить від розділового трансформатора або через прилад захисного відключення.

Паяльник в робочому стані повинен постійно знаходитися в зоні дії витяжки. Струшувати припій під час паяння не можна, його надлишки знімаються на спеціальній підставці. При коротких перервах в роботі електропаяльник кладуть на підставку з металевими скобами. У приміщенні, де проходить пайка, не можна приймати їжу. При виконанні монтажних робіт використовуються паяльники, які підключено до напруги не вище 42 В.

3.4 Правила безпеки праці при паянні

- Забороняється користуватися несправними інструментами і пристосуваннями;
- Забороняється торкатися до нагрітих частин інструменту паяння;
- Не можна нахилитися близько до місця паяння;
- Роботу слід виконувати під витяжним ковпаком;
- Для утримування спаюється вироби необхідно використовувати плоскогубці або ковальські щипці;
- Слід ретельно мити руки з милом після закінчення робіт.

Під час проведення паяльних робіт в кімнаті не повинні бути сторонні особи. Робоче місце повинне бути звільнене від інших деталей та матеріалі. Підставка під паяльник повинна бути промислового виробництва та зроблена з

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		62

негорючого матеріалу. Пайку проводити не довше 5 хв., після чого відкрити вікно та вийти з кімнати до повного провітрювання.

Перед початком роботи необхідно упорядкувати робочий одяг, уважно оглянути робоче місце, забрати всі предмети, що заважають роботі. Переконайтеся в тому, що робоче місце достатньо освітлене і світло не буде сліпити очі.

Паяльник, робочий інструмент та деталі розташувати в зручному і безпечному для користування порядку, переконайтеся в тому, що паяльник та робочий інструмент, пристосування й засоби індивідуального захисту справні і відповідають вимогам охорони праці.

3.5 Пожежна безпека

Пожежі на промислових підприємствах виникають здебільшого від несправності технологічного обладнання, електроустановок, контрольно-вимірювальних приладів, необережного поводження з вогнем обслуговуючого персоналу та порушення правил пожежної безпеки під час проведення вогневих робіт, до яких відносяться і паяльні роботи.

У всіх приміщеннях на видних місцях біля телефонів мають бути розміщені таблички із зазначенням номера телефону для виклику пожежно-рятувальної служби. Якщо на поверсі працюють більше 25 осіб одночасно, то варто розробити та вивісити на видних місцях плани евакуації людей на випадок пожежі. Якщо ж на одному поверсі – більше 50 осіб, то крім схематичного плану евакуації має бути розроблена інструкція, що визначає дії персоналу задля безпечної та швидкої евакуації.

Місце проведення вогнебезпечних робіт необхідно забезпечити первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, азбестовим полотном, ящиком з піском ємністю 0,5 м³, двома лопатами, відром із водою). Залежно від місця проведення робіт очистити місце проведення вогневих робіт від горючих речовин та матеріалів залежно від висоти, на якій проводяться роботи.

В будівлях пожежні крани встановлюють в коридорах, на майданчиках сходових кліток. Кожний пожежний кран укомплектований пожежним рукавом і

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		63

розміщений у відповідних ящиках, які знаходяться на висоті 1.35 м від полу.

Вогнегасники розташовують на видних місцях, на висоті не більше як 1,5 м від полу. Будівлі укомплектовані пожежними щитами з набором інструментів, біля щитів – бочки з водою, ящики з піском.



Рисунок 3.1. Основні засоби пожежогасіння

Виробничі будівлі мають запасні виходи. Двері повинні мати освітлений надпис «Запасний вихід». План евакуації вивішується на видному місці у основного виходу із приміщення.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

64

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту виконано розробку оптичної вимірювальної станції з можливістю визначення освітленості предметів, рівня інфрачервоного випромінювання та кольорів в залежності від відстані на платформі Arduino UNO R3. У приладі встановлені датчики освітленості, інфрачервоного випромінювання, датчик кольору, ультразвуковий датчик вимірювання відстані, а дані передаються на смартфон або комп'ютер по бездротовому каналу Bluetooth за допомогою адаптера. Передбачено сенсорне увімкнення та вимкнення окремих датчиків. Результати вимірювання надходять за бездротовим інтерфейсом Bluetooth до ПК або смартфона, де можуть використовуватись для подальшого аналізу за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Моделювання оптичної системи створеного пристрою проводилось у спеціалізованому програмному застосунку Zemax, для чого задався радіус кривизни оптичних поверхонь, відстань між оптичними поверхнями, оптичний матеріал. Діаметр вхідної зіниці для оптичної системи склав 20 мм, відповідно розраховано освітленість на площадці фотоприймача. Виконано розробку електричних схем підключення та програмного забезпечення мікроконтролера Arduino, моделювання роботи оптичної вимірювальної станції у віртуальному середовищі Tinkercad. Проведено фізичне підключення елементів схеми та перевірка роботи оптичної вимірювальної станції наживо, калібрування сенсорів.

У даному проекті передбачено використання розробленого пристрою для контролю освітлення при виконанні фото- та відеозйомки, але сфери застосування приладу можуть бути значно ширшими: для контролю росту зелених рослин у теплиці, для виявлення пожежі. Прилади вимірювання освітленості доцільно також застосовувати для проведення процедур у сфері охорони праці, у сфері сільського господарства, де необхідно використовувати методи неруйнівного контролю. Однак розробка відповідного програмного забезпечення не була метою даного проекту і може бути виконана у наступних кроках.

