

УДК 621.328

Автоматизована система налаштування освітлювального обладнання з можливістю подальшого корегування

Міцукова[†] А. Ю., ORCID [0000-0003-3848-9676](https://orcid.org/0000-0003-3848-9676)
Онікієнко[§] Ю. О., к.т.н., ORCID [0000-0001-7508-8391](https://orcid.org/0000-0001-7508-8391)

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Київ, Україна

Анотація—Для встановлення необхідного освітлення в процесі фотографування необхідно багато часу. Автоматизовані системи, які пропонують провідні компанії використовують технологію регулювання освітлення, прив'язану до фотокамери, що не завжди доцільно. У роботі представлена система, яка регулює інтенсивність світла, що надходить в залежності від освітленості об'єкта знімання. Розглянуто різні типи ламп і обрано найбільш відповідне джерело освітлення — світлодіодне. Для коректної обробки зміни освітленості використаний датчик, що має таку ж спектральну чутливість, як і людське око. Для забезпечення управлінням необхідною кількістю світлодіодів і зміни світлової температури, використана плата Arduino Uno, що керує регулятором напруги світлодіодів методом широтно-імпульсної модуляції.

Ключові слова — *Through the Lens flash; освітлення для фотозйомки; датчики освітлення; світлодіодні лампи.*

I. ВСТУП

Важливою складовою знімального процесу є освітлювальне обладнання, або світлові прилади, які призначені для освітлення різних об'єктів. До таких приладів відносяться світильники, прожектори, проєктори, різні за своїми світловим параметрам, конструкцією і потужністю. Виставлення потрібних параметрів налаштування для освітлення сцени може займати велику частину відведеного часу. Провідні компанії, такі як Sigma, Canon, Pentax і Samsung намагаються оптимізувати процес освітлення, на основі автоматичних регуляторів, які зчитують інформацію через об'єктив камери [1]. Сама оптимізація полягає в технологіях P-TTL (для Pentax і Samsung), E-TTL (для Canon) і S-TTL (для Sigma).

Технології P (E, S)-TTL – це режим керування фотоспалахом (або групою спалахів). Безпосередньо перед зйомкою кадру автоматично робиться дуже короткий спалах і, оцінивши експозицію за допомогою датчиків усередині фотоапарата, камера автоматично налаштовує потужність і тривалість роботи основного спалаху для зйомки самого кадру. Для роботи цього режиму необхідно щоб технологію підтримувала і камера і фотоспалах [2].

Основною проблемою технологій TTL є метод виставлення налаштувань, на основі вимірювання експозиції через об'єктив камери. При зміні знімальної сцени, кожного разу потрібно заново узгоджувати знімальні налаштування. Це є суттєвим недоліком через витрату часу та постійну зміну налаштувань.

Також, важливо враховувати зміну загального освітлення сцени, а не конкретного об'єкта.

Проблеми і недоліки технологій TTL можна вирішити застосуванням системи автоматизованого налаштування освітлення, яка на основі вимірних значень світлового потоку підтримує заданий рівень освітлення. Відомі системи автоматичного регулювання освітлення для «розумного будинку» [3], але вони не розраховані на використання в процесі фото або відео зйомки.

Мета роботи – запропонувати автоматизовану систему налаштування освітлювального обладнання з можливістю подальшого корегування параметрів освітлювання у процесі зйомки.

II. ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Система автоматизованого налаштування освітлювального обладнання має виконувати такі функції:

- Зміна інтенсивності освітлення в залежності від розташування об'єкта знімання;
- Неперервна робота протягом всього знімального процесу;
- Можливість зміни джерелом світла не тільки інтенсивності, але і світлової температури;
- Швидке реагування на зміну параметрів знімальної сцени та світлового потоку;
- Зберігання налаштувань, після завершення роботи.



Таким чином до складу системи входять такі компоненти: лампа або лампи освітлення, датчик освітлення мікроконтролерний блок та блоки регулювання напруги живлення. Далі обґрунтовано вибір компонентів системи, спираючись на заданий функціонал.

III. ВИБІР ДЖЕРЕЛ ОСВІТЛЕННЯ

Величезне значення в будь-якій фотозйомці, в тому числі і студійній, грає світло. За рахунок правильного розташування всіх освітлювальних приладів і синхронізації роботи «спалахів» – імпульсних джерел світла, моделюється необхідний для сюжету світловий фон.

