

Н.О. Кушнір, ст. викладач  
Т.М. Локтікова, ст. викладач  
Ю.І. Лисогор, ст. викладач  
Д.Ю. Лисогор, аспірант  
А.В. Морозов, к.т.н., доц.

Державний університет «Житомирська політехніка»

## Розробка автоматизованої системи управління освітленням об'єктів спеціального призначення

У статті пропонується розробка автоматизованої системи управління освітленням об'єктів спеціального призначення, наприклад, сцени театру або концертного майданчика. Освітлення сцени відіграє важливу роль у відповідному мистецтві. А світильники є одним із різновидів світлових приладів. Розроблена система орієнтована на сучасні світлодіодні світильники, які мають такі переваги порівняно з традиційними на лампах розжарювання: значно менше споживання електроенергії, значно більша середня тривалість «життя», значно менше виділення тепла. Систему побудовано із застосуванням мікроконтролера, що дозволило покращити її характеристики на основі відомої й освоєної мікроконтролерної архітектури за рахунок доповнення її спеціалізованими блоками, реалізованими з урахуванням особливостей об'єкта управління. Розроблено структурну та принципову електричну схему системи управління освітленням. Основу схеми становить мікроконтролер сімейства AVR фірми Atmel ATmega162, який має найбільш широкий набір виконуваних функцій. Також розроблено алгоритм роботи системи управління освітленням і написано програму для мікроконтролера з використанням мови програмування C. Система управління освітленням може працювати в трьох режимах, здійснювати управління світлодіодними світильниками в кількості від одного до восьми, а також забезпечувати їхнє різне світіння.

**Ключові слова:** освітлення; автоматизована система управління; світлодіодний світильник; мікроконтролер.

**Актуальність теми.** Освітлення таких об'єктів, як сцена театру, концертного майданчика має впливати на почуття глядача відповідно до емоційно-образного змісту спектаклю або концерту, посилюючи й загострюючи враження від сюжету, виступу артистів [1]. Дійсно, світло та колір впливають на настрій, на образ і напрям думок. Зрозуміло, що вплив цей неоднозначний, індивідуальний результат його не завжди передбачуваний. Можливості сприйняття, в тому числі світла та кольору, обмежені об'єктивними властивостями зору людини, суб'єктивними властивостями її психіки, її фізичним станом.

Відповідні системи управління освітленням у своєму розвитку пройшли шлях від систем управління освітленням автотрансформаторного типу, коли управління здійснювалося вручну оператором, який спостерігав за дійством, оцінював реакцію глядачів, потрібним чином коригував швидкість введення кожного ланцюга й домагався художньої цілісності світлової та колірної гами переходу, до сучасних систем управління освітленням, оснащених комп'ютерами і мікропроцесорами. Технічні можливості освітлення зросли, але перспективою залишається встановлення зворотного зв'язку технічного комплексу з глядачем і пристосування до змін у його настрої й сприйнятті.

Для освітлення об'єктів застосовуються різноманітні прилади – світильники, прожектори, проєкційні прилади [2]. Існує розмаїття світильників.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останніми роками традиційні джерела світла замінюються світлодіодними.

Такі світлові прилади мають безліч переваг: значна економія електроспоживання; тривалий термін служби; можливість одержувати різні спектральні характеристики цього джерела світла, без застосування світлових фільтрів; дуже слабке тепловиділення; безпека застосування [2, 3].

Сучасний етап розвитку систем управління характеризується широким застосуванням мікропроцесорів та мікроконтролерів. Це дозволяє значно покращити характеристики систем на основі відомих і освоєних розробниками мікроконтролерних архітектур за рахунок доповнення їх спеціалізованими блоками, реалізованими з урахуванням особливостей об'єктів управління [4].

Не винятком є й системи управління освітленням [5, 6].

У галузі мікроконтролерів широке коло завдань покривають сімейства з архітектурою MSC-51 (архітектура фірми Intel) та AVR фірми Atmel [4, 7].