					КС 56. 11 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		65

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Саймон Монк Программируем Arduino. Основы работы со скетчами. СПб.: Питер, 2017.
2. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.: ил.
3. Джереми Блум Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016.
4. Улли Соммер Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. – СПб.: БХВ Петербург, 2012.
5. Прилади для визначення рівня освітленості і методика його визначення. – Електронний ресурс: <https://remzhuk.ru/uk/pribor-ispolzuemyi-dlya-izmereniya-osveshcheniya-lyuksmetr-pribor-dlya-izmereniya/>
6. Home Automation history.
Електронний ресурс: http://en.wikipedia.org/wiki/Home_automation#History
7. Arduino Wiki.
Електронний ресурс: <https://arduino-info.wikispaces.com/MegaQuickRef>
8. Arduino – Home. Електронний ресурс: www.arduino.cc
9. HiLink Co, Ltd HLK-RM04 chip.
Електронний ресурс: http://www.hlktech.net/product_detail.php?ProId=39
10. Android Developers.
Електронний ресурс: <http://developer.android.com/index.html>
11. Arduino and Android through Wi-Fi.
Електронний ресурс: <http://electronics.stackexchange.com/questions/56633/simplest-way-to-connect-anrduino-to-android-wirelessly>
12. Speech Recognition by HowStuffWorks.
Електронний ресурс: <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/speech-recognition1.htm>
13. Arduino pinouts.
Електронний ресурс: <https://arduino-info.wikispaces.com/MegaQuickRef>

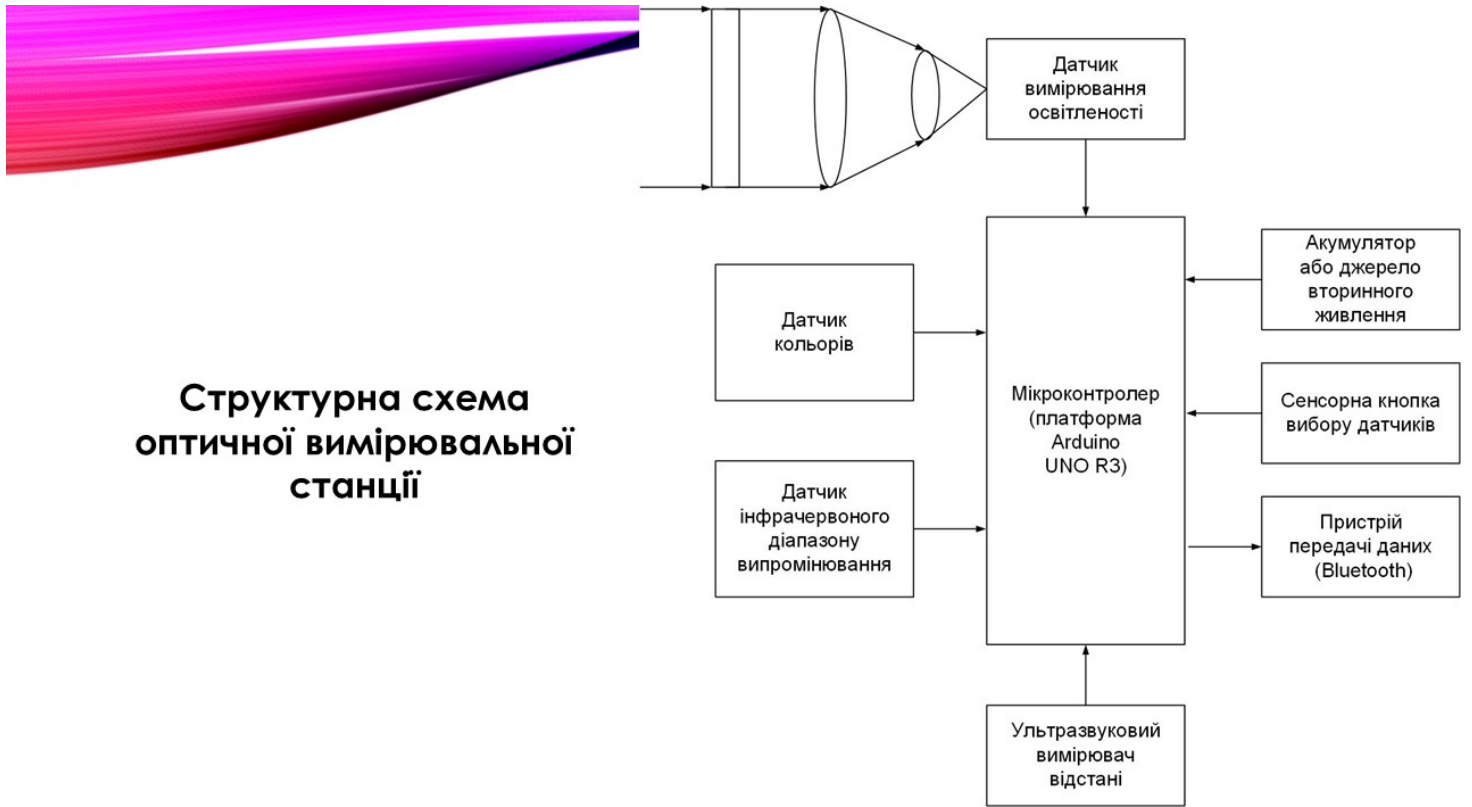
ДОДАТОК А. Код скетчів для мікроконтролера Arduino мовою C++

```
#include "Wire.h"
#include "BH1750.h"
void setup()
{ Serial.begin(9600);
  lightMeter.begin(); }
void loop()
{ uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel();
  Serial.print("Light: ");
  Serial.print(lux);
  Serial.println(" lx");
  delay(500); }
int echoPin = 2;
int trigPin = 3;
void setup()
{ Serial.begin (9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT); }
void loop()
{ int duration, cm;
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  cm = duration / 58;
  Serial.print(cm);
  Serial.println(" cm");
  delay(100); }
int digitalPin = 2;
int analogPin = A0;
int digitalVal;
int analogVal;
void setup()
{ Serial.begin(9600); }
void loop()
```

```
{ analogVal = analogRead(analogPin);
Serial.println(analogVal);
digitalVal = digitalRead(digitalPin);
if(digitalVal == HIGH)
{ Serial.println("Fireeee");}
delay(500); }
#define S0 4
#define S1 5
#define S2 6
#define S3 7
#define sensorOut 8
int redFrequency = 0;
int greenFrequency = 0;
int blueFrequency = 0;
int redColor = 0;
int greenColor = 0;
int blueColor = 0;
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); }
void loop() {
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,LOW);
redFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
redColor = map(redFrequency, 70, 120, 255,0);
Serial.print("R = ");
Serial.print(redColor);
delay(100);
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,HIGH);
```