Джерела світла для фотостудії бувають двох видів – постійне світло і імпульсне. Постійним світлом, софітами, сучасні фотостудії майже не оснащують, тому що лампи розжарювання, які в них встановлені, виділяють велику кількість тепла і споживають багато електроенергії, тому більш поширені у використанні студійні спалахи, так як вони більш економічні і до того ж не «ріжуть очі» людям, яких знімають.

Для проведення зйомки використовується кілька основних типів джерел освітлення.

Лампа розжарювання це лампа такого ж типу, які використовують для освітлення в побутових умовах, але набагато більшої потужності: в діапазоні від 200 до 10000 Вт. Вони зазвичай мають колірну температуру 3200 К при їх номінальних напругах. Спочатку порівняно недорого, лампи розжарювання з часом темніють і стають менш ефективними, внаслідок чого зараз вважаються застарілими. Колірна температура фотографічної лампочки становить 3400 К.

Також, в освітлювальних приладах часто використовують вольфрамові галогенні лампи (Рис. 1). Ці лампи мають такі ж вольфрамові нитки, що і лампи розжарювання, але працюють при більш високій температурі. Це ефективно запобігає ослабленню яскравості втраті колірної температури внаслідок потемніння. Галогенні лампи мають найбільш якісне передавання кольору (краща кольорова температура для зйомки 3200 К). Подібно лампам розжарювання вольфрамові галогенні лампи дають приблизно 27-28 люмен світлового потоку на 1 Вт споживаної енергії, але у порівнянні з ними, галогенні лампи мають в кілька разів більшу світлову віддачу і подвоєний термін служби.

Вольфрамові галогенні лампи дають такий же світловий потік що і лампа розжарювання еквівалентної потужності. Існують лампи потужністю 150, 250 і 350 Вт для роботи від акумуляторів від 200 до 10000 Вт для роботи від мережі напругою 120 або 220 і 240 В, що мають різноманітні форми [4].



Рис. 1 Вольфрамові галогенні лампи



Рис. 2 Світлодіодні лампи

Одним з найбільш перспективних напрямків технологій освітлення є використання світлодіодів як джерел світла. Такі лампи (Рис. 2), в порівнянні зі звичайними лампами розжарювання, економно використовують енергію, а середній термін служби може бути доведений до 50 тисяч годин. Перевага таких ламп полягає у швидкому регулюванні потоку і температури спрямованого світла.

Іншим не менш важливим плюсом цього типу ламп є відсутність мерехтіння з помітною для людського ока частотою, яке притаманне люмінесцентним лампам. Ця перевага дозволяє використовувати світлодіодні лампи для освітлення обертальних механізмів та інших місць, де застосування для освітлення люмінесцентних ламп небезпечно або викликає швидке втомлення очей. Світлодіодні лампи живляться постійним струмом, тому мерехтіння у них відсутнє.

Для максимально природного сприйняття оком людини навколишнього простору необхідно, щоб джерело світла забезпечувало якісне передавання кольору. У цьому компоненті люмінесцентні лампи поступаються світлодіодним, адже спектр випромінювання останніх максимально наближений до натурального, в той час, як світло від люмінесцентної лампи здається «мертвим», неприродним і змушує очі неправильно сприймати деякі кольори і відтінки [5].

Великою перевагою світлодіодів є простота регулювання яскравості та можливість змінювати кольорову температуру в залежності від мети освітлення: від звичного теплого білого світла лампи розжарювання (2800-3000 К) до денного (4000-5500 К) або холодного білого світла (6500 К). Також, не менш важливим є те, що світлодіодні лампи не чутливі до частого вмикання/вимикання на відміну від тих же люмінесцентних ламп [6]. Порівняння варіантів джерел освітлення та їх параметри наведені в Таблиця 1.

Таким чином найкращим варіантом джерела освітлення для системи з автоматизованим налаштуванням освітлення є світлодіодна лампа з використанням RGBW-світлодіодів.

IV. ДАТЧИКИ ОСВІТЛЕННЯ

Для того, щоб забезпечити правильне регулювання освітлення необхідно отримувати інформацію про рівень яскравості приміщення. Для цього використовуються датчики, за допомогою яких можна зафіксувати інтенсивність освітлювальної сцени навіть в умовах слабкої освітленості.