Архітектура MSC-51 отримала новий імпульс розвитку з появою таких приладів, у яких на одному кристалі з ядром MSC-51 об'єднані flash-пам'ять, АЦП та ЦАП, інтерфейси. Це надає можливість

розробникам використовувати під час вирішення нових завдань наявні великі напрацювання. Додаткові можливості пропонують версії мікроконтролерів MSC-51 зі зниженою напругою живлення, а також прилади зі стисненою тактовою сіткою та зниженою тактовою частотою.

Мікроконтролери сімейства AVR фірми Atmel мають сучасну RISC-архітектуру, яка в поєднанні з flash-пам'яттю забезпечує дуже гарні показники за такими критеріями, як швидкість виконання коду програми, ефективність генерації коду при використанні мов високого рівня, низька ціна [7, 8].

Важливою перевагою деяких мікроконтролерів AVR є їхня сумісність за функціями виводів із мікроконтролерами архітектури MSC-51. Це дозволяє в багатьох випадках збільшити відтворюваність існуючої системи управління шляхом заміни мікроконтролера, розробки і відлагодження програми.

**Мета статті** – дослідити розробку автоматизованої системи управління освітленням, що орієнтована на актуальні та перспективні світлодіодні світильники, із застосуванням сучасних мікроконтролерів.

**Викладення основного матеріалу.** Останнім часом світильники, які оснащені традиційними лампами, замінюються на прилади зі світлодіодами. Світлодіоди мають багато переваг порівняно з традиційними лампами:

- світлодіодні світильники споживають набагато менше електроенергії, ніж традиційні світильники, що дозволяє встановлювати більше ламп за тієї ж потужності споживання;
- середня тривалість «життя» світлодіодів набагато перевищує термін служби традиційних ламп;
- світлодіодні світильники також виділяють дуже мало тепла, що дозволяє знизити температуру в приміщенні більш ніж на 10 градусів.

Структурна схема розробленої автоматизованої системи управління освітленням зображена на рисунку 1.

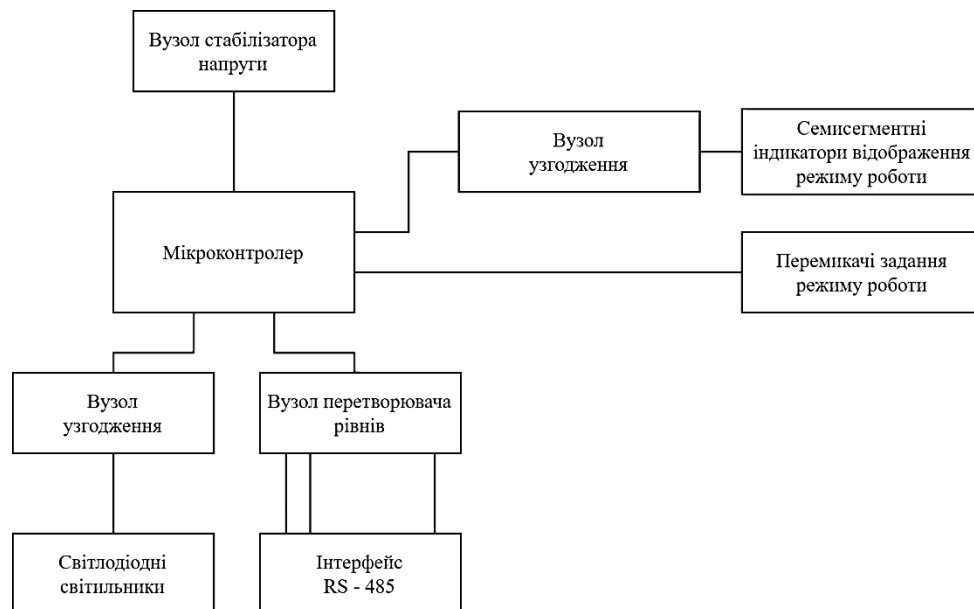


Рис. 1. Структурна схема автоматизованої системи управління освітленням

Схема системи управління складається з таких основних блоків і вузлів:

- мікроконтролер;
- вузол стабілізатора напруги для мікроконтролера;
- вузол узгодження з семисегментними індикаторами для відображення режиму роботи пристрою;
- вузол узгодження зі світлодіодними світильниками;
- вузол перетворювача рівнів сигналів для організації взаємодії з віддаленими світлодіодними світильниками по лініям послідовного інтерфейсу RS-485.