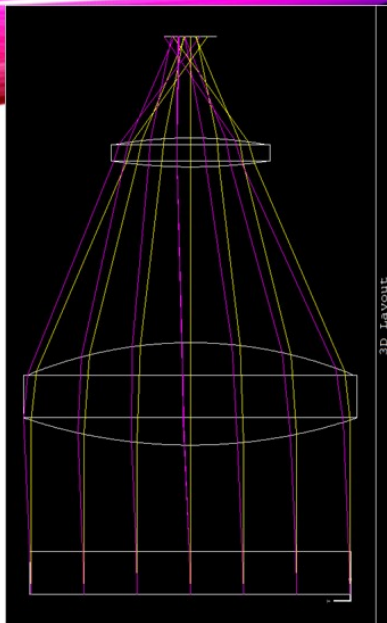
```
greenFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
greenColor = map(greenFrequency, 100, 199, 255, 0);
Serial.print(" G = "); Serial.print(greenColor);
delay(100);
digitalWrite(S2,LOW);
digitalWrite(S3,HIGH);
blueFrequency = pulseIn(sensorOut, LOW);
blueColor = map(blueFrequency, 38, 84, 255, 0);
Serial.print(" B = ");
Serial.print(blueColor);
delay(100);
if(redColor > greenColor && redColor > blueColor)
{ Serial.println(" - RED detected!"); }
if(greenColor > redColor && greenColor > blueColor)
{ Serial.println(" - GREEN detected!"); }
if(blueColor > redColor && blueColor > greenColor)
{ Serial.println(" - BLUE detected!"); } }
Serial.println(" - GREEN detected!"); }
if(blueColor > redColor && blueColor > greenColor)
{ Serial.println(" - BLUE detected!"); } }
```

Слайди мультимедійної презентації

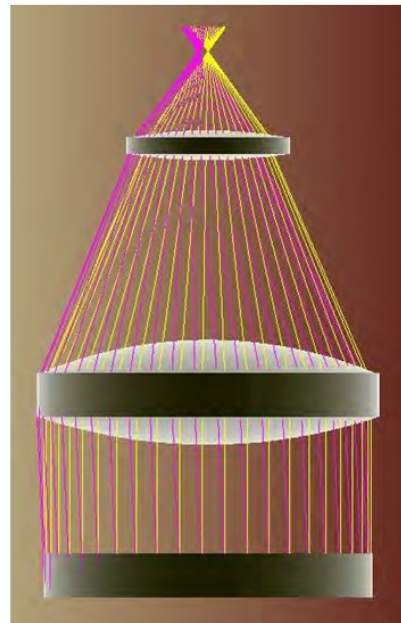


Таблиця результатів моделювання конструктивних параметрів оптичної системи у Zemax

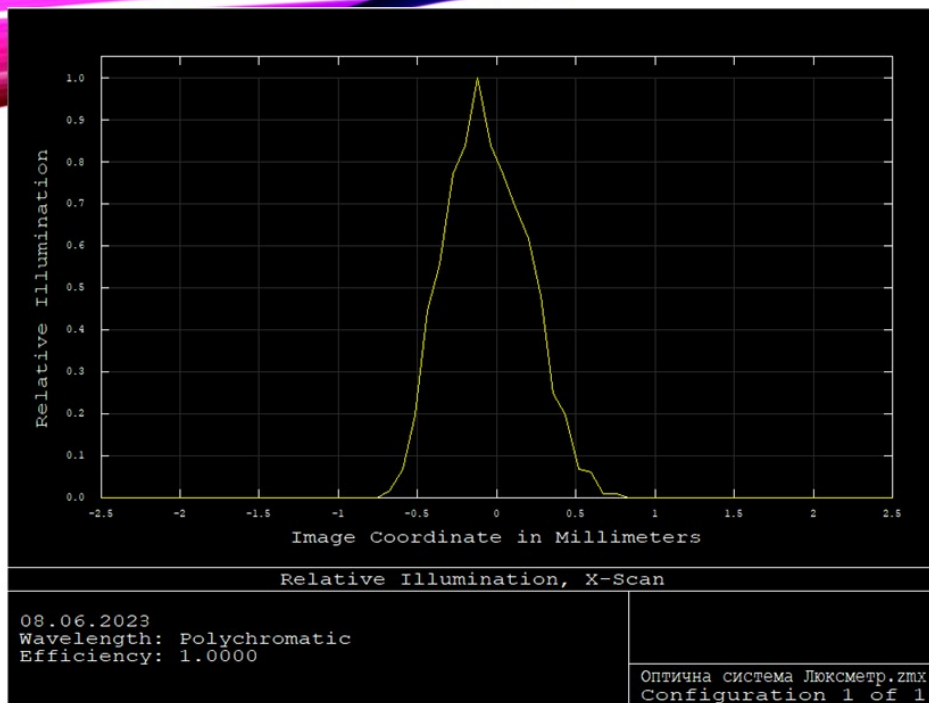
Surf.Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic
OBJ	Standard	Infinity	Infinity	V	Infinity	0.000
STO	Standard	Infinity	2.000	V LZ_KS	7.500	0.000
2	Standard	Infinity	5.000	V	7.558	0.000
3	Standard	24.535	V 4.805	V LZ_KS	7.832	0.000
4	Standard	-20.132	V 8.246	V	7.663	0.000
5	Standard	24.590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

