

УДК 621.397:535.65

Є. М. СНІЖКО – к.т.н, доцент, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, kef.dnu@gmail.com

М. М. МІЛИХ – к.т.н, доцент, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, kef.dnu@gmail.com

М. П. МОЦНИЙ – к.б.н, доцент, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, kef.dnu@gmail.com

Д. В. ЧЕРНЕТЧЕНКО – асистент, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, kef.dnu@gmail.com

МОБІЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОЛЬОРОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ

Вступ

Для життєдіяльності людини показники освітленості є дуже важливим аспектом, оскільки сприйняття світу для людського зору пов'язане саме зі світлом. Раціональне освітлення приміщень і робочих місць – один найважливіших елементів сприятливих умов праці. При правильному освітленні підвищується продуктивність праці, поліпшуються умови безпеки, знижується стомлюваність.

Отже, якісне освітлення промислових підприємств має велике значення для забезпечення нормальних умов праці: покращує умови зорової роботи, знижує втому, підвищує безпеку, а також сприяє підвищенню продуктивності праці.

Якість освітлення визначається не тільки інтенсивністю, але й спектральними характеристиками джерела, які впливають на визначення кольорів об'єктів. Такі характеристики важливі на транспорті, в поліграфії та багатьох інших галузях [1, 2].

Сьогодні датчики кольору використовуються для кольорових замірів, контролю і управління кольором в промисловій автоматичній, побутовій техніці, текстильній промисловості, світлодіодному підсвічуванні, для зміни кольору в портативному медичному обладнанні й діагностичній апаратурі. Тому створення аналізатора кольору з використанням сучасних датчиків та обробкою результатів на мобільному пристрої є актуальною задачею.

Огляд існуючих методів аналізу кольору

Розрізнення кольору - це здатність зорового органу людини відрізнити випромінювання хвиль однієї довжини від іншої.

Винятковою є спроможність людини у такому невеликому діапазоні довжин хвиль розрізнити неймовірно велику кількість кольорів та відтінків (приблизно 10 мільйонів). Зрозуміло, що тільки маленька їх частка отримала назви. При визначенні кольорових характеристик слід враховувати зв'язок між видимим кольором та відповідною зоною спектра (табл. 1).

Коли біле світло проходить крізь розчин, у якому хвилі світла різної довжини по-різному поглинаються, розчин забарвлюється, і колір цього забарвлення є доповнюючим до кольору поглинутого світла. Істинний розчин відзначається тим, що трати на розсіювання в ньому дуже малі і послаблення світла відбувається, головним чином, за рахунок поглинання (адсорбції) світлової енергії барвником згідно закону Бугера-Ламберта.

Існують різні кольорові моделі (СМУК, HSB, LAB), але для генерації кольорового світла найчастіше використовують RGB модель, яка відповідає анатомії органу зору людини.

Для дослідження кольорових характеристик використовуються спектрофотометри, які містять елементи розкладу спектра

на складові (диференційні ґратки або скляні призми). Такі прилади є досить складними в експлуатації. Тому розробляються датчики кольору на основі матриць фотосенсорів із каліброваними світлофільтрами, які дозволяють створити компактні та прості в експлуатації прилади для проведення вимірів кольору, а в поєднанні з сучасними мікроконтролерами та блоками радіозв'язку також дозволяють проводити дистанційні вимірювання з передачею результатів у реальному часі.

Постановка задачі

Метою роботи було створення мобільного приладу для вимірювання кольорових характеристик як джерел світла, так і інших об'єктів при освітленні білим світлом.

Інформація з датчика зчитується мікроконтролером та через модуль радіозв'язку Bluetooth передається на мобільний пристрій (смартфон або планшет) для обробки, візуалізації та зберігання [3–7].

Основні результати

Розроблений прилад складається з двох частин: модуля вимірювання та мобільного комп'ютера з операційною системою Android.

Чутливим елементом такого приладу є датчик кольору TCS230, який містить чотири фотодіоди (рис. 1). Три фотодіоди закриті кольоровими світлофільтрами для виділення відповідних спектральних зон, четвертий фотодіод без фільтра призначений для вимірювання інтегральної освітленості. Крім того, датчик має чотири білі світлодіоди для визначення кольорових характеристик об'єктів, які не світяться. В одній модифікації датчика передбачено зовнішнє управління світлодіодами, в іншій таке управління відсутнє.

Датчик має вбудований цифровий інтерфейс, що значно підвищує завадостійкість та спрощує підключення до мікроконтролерів (рис. 2). Інтенсивність освітлення ко-

дується частотою вихідних імпульсів, діапазон частот і точність вимірювань можна вибирати сигналами S0, S1, а фотосенсор вибирається сигналами S2, S3.