Основу структурної схеми системи управління освітленням становить мікроконтролер. Він здійснює управління освітленням. Для забезпечення стійкої та надійної роботи мікроконтролера, для боротьби з завадами, які можуть проникати в систему ланцюгами живлення та земляними ланцюгами, призначений вузол стабілізатора напруги для мікроконтролера. Система управління освітленням може працювати в трьох режимах:

- 1) «Ведений»;
- 2) «Ведучий»;
- 3) «Ручний».

Режими роботи системи вибираються за допомогою відповідних перемикачів, а безпосередньо відображення вибраного режиму здійснюється за допомогою семисегментних індикаторів. Саме для узгодження з семисегментними індикаторами для відображення режиму роботи системи призначений відповідний вузол. Для подачі сигналів управління від мікроконтролера до світлодіодних світильників призначений вузол узгодження зі світлодіодними світильниками. У системі управління освітленням передбачене управління віддаленими світлодіодними світильниками. Управління здійснюється лініями послідовного інтерфейсу RS-485, який характеризується використанням диференціальних сигналів. Для перетворення рівнів сигналів призначений відповідний вузол перетворювача рівнів сигналів.

Світильники побудовані з застосуванням потужних світлодіодів фірми CREE серії XPE червоного (RED), зеленого (GRN) та синього (BLU) кольорів. За основу системи управління обраний мікроконтролер ATmega162 сімейства AVR фірми Atmel. Мікроконтролери AVR фірми Atmel мають такі загальні особливості:

- 1) дуже швидка гарвардська RISC-архітектура завантаження та виконання більшості інструкцій під час одного циклу тактового генератора;
- 2) програми розміщуються в електрично перепрограмованій пам'яті програм FLASH ROM. Ця пам'ять може бути перепрограмована до 1000 разів. Це полегшує налаштування й відлагодження систем;
- 3) система команд мікроконтролерів AVR початково проектувалась із урахуванням особливостей мови програмування високого рівня C, що в результаті дозволяє отримувати після компіляції програм на C значно більш ефективний код, ніж для інших мікроконтролерів;
- 4) мікроконтролери AVR мають 32 регістри, кожен із яких працює з АЛП. Це значно зменшує розмір програм;
- 5) невелике споживання енергії й наявність декількох режимів роботи з пониженим споживанням енергії;
- 6) наявність дешевих та простих у використанні програмних середовищ;
- 7) вузли вбудовані в мікроконтролери і можуть управлятися за допомогою переривань;
- 8) є відносні команди переходів та розгалужень;
- 9) відсутня необхідність перемикати сторінки пам'яті;
- 10) всі мікроконтролери AVR мають електрично програмовану постійну пам'ять даних EEPROM, яка може бути перепрограмована більш ніж 100 000 разів.

Основні схемотехнічні параметри ATmega162:

- тактова частота, МГц – 16;
- flash-пам'ять програм, Кбайтів – 16;
- пам'ять даних EEPROM, байтів – 512;
- ОЗП даних SRAM, байтів – 1024;
- кількість ліній введення / виведення – 35;
- кількість розрядів АЦП – 10;
- кількість переривань – 28;
- кількість зовнішніх переривань – 3;
- кількість каналів ШІМ – 4;
- наявність двох 16-розрядних таймерів, двох 8-розрядних таймерів, таймера реального часу, аналогового компаратора, детектора зниження напруги, пам'яті самопрограмування;
- наявність ISP, двох послідовних портів UART;
- напруга живлення, В – 4,5...5,5.

Мікроконтролер ATmega162 має широкий набір виконуваних функцій.

Також розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи управління освітленням і написано та відлагоджено програму для мікроконтролера. Схема алгоритму роботи автоматизованої системи управління освітленням представлена на рисунку 2.