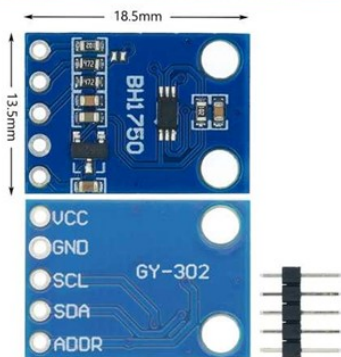
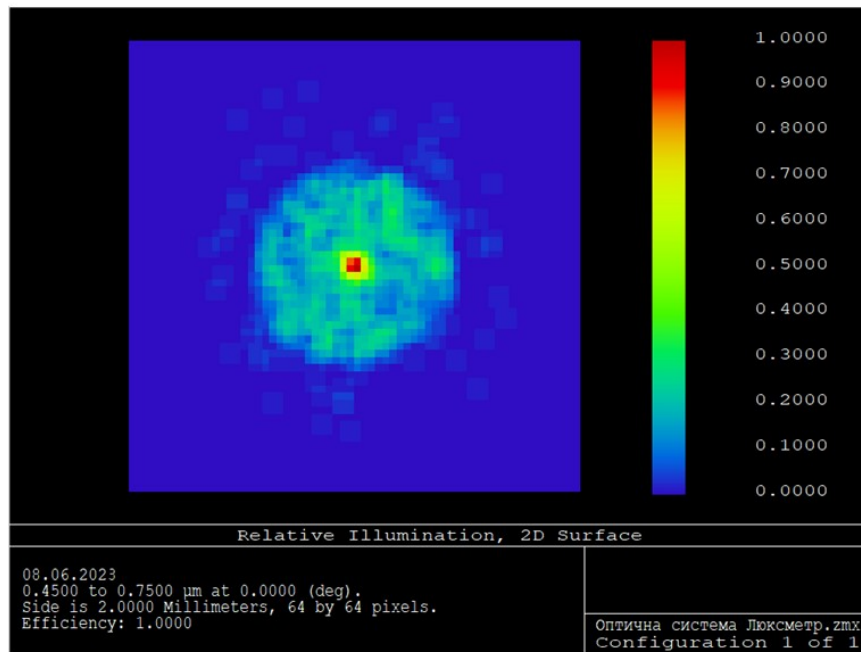


Візуалізація тіньової моделі оптичної системи у Zemax



Візуалізація функції Illumination XY Scan у Zemax

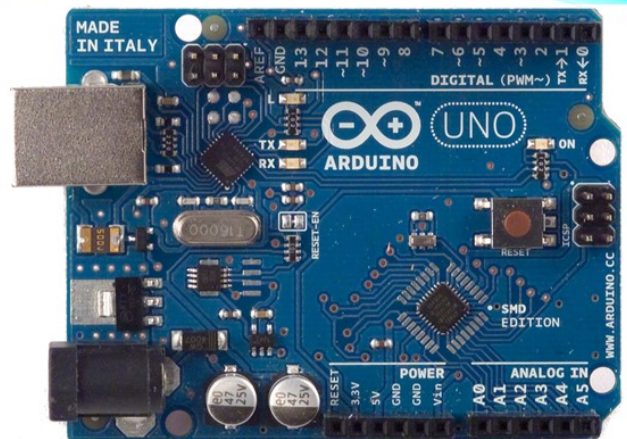
Візуалізація функції Illumination 2D Surface у Zemax



