

МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ RGB ОСВІТЛЕННЯМ

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

Метою даної роботи є розробка мікроконтролерного пристрою дистанційного керування RGB освітленням, що базується на адресних світлодіодах WS2812B. У рамках проєкту було розроблено технічно обґрунтовану конструкцію пристрою, яка включає апаратну частину та програмне забезпечення, інтегроване з додатком WLED. Проєкт спрямований на створення енергоефективного, доступного у виробництві та зручного у використанні пристрою, що задовольняє потреби сучасних користувачів у тому числі для потреб рекламного бізнесу. Розглянуто сучасні тенденції розвитку технології LED освітлення. Визначені необхідні основні складові програмного алгоритму та послідовність їх взаємодії. Результати розробки підтверджені експериментальними тестуваннями, які демонструють стабільність роботи пристрою та його функціональні можливості.

Ключові слова: RGB освітлення, адресні світлодіодні стрічки, SPI контролер.

Abstract

The purpose of this work is to develop a microcontroller device for remote control of RGB lighting based on addressable WS2812B LEDs. Within the framework of the project, a technical design of the device was developed, including hardware and software parts integrated with the WLED application. The goal is also to create an energy-efficient, affordable and easy-to-use device that meets the needs of modern users, including the advertising business. Modern trends in the development of LED lighting technology are considered. The necessary basic components of the program algorithm and the sequence of their interaction are determined. The development results are confirmed by experimental tests demonstrating the stability of the device and its functionality.

Keywords: RGB lighting, addressable LED strips, SPI controller.

Технологія світлодіодів (LED) продовжує розвиватися і все більше інтегрується в наше повсякденне життя. Вони вже прийшли на зміну багатьом традиційним джерелам світла завдяки своїй енергоефективності, довговічності та екологічності. Світлодіодні джерела світла в даний час є оптимальним рішенням для потреб житлового та комерційного освітлення. Ринок комерційного світлодіодного освітлення зріс з 15,85 млрд доларів у 2023 році до 17,07 млрд доларів у 2024 році. Очікується, що до 2030 року він продовжить зростати із середньорічним темпом зростання 8,12%, досягнувши 27,38 мільярда доларів США [1].

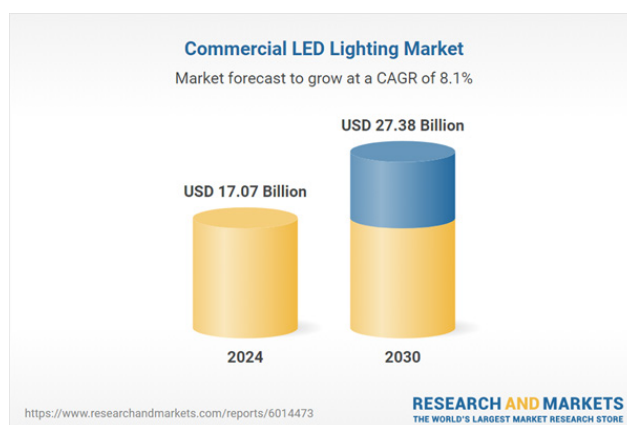


Рис. 1. Динаміка росту ринку LED пристроїв

Навряд чи сьогодні комусь потрібно пояснювати, що зовнішня реклама є найпотужнішим засобом збільшення обсягів реалізації продукції, а технічний прогрес продовжує переносити зовнішню рекламу в цифрову сферу. Цифрові вивіски та біл-борди забезпечують більш гнучку та динамічну платформу

для реклами, дозволяючи адаптувати їх до різних подій та умов. Це відкриває нові можливості для використання RGB освітлення як більш креативного та контекстного способу реклами. Виходячи з цього розробка мікроконтролерного пристрою дистанційного керування RGB освітленням, що дозволяє реалізувати широкі можливості управління кольором, яскравістю та іншими параметрами за допомогою мобільного додатку є актуальним та перспективним напрямком досліджень. Такий підхід забезпечує не лише функціональність пристрою, а й його адаптивність до різних потреб користувача.

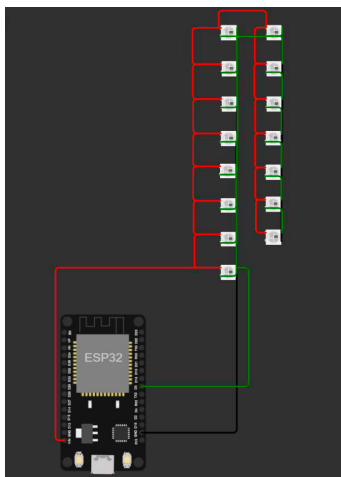


Рис. 2 Структура LED Strip Lighting SPI контролера

Структура LED SPI контролера представлена рисунку 2. У якості пристрою керування вибрана плата WeMos D1 mini – це плата, яка дозволяє керувати різними модулями і на відміну від більшості плат Arduino, має більше програмної та оперативної пам'яті, базується на 32-бітному мікроконтролері з більш високою тактовою частотою, а також має вбудований модуль WiFi, який можна налаштувати як клієнт (STA), точку доступу (AP) або клієнт-точка доступу (STA+AP) [2, 3].

Як було зауважено, в основі плати керування – 32-бітний мікроконтролер ESP8266 з вбудованим модулем WiFi (802.11 b/g/n 2.4 ГГц). На платі також є стабілізатор напруги 3,3 В, роз'єм USB Micro-B і перетворювач USB-UART на базі чіпу CH340G. Тактова частота ESP8266 – 80 МГц і в наявності 80 кБ оперативної пам'яті та 32 кБ оперативної пам'яті RAM для інструкцій. Програми зберігаються в 4 МБ флеш-пам'яті.