ТАБЛИЦЯ 1 Порівняння варіантів джерел освітлення

Параметр	Джерело освітлення			
	Лампа розжарювання	Газові лампи	Люмінесцентні лампи	Світлодіоди
Середній час експлуатації, год	1000	6000-12000	10000-15000	50000-100000
Енергоефективність лм/Вт	8-13	80-90	60-90	100-150
Кольорова температура	2400-2700	3000-6000	2700-6000	2800-10000
Ультрафіолетове випромінювання	Середнє	Дуже Високе	Високе	Немає
Температурний режим оточуючого середовища	-40...+40	-30...+50	+5...+30	-40...+60

Як приклад, розглядаємо спеціалізований датчик HSDL-9000, який має високу чутливість та низьку ціну. Цифровий вихід фотосенсора фіксує навколишнє освітлення, датчик якого знаходиться в мініатюрному кристалотримачі та містить фотодіод, який досягає максимуму кривої видимості для людини при 550 нм (Рис. 3). Отже, це забезпечує відмінну чутливість, яка близька до людського ока [7].

Одним з найпоширеніших датчиків вимірювання освітленості є фоторезистор, аналоговий датчик, який змінює свій опір залежно від інтенсивності світла, проте точність його невисока і значення видає не в люксах. На відміну від нього, модуль GY302 на базі чіпа BH1750, є високоточним цифровим датчиком інтенсивності світла, що видає значення як раз в люксах.

Цифровий датчик освітленості GY-302 на чіпі BH1750 призначений для вимірювання фонових освітлення. BH1750 – це 16-бітний датчик освітленості (Рис. 4). Ця мікросхема добре підходить для отримання даних про навколишнє освітлення. Фотодіод на BH1750 визначає інтенсивність світла, яка перетворюється в вихідну напругу за допомогою операційного підсилювача. Вбудований АЦП видає 16-бітові цифрові дані. Внутрішня логіка BH1750 позбавляє від необхідності будь-яких складних обчислень, оскільки він безпосередньо виводить значущі цифрові дані в люксах (лк).

Згідно з документацією, датчик BH1750 чутливий до видимого світла і практично не схильний до впливу інфрачервоного випромінювання, тобто реагує приблизно на той же спектральний діапазон, що і людське око [8].

Датчик BH1750 взаємодіє з мікроконтролером за допомогою послідовного в інтерфейсу I2C, який дозволяє підключити до лінії до 127 пристроїв.

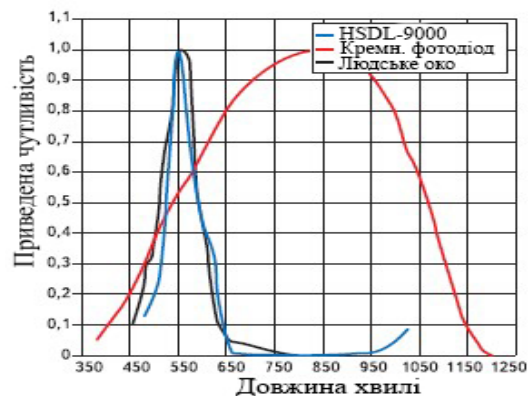


Рис. 3 Характеристики чутливості людського ока та HSDL-9000

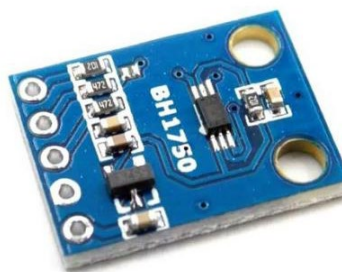


Рис. 4 Зовнішній вигляд датчика BH1750

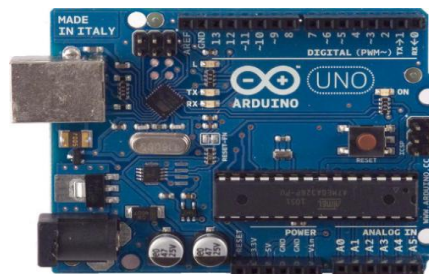


Рис. 5 Зовнішній вигляд плати Arduino Uno

V. ПЛАТА МІКРОКОНТРОЛЕРА ТА РЕГУЛЯТОР НАПРУГИ

Мікроконтролер для керування освітленням повинен мати інтерфейс I2C для роботи з датчиком та виходити з широтно-імпульсно модульованим (ШИМ) сигналом. Таким вимогам відповідає плата Arduino Uno. Зовнішній вигляд плати наведено на Рис. 5.