Датчик вимірювання освітленості BH1750



Датчик вимірювання відстані HY-SRF05



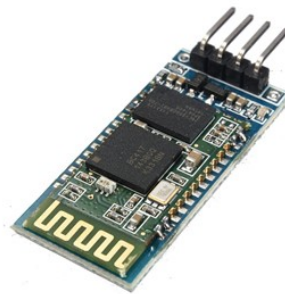
Зовнішній вигляд плати Arduino UNO R3



**Датчик вимірювання
ІЧ-випромінювання
Aisin KY-026A**



**Датчик визначення
кольору APDS-9960**



**Bluetooth-модуль
SPP-C SPPC**



**Датчик дотику
TP223B**

BH1750	Arduino UNO R3
VCC	5 V
GND	GND
SCL	SCL
SDA	SDA
ADDR	-

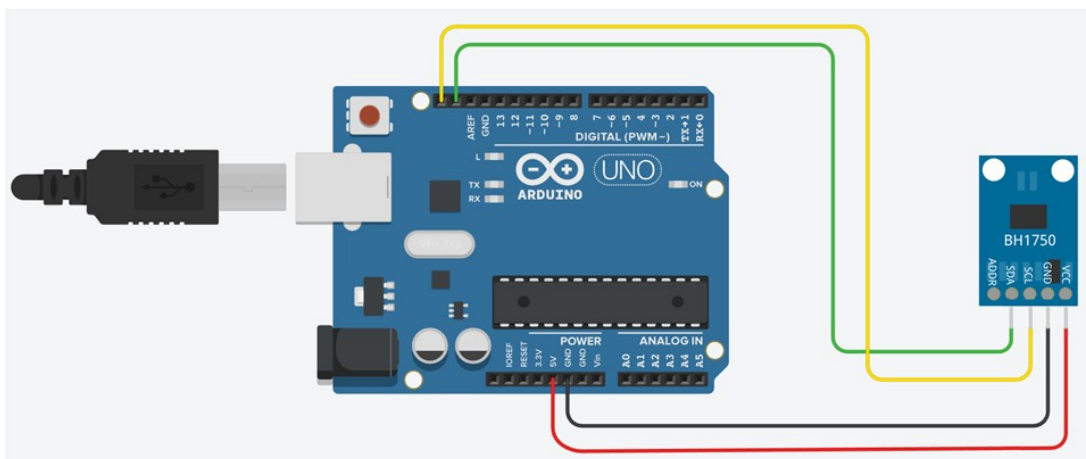


Схема підключення датчика BH1750 до плати Arduino UNO R3

HY-SRF05	Arduino UNO R3
VCC	5 V
TRIG	D3
ECHO	D2
GND	GND

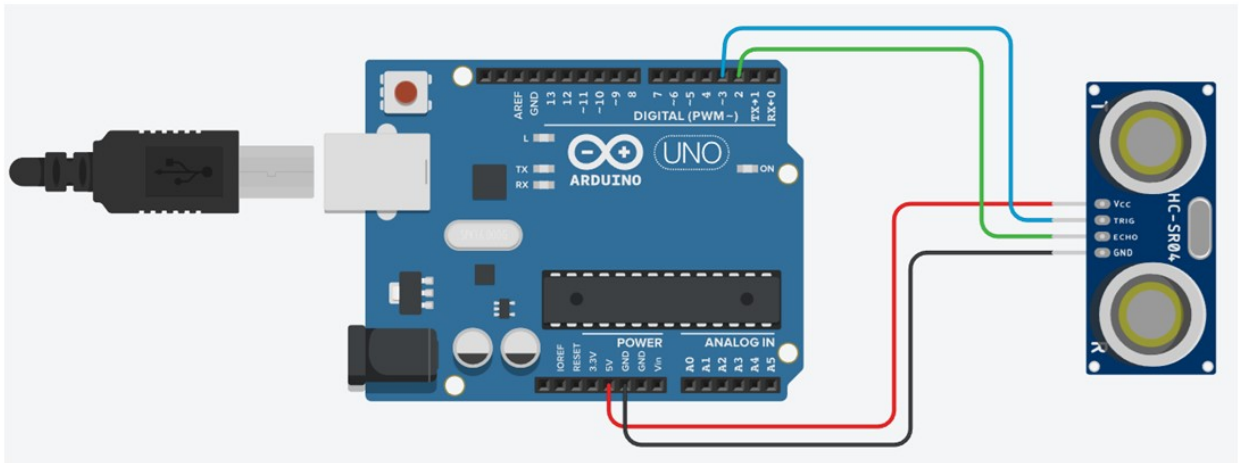


Схема підключення датчика HY-SRF05 до плати Arduino UNO R3

KY-026A	Arduino UNO R3
VCC	5 V
Digital	D2
Analog	A0
GND	GND

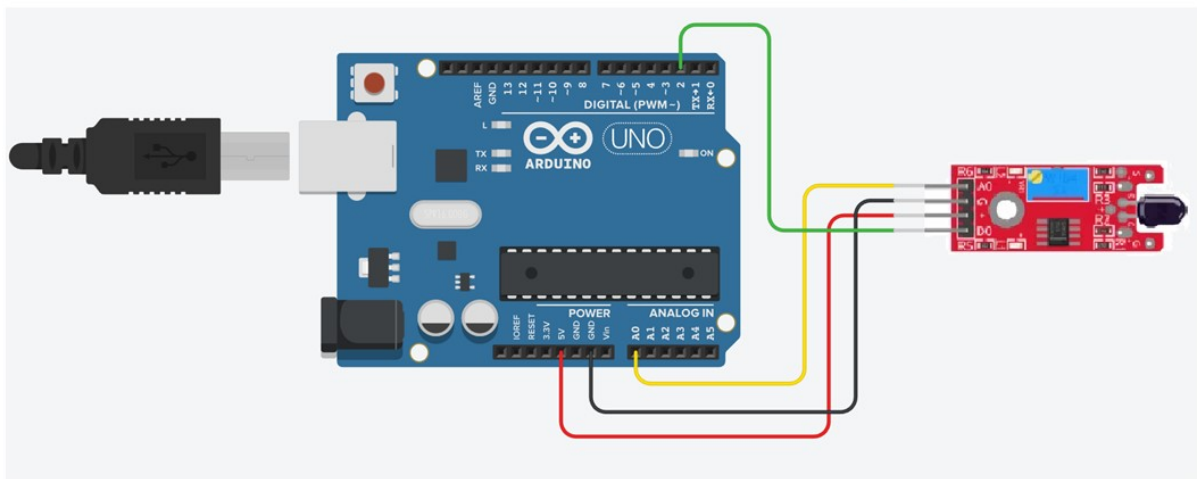
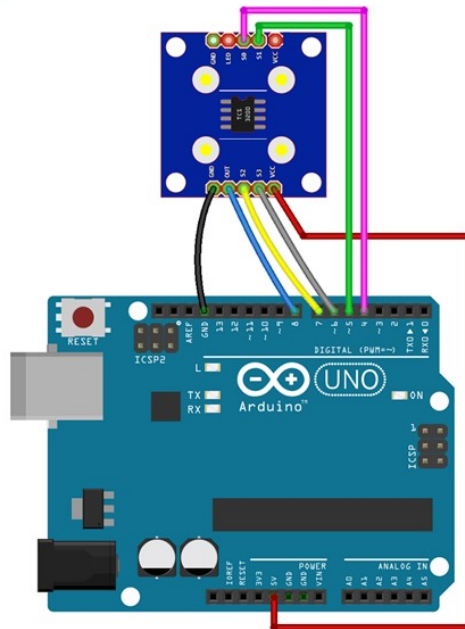