Програма розроблена на мові програмування C.

Згідно з програмою роботи мікроконтролер здійснює управління світлодіодними світильниками в кількості від одного до восьми. При цьому можливі різні швидкості виконання програми.

У складі програми роботи мікроконтролера є підпрограми, які забезпечують: кольори, що біжать; плавну зміну кольору – всі світлодіодні світильники працюють синхронно; плавну зміну кольору – світлодіодні світильники працюють із зсувом в один крок; дискретну зміну кольору – всі світлодіодні світильники працюють синхронно; дискретну зміну кольору – світлодіодні світильники працюють із зсувом в один крок; перегортання почергово всіх підпрограм із певним інтервалом.

Часовий цикл роботи підпрограми, яка забезпечує кольори, що біжать, визначається за такою формулою:

$$T_1 = 1,5 \cdot n \cdot v \text{ (сек)}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість світлодіодних світильників; значення  $v$  визначається швидкістю виконання програми. Так  $v = 1$  для найвищої швидкості виконання програми,  $v = 240$  для найнижчої швидкості виконання програми.

Часовий цикл роботи решти підпрограм визначається за такою формулою:

$$T_2 = 1,5 \cdot v \text{ (сек)}. \quad (2)$$

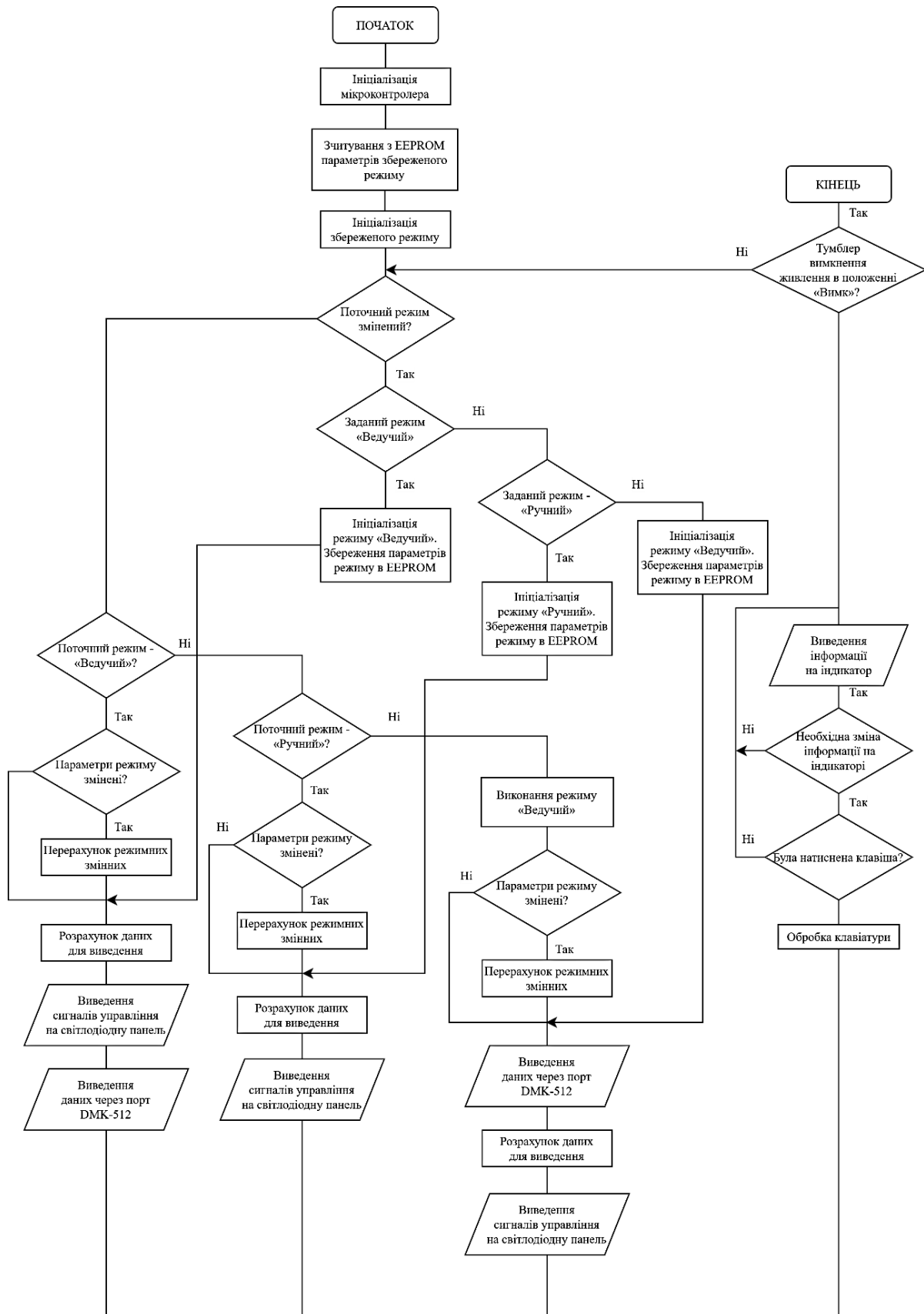


Рис. 2. Алгоритм роботи системи

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Також була розроблена принципова електрична схема автоматизованої системи управління освітленням. При цьому застосовувалася сучасна елементна

база. Було здійснено моделювання роботи розробленої системи, яке підтвердило її працездатність. Завдяки сучасності й високому рівню технічних рішень, покладених в основу побудови автоматизованої системи управління, досягнуті її низька потужність споживання, висока надійність, широкий діапазон робочих температур, що значно розширює галузь застосування запропонованої розробки, а саме перелік об'єктів спеціального призначення.