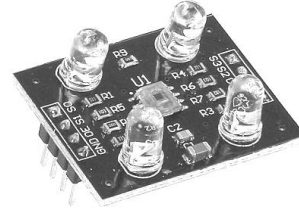


Рис. 1. Загальний вид датчика кольору

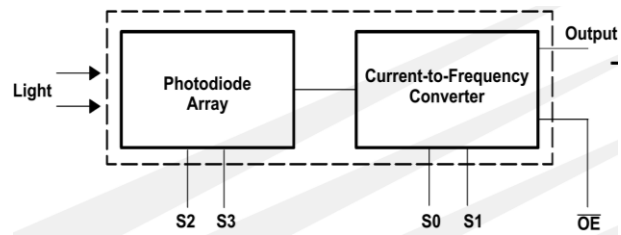


Рис. 2. Структурна схема датчика кольору

Таблиця 1

Кольори видимого випромінювання

Довжина хвилі, нм	Колір	Доповнюючий колір
400-465	Фіолетовий	Жовто-зелений
465-482	Блакитний	Жовтий
482-487	Зеленкувато-блакитний	Жовтогарячий
487-493	Синьо-зелений	Жовтогаряче-червоний
491-498	Блакитно-зелений	Червоний
498-530	Зелений	Пурпурово-зелений
530-559	Жовтувато-зелений	Пурпурово-червонуватий
559-571	Жовто-зелений	Пурпуровий
571-576	Зеленкувато-жовтий	Фіолетовий
576-580	Жовтий	Блакитний
580-587	Жовтувато-жовтогарячий	Блакитний
587-597	Жовтогарячий	Зеленкувато-блакитний
597-617	Червонувато-жовтогарячий	Синьо-зелений
617-780	Червоний	Синьо-зелений

Кольорові фільтри дозволяють розділити світлові потоки у відповідних спектральних зонах (рис. 3), а дані про загальну освітленість дозволяють визначити нормовані характеристики.

Для отримання первинних даних від датчика використано мікроконтролер AVR ATmega 328, до якого також підключено модуль передачі даних HC-06 [8–10].

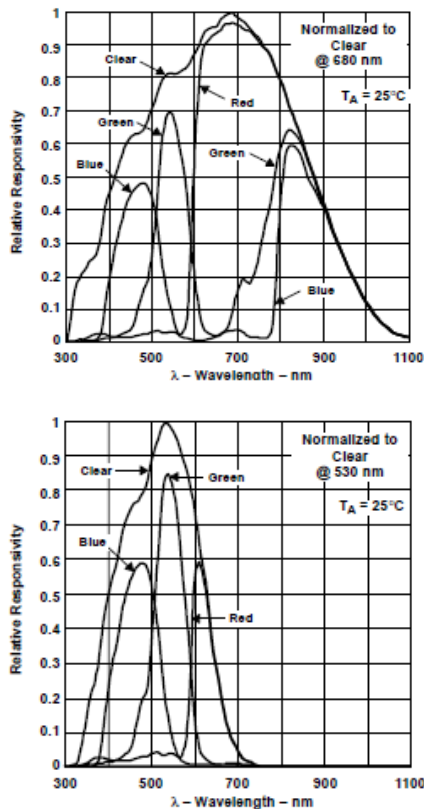


Рис.3. Спектральні характеристики каналів датчика TCS230

Для програмування мікроконтролера використано інтегроване середовище розробки (IDE) Arduino, до якого додані спеціалізовані бібліотеки роботи з датчиками TCS230. Опитування всіх фотодіодів виконується циклічно, потім виконується передача цих даних через радіоканал на мобільний пристрій. Модуль підключено до комунікаційних ліній передачі та прийому даних мікроконтролера. Для передачі даних можуть бути використані асиметричний (721 кбіт/с в одному напрямку і 57,6 кбіт/с в іншому) та симетричний (432,6 кбіт/с в

обох напрямках) методи. Працюючи на частоті 2,4 ГГц, модуль дає змогу встановлювати зв'язок у межах 10 метрів.

Для розробки програм, які виконуються на мобільних пристроях, використано IDE Android Studio для платформи Android. Середовище побудоване на базі програмного середовища IntelliJ IDEA Community Edition компанії JetBrains. Android Studio розвивається в рамках відкритої моделі розробки та поширюється під ліцензією Apache 2.0. Для прискорення розробки додатків представлена колекція типових елементів інтерфейсу і візуальний редактор для їхнього компонування, що надає зручний попередній перегляд різних станів інтерфейсу програми.

На рис. 4, 5 наведені приклади підключення вимірювальної частини з модулем передачі даних HC-06 до мобільного пристрою, а також передачі даних від датчика кольору після підключення.