Схема підключення датчика KY-026A до плати Arduino UNO R3

APDS-9960	Arduino UNO R3
VCC	5 V
GND	GND
OUT	D8
OE	D3
S0	D4
S1	D5
S2	D6
S3	D7



Тип фотодіода	S2	S3
Червоний	LOW	LOW
Синій	LOW	HIGH
Без фільтра (чистий)	HIGH	LOW
Зелений	HIGH	LOW
Масштабування частоти	S0	S1
Відключення	LOW	LOW
2%	LOW	HIGH
20%	HIGH	LOW
100%	HIGH	HIGH

Схема підключення датчика кольорів APDS-9960 до плати Arduino UNO R3

SPP-C SPPC	Arduino UNO R3
VCC	5 V
RXD	TXD
TXD	RXD
GND	GND

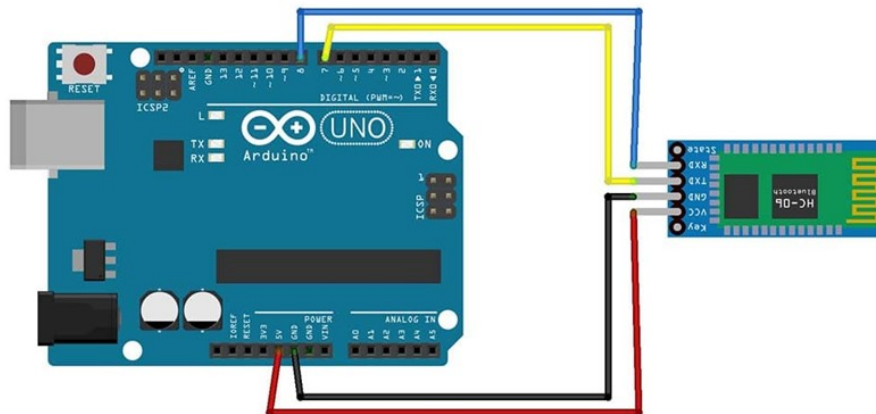
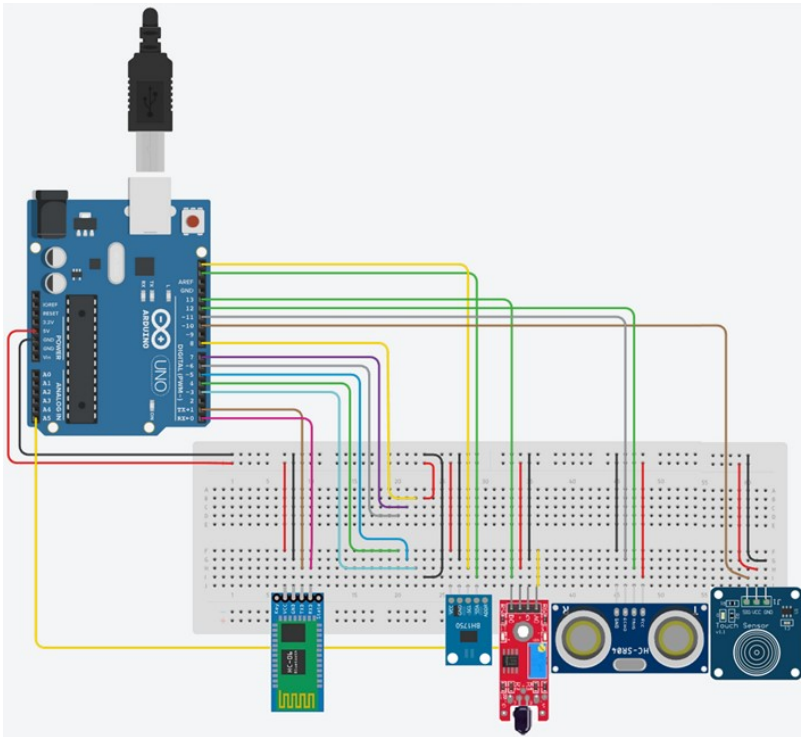
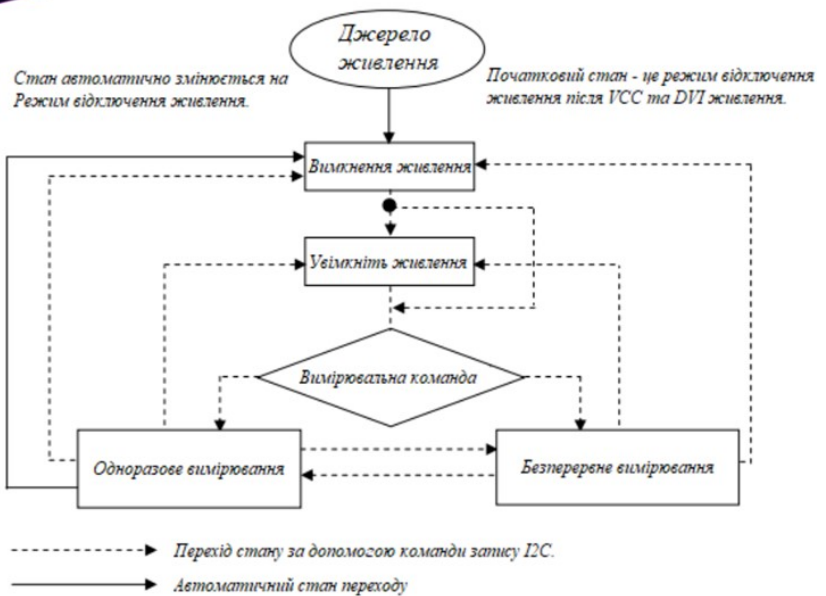