#### Список використаної літератури:

1. Основи сценічного світла [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://jak.koshachek.com/articles/osnovi-scenichnogo-svitla.html>.
2. *Литвиненко А.С.* Світлові прилади : навчальний посібник / *А.С. Литвиненко, О.Л. Черкашина*. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 125 с.
3. Document Library. Cree LED [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.cree-led.com/document-library>.
4. Мікропроцесорна техніка : підручник / *Ю.І. Якименко, Т.О. Терещенко, Є.І. Сокол та ін.* ; за ред. *Т.О. Терещенка*. – Київ : ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018. – 440 с.
5. *Zhenfeld L.* Design of Office Intelligent Lighting System Based on Arduino / *L.Zhenfeld* // *Procedia Computer Science*, 2020. – С. 134–138.
6. *Bani A.U.* Design and Manufacture of Automated Home Lighting Regulatory Devices with Iteaduno Microcontroller Atmega / *A.U. Bani, F.Nugroho, M.Andi* // *Based LDR. Journal of Mathematics and Technology*. – 2022. – Vol. 1, Issue 1. – P. 34–42 [Electronic resource]. – Access mode : <https://jornal.binainternusa.org/index.php/madutech>.
7. *Grace T.* Programming and interfacing ATMEL AVR microcontrollers / *T.Grace*. – 2016. – 272 с.
8. *Klöckl I.* AVR-Mikrocontroller: MegaAVR-Entwicklung, Anwendung und Peripherie / *I.Klöckl* // *De Gruyter GmbH*. – Walter, 2015. – 434 с.
9. *Barrett S.F.* Microchip AVR. Microcontroller Primer: Programming and Interfacing / *S.F. Barrett, D.J. Pack* // *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, 2019. – 383 с.
10. *Volosyak I.* Microchip AVR Programming using ATmega Microcontrollers / *I.Volosyak*. – *Gebundene Ausgabe*, 2021. – 400 с.