Основні характеристики плати Arduino Uno:

- Arduino Uno може живитися від USB або від зовнішнього джерела живлення.
- Використовує мікроконтролер ATmega328.
- Об'єм Flash-пам'яті становить 32 КБ.
- Має 14 цифрових входів / виходів (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи) та 6 аналогових входів.

- Напруга зовнішнього джерела живлення становить 7-12 В [9].

Регулятор напруги повинен забезпечити достатній струм керування як мінімум 600 світлодіодами, з'єднаними послідовно-паралельно. Таким вимогам відповідає плата драйвера на силовому MOSFET транзисторі IRF520.

Плата драйвера призначена для регулювання напруги на навантаженні методом ШІМ. Значення потужності зовнішнього блоку живлення підбирається в залежності від потреби керованого пристрою. Максимальна напруга живлення становить 24 В постійного струму. Максимальний вихідний струм – 5 А. Параметри зовнішнього блоку живлення можуть бути 24 В і постійного струму. Розміри модуля складають невеликі: 31x26x17 мм та вагу 6 г [10].

Для кожного з кольорів лампи використовується окремих регулятор.

VI. БЛОК СХЕМА І РОБОТА СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

Блок-схему системи автоматизованого налаштування освітлювального обладнання наведено на Рис. 6.

Система працює таким чином. Інформація з датчика освітлення надходить на мікроконтролер, який видає ШІМ сигнал на регулятор напруги, до якого підключена світлодіодна лампа. Світловий потік лампи пропорційний напрузі з регулятора. Залежно від того, скільки світла надійде на датчик, змінюється інтенсивність освітлення. Завдяки цьому система підтримує заданий рівень освітленості об'єкта при зміні його положення. Наявність окремого регулятора для кожного кольору лампи дає можливість задавати певну кольорову температуру світла.

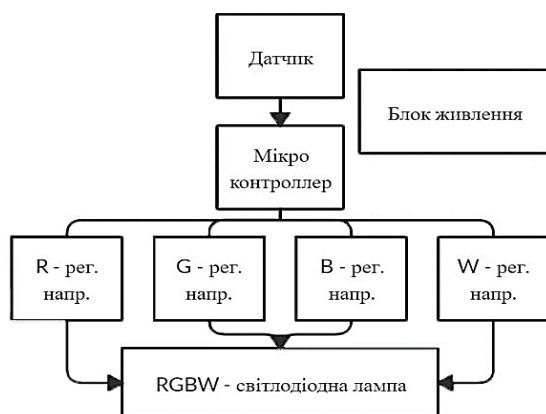


Рис. 6 Блок-схема системи автоматизованого налаштування освітлювального обладнання

ВИСНОВКИ

Запропонований варіант автоматизованої системи налаштування освітлювального обладнання дозволяє виконувати автоматичне регулювання світлового потоку в залежності від параметрів сцени зйомки.

Під час аналізу характеристик різних типів ламп, світлодіодні лампи виявилися найбільш придатними для реалізації запропонованої системи. Їх середній час експлуатації, а також енергоефективність і діапазон колірної температури найбільш вдало підходить як для студійної зйомки, так і в умовах стороннього освітлення.

Для того, щоб забезпечити правильне регулювання освітлення вибираємо оптимальний датчик освітлення GY-302 на чіпі BH1750, який уловлює приблизно такий же спектральний діапазон, що і людське око. Також, обраний доступний мікроконтролер, здатний перемикає необхідну кількість світлодіодів і змінювати світлову температуру.