Схема підключення датчика SPP-C SPPC до плати Arduino UNO R3



Порти підключення Arduino UNO R3	Контакти зовнішніх модулів
Датчик вимірювання освітленості BH1750	
5V	VCC
GND	GND
SCL	SCL
SDA	SDA
-	ADDR
Датчик вимірювання відстані HY-SRF05	
5V	VCC
D12	TRIG
D11	ECHO
GND	GND
Датчик ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A	
5V	VCC
D13	Digital
A5	Analog
GND	GND
Датчик визначення кольору APDS-9960	
5V	VCC
GND	GND
D7	OUT
D6	OE
D2	S0
D3	S1
D4	S2
D5	S3
Bluetooth-модуль SPP-C SPPC	
5V	VCC
TXD	RXD
RXD	TXD
GND	GND
Датчик дотику TTP223B	
5V	VCC
D10	I/O
GND	GND

Схема підключення компонентів оптичної вимірювальної станції та моделювання у Tinkercad



Алгоритм вибору режимів вимірювань для мікроконтролера

Датчик вимірювання освітленості BH1750

Рівень освітленості: 105 236 [лк]

Відстань: 211[см]

Рівень освітленості: 504 458 [лк]

Відстань: 32[см]

Рівень освітленості: 312 086 [лк]

Відстань: 111[см]

Рівень освітленості: 253 605 [лк]

Відстань: 149[см]

Рівень освітленості: 170 856 [лк]

Відстань: 177[см]

Рівень освітленості: 106 458 [лк]

Відстань: 203[см]

Рівень освітленості: 102 785 [лк]

Відстань: 217[см]

Рівень освітленості: 101 067 [лк]

Відстань: 218[см]

Рівень освітленості: 291 074 [лк]

Відстань: 121[см]

Рівень освітленості: 241 702 [лк]

Відстань: 154[см]

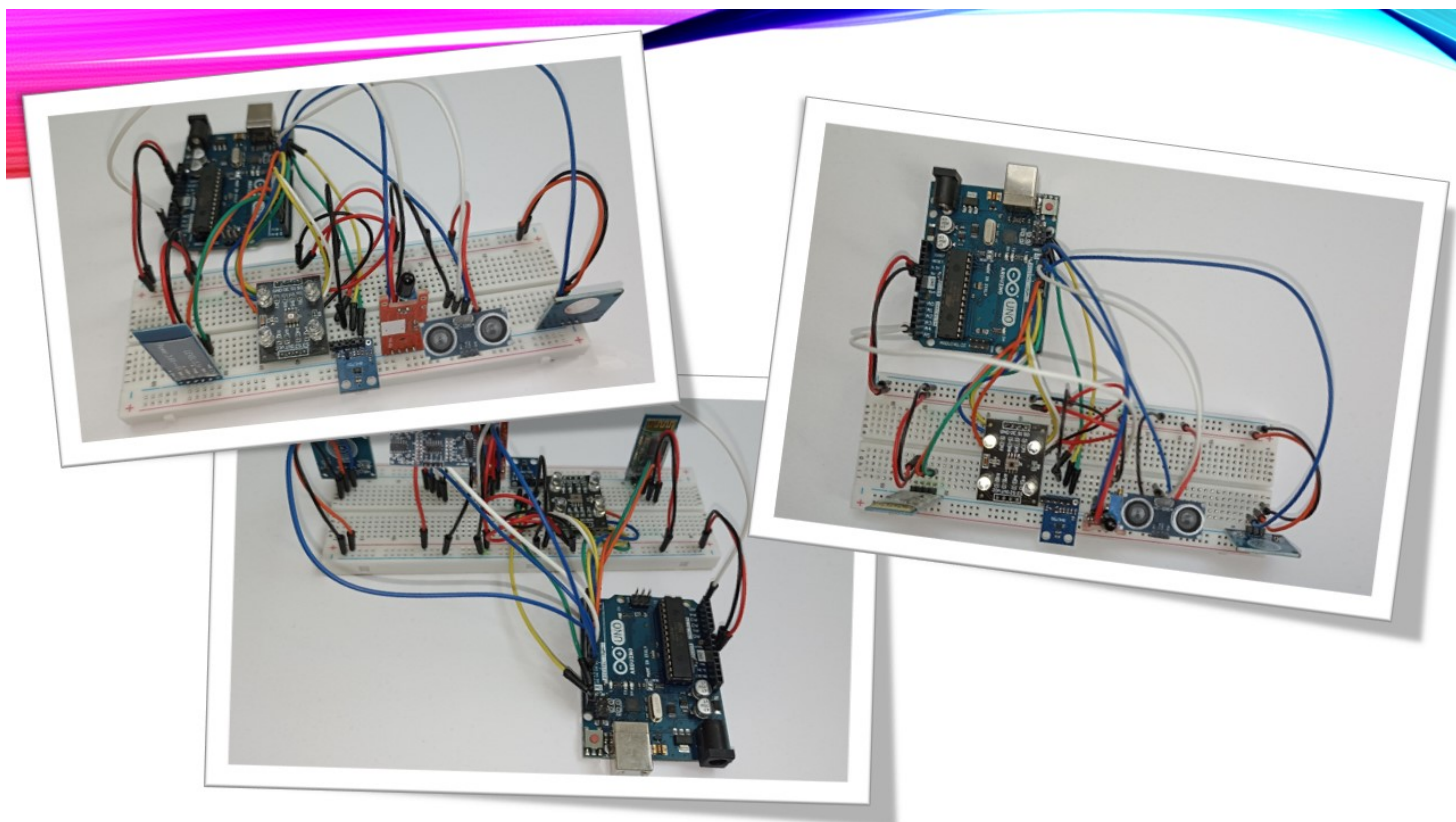
Рівень освітленості: 145 687 [лк]