#### References:

1. *Ocnovy stsenichnoho svitla*, [Online], available at: <https://jak.koshachek.com/articles/osnovi-scenichnogo-svitla.html>
2. *Lytvynenko, A.S.* and *Cherkashyna, O.L.* (2015), *Svitlovi prylady, navchalnyi posibnyk*, KhNUMH im. O.M. Beketova, Kharkiv, 125 p.
3. *Document Library. Cree LED*, [Online], available at: <https://www.cree-led.com/document-library>
4. *Yakymenko, Yu.I., Tereshchenko, T.O., Sokol, Ye.I.* et al. (2018), *Mikroprotsesorna tekhnika*, pidruchnyk, in *Tereshchenko, T.O.* (ed.), *IVTs Vydavnytstvo «Politekhnik»*, Kyiv, 440 p.
5. *Zhenfeld, L.* (2020), «Design of Office Intelligent Lighting System Based on Arduino», *Procedia Computer Science*, pp. 134–138.
6. *Bani, A.U., Nugroho, F. and Andi, M.* (2022), «Design and Manufacture of Automated Home Lighting Regulatory Devices with Iteaduno Microcontroller Atmega», *Based LDR. Journal of Mathematics and Technology*, Vol. 1, Issue 1, pp. 34–42, [Online], available at: <https://jornal.binainternusa.org/index.php/madutech>
7. *Grace, T.* (2016), *Programming and interfacing ATMEL AVR microcontrollers*, 272 p.
8. *Klöckl, I.* (2015), «AVR-Mikrocontroller: MegaAVR-Entwicklung, Anwendung und Peripherie», *De Gruyter GmbH*, Walter, 434 p.
9. *Barrett, S.F. and Pack, D.J.* (2019), «Microchip AVR. Microcontroller Primer: Programming and Interfacing», *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, 383 p.
10. *Volosyak, I.* (2021), *Microchip AVR Programming using ATmega Microcontrollers*, *Gebundene Ausgabe*, 400 p.

**Кушнір** Надія Олександрівна – старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-0797-3687>.

Наукові інтереси:

- комбінаторна оптимізація;
- інформаційні технології.

E-mail: [kipz\\_kno@ztu.edu.ua](mailto:kipz_kno@ztu.edu.ua).

**Локтікова** Тамара Миколаївна – старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-3525-0179>.

Наукові інтереси:

- цифрова обробка зображень;
- інформаційні системи та технології.

E-mail: [dfikt\\_ltn@ztu.edu.ua](mailto:dfikt_ltn@ztu.edu.ua).

**Лисогор** Юрій Іванович – старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-1194-2813>.

Наукові інтереси:

- комп'ютерна графіка та дизайн;
- цифрова обробка сигналів;
- інформаційні системи та технології.

E-mail: lysogor@ztu.edu.ua.

**Лисогор** Дмитро Юрійович – аспірант кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0001-5980-1708>.

Наукові інтереси:

- програмування;
- цифрова обробка сигналів та зображень;
- інформаційні системи та технології.

E-mail: lysogor@ukr.net.

**Морозов** Андрій Васильович – кандидат технічних наук, доцент, проректор з науково-педагогічної роботи Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-3167-0683>.

Наукові інтереси:

- комбінаторна оптимізація;
- інформаційні технології.

E-mail: morozov@ztu.edu.ua.

**Kushnir N.O., Loktikova T.M., Lysohor Yu.I., Lysohor D.Yu., Morozov A.V.**

**The development of an automated lighting control system for special purpose objects**

The article proposes the development of an automated lighting control system for special purpose objects, for example, a theater stage or a concert hall. Stage lighting plays an important role in the respective art and lamps are one of the types of lighting devices. The developed system is focused on modern LED lamps, which have the following advantages compared to traditional lamps: much lower power consumption, much longer average «life», much less heat dissipation. The system was built with the use of a microcontroller, which made it possible to improve its characteristics based on the well-known and mastered microcontroller architecture by supplementing it with specialized blocks implemented taking into account the features of the control object. A structural and circuit electrical scheme of the lighting control system has been developed. The basis of the scheme is the Atmel ATmega162 microcontroller of the AVR family, which has the widest set of functions. An algorithm for the lighting control system was also developed and a program for a microcontroller using the C programming language was written.

**Keywords:** lighting; automated control system; LED lamp; microcontroller.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2023.