Система має змінний масштаб. Застосування більшої кількості датчиків і ламп дозволить зменшити час на налаштування освітлення та виконати її більш якісно.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] A. Hess and B. McLemon, *Photography Techniques Digital Field Guide*. John Wiley & Sons, 2012, ISBN: 978-1-118-27195-7.
- [2] "Pentax istDS user manual.", URL: https://web.archive.org/web/20110516113934/http://www.pentax.ru/downloads/instr/RUS_istDS_OPM.pdf.
- [3] V. I. Kornaga, O. S. Oliinyk, V. M. Sorokin, and A. V. Rybalochka, "Algorithms and methods of automatic control of lighting systems optical characteristics," *Dokl. BGUIR*, no. 4 (90), pp. 46-52, 2015, URL: <https://doklady.bsuir.by/jour/article/view/510>.
- [4] D. W. Samuelson, *Motion picture camera and lighting equipment: Choice and technique*. Hastings House, 1977, ISBN: 978-0803846852.
- [5] "Preimushhestva svetodiodnykh lamp pered energosberegayushhimi i nedostatki lyuminescentnykh lamp.", URL: <http://oteks-m.ru/preimushchestva-svetodiodnyh-svetilnikov>.
- [6] A. Obrubov, "Srovnitelnye kharakteristiki razlichnykh tipov istochnikov iskusstvennogo sveta." 2015, URL: https://www.researchgate.net/publication/280608171_Srovnenie_istocnikov_sveta.
- [7] "Agilent HSDL-9000 Miniature Surface-Mount Ambient Light Photo Sensor.", URL: <https://www.q-ickey.ru/datasheets/99/HSDL-9000.pdf>
- [8] "Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC.", URL: <https://www.compel.ru/pdf-items/rohm/ps/bh1750/07beee657e74a08468d8074d9fc15925>.
- [9] "Zagalni vidomosti pro Arduino Uno.", URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>.
- [10] "Drajver MOSFET tranzistor IRF520 0-24V modul ARDUINO PIC ARM.", URL: <https://fd24.com.ua/p1044866185-drajver-mosfet-tranzistor.html>.

Automated System for Adjusting Lighting Equipment with the Possibility of Further Editing

A. Yu. Mitsukova^f, ORCID [0000-0003-3848-9676](https://orcid.org/0000-0003-3848-9676)

Yu. O. Onikiienko^s, PhD, ORCID [0000-0001-7508-8391](https://orcid.org/0000-0001-7508-8391)

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
Kyiv, Ukraine

Abstract—It takes a lot of time to set the necessary lighting during photography. Lighting equipment is an important part of the process. Such devices include luminaires, searchlights, projectors, different in their light parameters, design and power. Automated systems offered by leading companies use lighting control technology tied to the camera, which is not always advisable. The work presents a system that regulates the intensity of incoming light depending on the illumination of the subject. Light sources for a photographic studio are of two types – constant light and pulsed. To make surrounding space seem natural for human eye it is necessary for light source to provide high-quality color rendering. At this aspect fluorescent lamps are inferior to LEDs. The radiation spectrum of the LEDs is as close to natural as possible. When considering the characteristics of different types of lamps, LED lamps were the most suitable for the implementation of the proposed system. Their average operating time as well as energy efficiency and color temperature range are best suited for both studio shooting and outdoor lighting. So the best light source for an automated lighting system is an LED lamp using RGBW LEDs. In order to ensure proper lighting regulation, it is necessary to obtain information about the brightness in the room. A sensor having the same spectral sensitivity as the human eye was used to correctly detect the change in illumination. To provide control of the required number of LEDs and changes in light temperature, the Arduino Uno board was used, which controls the voltage regulator of the LEDs by the PWM method. The system is able to scale horizontally. The use of more sensors and lamps will reduce the time to adjust the lighting and perform it better. If using several optical sensors and lamps, the algorithm of the system gets more complicated, but it allows you to get much more accurate picture of the lighting. In this case, the brightness of each lamp is individually adjusted in order to obtain a constant level of illumination of the object. This approach allows you to track the movement and change of position of an object within the specified limits while the level of lighting remains unchanged. It is also possible to select the level of illumination and the desired color temperature and maintain them automatically during the entire shooting time. In case of using several sensors and lamps, the interface of the microcontroller should be changed. For such purposes, the widely used RS-485 interface is more suitable. It is able to connect a large number of devices and quickly transfer information between them. The use of a more efficient microcontroller will allow the implementation of more complex control algorithms to obtain special lighting effects.

Keywords — *Through the Lens flash; lighting for photography; light sensors; LED lamps.*