Відстань: 184[см]

Результат вимірювання датчиком відстані та освітленості (отримані дані з порту по Bluetooth)

Який датчик ви хочете використати?

- (1) Датчик ІЧ-випромінювання Aisin KY-026A
- (2) Датчик визначення кольору APDS-9960
- (3) Датчик вимірювання відстані HY-SRF05



ВІДГУК

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

Круглова Артема Андрійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка містить 78 сторінок. У пояснювальній записці наведено використання розробленого пристрою для контролю освітлення при виконанні фото- та відеозйомки. 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 Круглова А.А. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи студент виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Круглов А.А. 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 Круглов А.А. 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 оптичної вимірювальної станції у
віртуальному середовищі Tinkercad.

Оцінка розрахункової частини _____ Відмінно
Оцінка графічної частини _____ Відмінно
Загальна оцінка _____ Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту _____
Стайкуца Сергій Володимирович

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту _____
“Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку”,
доцент кафедри кібербезпеки та технічного захисту інформації,
помічник декана факультету інформаційних технологій та кібербезпеки

Підпис _____ 

« 16 » серпня 2023 р.



РЕЦЕНЗІЯ

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

Круглова Артема Андрійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Стайкуца Сергій Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 78 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 17 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню Представлений на рецензію дипломний проект повністю відповідає меті проектування та технічному завданню. Тематика дипломного проекту є актуальною та присвячена розробки використання розробленого пристрою для контролю освітлення при виконанні фото- та відеозйомки.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи) Дипломний проект складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел. У технологічному розділі виконано огляд і аналіз технічного завдання та загальна концепція розробки, вимірювання основних фотометричних величин, вибір елементної бази та аналіз компонентів пристрою, розробка схеми підключення компонентів пристрою, розробка програмного забезпечення для мікроконтролера, тестування передачі даних вимірювань у порт.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту (роботи) Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word. Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі не виявлено

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) _____

У даному проекті передбачено використання розробленого пристрою для контролю освітлення при виконанні фото- та відеозйомки, але сфери застосування приладу можуть бути значно ширшими: для контролю росту зелених рослин у теплиці, для виявлення пожежі.

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) _____

Серед недоліків роботи варто вказати, відсутність посилань на перелік використаних джерел та недостатньо розглянута комунікація пристрою зі смартфоном.

Оцінка розрахункової частини _____ відмінно

Оцінка графічної частини _____ відмінно

Загальна оцінка _____ відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента _____

Місце роботи і посада рецензента _____ Сідень Сергій Віталійович,

“Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку”,

к.т.н, в.о. зав. каф. радіоелектронних систем і технологій

Підпис: _____

« 16 » серпня 2023 р.

ПІДПИС ПОСВІАЧУЮ
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ
КАДРІВ ДУІТЗ



**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Круглов Артем Андрійович,
здобувач освіти гр. 4КС-56, та

Стайкуца Сергій В'ячеславович,
керівник дипломного проекту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи молодшого спеціаліста на тему:

«Розробка цифрової оптичної вимірювальної станції на базі платформи Arduino» (автор роботи – Круглов А.А., керівник роботи – Стайкуца С.В.)

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2023 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 _____  / Круглов А.А. /

Керівник _____  / Стайкуца С.В. /

«12» червня 2023 р.

Ім'я користувача:
Наталія Вікторівна Копусь

ID перевірки:
1015452596

Дата перевірки:
06.06.2023 11:32:48 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
06.06.2023 11:35:59 EEST

ID користувача:
100011688

Назва документа: 4КС-56 Круглов А.А

Кількість сторінок: 60 Кількість слів: 10450 Кількість символів: 75928 Розмір файлу: 3.18 MB ID файлу: 1015112166

24.7% Схожість

Найбільша схожість: 7.98% з Інтернет-джерелом (https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34567/1/Petrenko_bakalavr.pdf).

24.7% Джерела з Інтернету

763

Сторінка 62

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

202