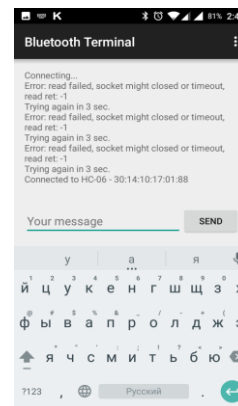


Рис.4. Підключення з модулем Bluetooth

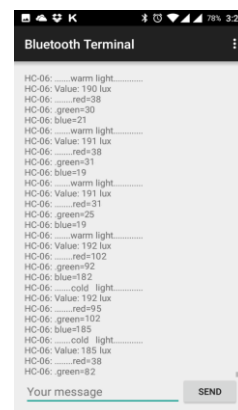


Рис.5. Отримання даних з датчика

Проведено експерименти із визначення колірних температур різних типів енергоефективних ламп освітлення. Для цього здійснено калібрування приладу за допомогою ламп-еталонів, виготовлених відомими світовими виробниками. Розраховані нормовані коефіцієнти як відношення сигналу від датчика з фільтром до сигналу освітленості (без фільтру) та виконана лінійна інтерполяція отриманих даних.

Проведено вимірювання для 11 екземплярів енергоефективних ламп різної колірної температури та потужності (табл. 2).

Результати експериментів показали, що розроблений прилад та методика дозволяють з достатньою точністю проводити вимірювання колірної температури різних джерел світла.

Таблиця 2

Результати вимірювань колірної температури ламп освітлення

Тип світла	Кольорова температура, К		Похибка, %
	Номінальна	Вимірювана	
Холодне	6000	6100 ±320	5,2
Денне	4100	4170 ±260	6,3
Тепле	2700	2760 ±170	6,2

Висновки

Отримані результати підтвердили працездатність розподіленої системи інформування, контролю та передачі діагностичної інформації та можливість її використання в приміщеннях для моніторингу змін освітлення та колірної температури.

Слід зазначити, що в розробленому приладі можуть використовуватися інші типи датчиків кольорів, які випускаються різними фірмами. При цьому потрібно лише замінити програмний модуль зв'язку датчика з мікроконтролером, а інші апаратні та програмні рішення зберігаються.

Використання для обробки результатів потужного обчислювального мобільного пристрою на операційній системі Android дозволяє значно розширити можливості приладу по візуалізації, збереженню та пе-

редачі отриманої інформації, в тому числі у реальному часу.

Бібліографічний список

1. Франсон, М. Оптика спектрів [Текст] / М. Франсон. – М.: Мир, 1980. – 146 с.
2. Хорунжий, М. Д. Метод количественной оценки цветовых различий при восприятии цифровых изображений [Текст] / М. Д. Хорунжий // Вестник НГУ. Информационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 81–88.
3. Schmittmann, O. A True-Color Sensor and Suitable Evaluation Algorithm for Plant Recognition [Text] / O. Schmittmann, P. Schulze Lammers // Sensors. – 2017. – № 17(8). – P. 1823.
4. Панкрашкин, А. Определение и измерение цвета на примере датчиков цвета Avago Technologies [Текст] / А. Панкрашкин // Компоненты и технологии. – 2007. – № 66. – С. 74–77.
5. Бурдовицын, П. А. Алгоритм измерения цветовых параметров физических объектов с применением датчика распознавания цвета TCS3200 [Текст] / П. А. Бурдовицын // Вестник Науки и Творчества. – 2016. – № 12. – С. 30–34.
6. Анализатор цвета поверхности твердых материалов [Текст] / Б. Н. Рахимов и др. // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – № 3. – С. 131.
7. Иванова, Т. В. Моделирование формирования оптического изображения [Текст] / Т. В. Иванова, В. М. Домненко, М. В. Бурсов. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 141 с.
8. Соммер, Д. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freedomino [Текст] / Д. Соммер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
9. Голощапов, А. Л. Google Android. Создание приложений для смартфонов и планшетных ПК [Текст] / А. Л. Голощапов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 928 с.
10. Яськов, А. Д. Колориметрический датчик на основе трехэлементного rgb-фотодиода [Текст] / А. Д. Яськов // Известия ВУЗов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 3. – С. 76–80.

Ключові слова: спектр, колірна температура, датчик кольору TCS230, мікроконтролер AVR ATmega, інтерфейс Bluetooth, IDE Android Studio.

Ключевые слова: спектр, цветовая температура, датчик цвета TCS230, микроконтроллер AVR ATmega, интерфейс Bluetooth, IDE Android Studio.

Keywords: spectra, colorful temperature, color sensor TCS230, microcontroller AVR ATmega, interface Bluetooth, IDE Android Studio.

Рецензенти:
д.ф.-м.н., проф. В. І. Гаврилюк,
д.т.н., проф. А. Б. Бойнік.

Надійшла до редколегії 13.11.2017.
Прийнята до друку 27.11.2017.