Компанія Wemos створила універсальну плату керування дуже малих розмірів, що має підтримку як послідовного, так і OTA програмування, повністю сумісну і з середовищем розробки (IDE) Arduino та iLua. Цінова політика компанії відносно даної продукції є дуже привабливою, при цьому до виробу додається потужна документація, що відкриває найширші можливості щодо програмування.

Алгоритм реалізації. Алгоритм є важливою частиною всього програмного забезпечення та функціонування приладу. Мікроконтролер виконує всі операції та працює за основними етапами створеного програмного алгоритму. Програма дозволяє працювати обладнанню автономно протягом тривалого часу. Розроблений алгоритм роботи апаратно-програмного комплексу керування RGB освітленням представлений рисунку 3.

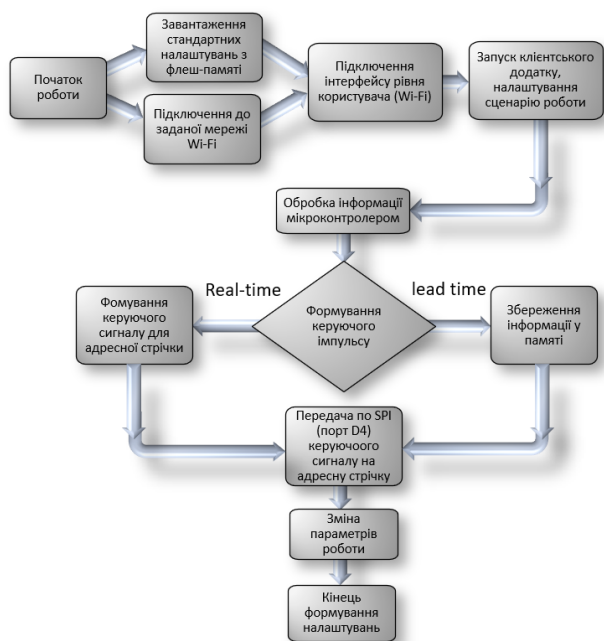


Рис. 3. Алгоритм роботи пристрою керування

Алгоритм роботи RGB освітлення з Wi-Fi керуванням перш за все передбачає можливість керування пристроєм зі смартфона шляхом підключення до нього через інтерфейс Wi-Fi.

Програмування мікроконтролера проводилось за допомогою середовища ESPhone flasher [4]. Утиліта дозволяє працювати з мікроконтролерами даного сімейства. Її перевага полягає в тому, що можна використовувати як готові шаблони для взаємодії, так і створювати власні за допомогою мови програмування Python. У даному проекті використовується готовий шаблон для взаємодії з мобільним додатком. Керування роботою пристроєм зі смартфона відбувається за допомогою додатку WLED.

Оцінка надійності. Будь-який пристрій з часом втрачає працездатність по причині виходу з ладу певних елементів конструкції. Розрахунок надійності за раптовими відмовами проводиться з метою оцінки середнього часу напрацювання пристрою на відмову та ймовірності безвідмовної роботи до певного моменту часу. Відмовити елементи конструкції можуть набагато раніше визначеного терміну, а можуть перевищити термін гарантованого напрацювання у декілька разів, тому розрахунок можна брати до уваги лиш при розгляді серійного виробництва пристроїв [5]. З урахуванням вибраної елементної бази була проведена оцінка надійності роботи синтезованого пристрою.

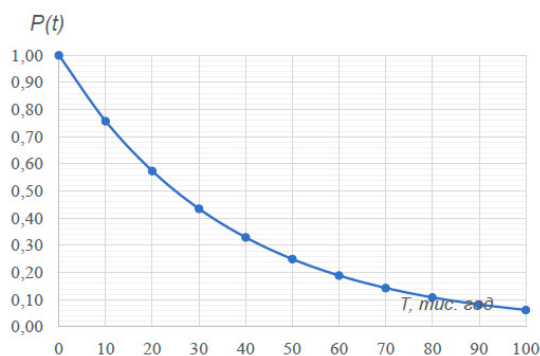


Рис. 4. Графік ймовірності безвідмовної роботи пристрою керування RGB освітленням

Висновки

1. Світлодіодні джерела світла - це перспективна технологія, яка використовується вже зараз і обіцяє стати ще більш розповсюдженою в майбутньому. Проаналізовано динаміку зростання ринку комерційного світлодіодного освітлення. З'ясовано, що проведення розробок в даному напрямку є актуальними і перспективним.

2. Розроблений діючий програмний алгоритм моделі пристрою керування RGB освітленням з додатковим функціоналом на базі мікроконтролерного модуля WeMos D1 mini. Пристрій дозволяє реалізувати широкі можливості дистанційного керування кольором, яскравістю та іншими параметрами за допомогою мобільного додатку. Такий підхід дозволяє значно підвищити адаптивність пристрою до індивідуальних потреб кожного користувача.

4. У процесі роботи була підібрана елементна база для конструювання діючої моделі спроектованого пристрою. Згідно наведеного програмного алгоритму розроблено програмний код та реалізовано принципову схему пристрою. Оцінена надійність розробленого пристрою з урахуванням вибраної елементної бази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Commercial LED Lighting Market by Type, Installation, Application, End-User, Sales Channel - Global Forecast 2025-2030. Дублін, 12 грудня 2024 г. (GLOBE NEWSWIRE), 198р.
- [2] WeMos D1 Mini Контроллер WiFi на чипе ESP8266EX. URL: <https://compacttool.ru/wemos-d1-mini-kontroller-wifi-na-chipe-esp8266ex> (дата звернення 22.02.2025).
- [3] ESP8266 Datasheet. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1148030/ESPRESSIF/ESP8266EX.html>. (дата звернення 22.02.2025).
- [4] Програмне забезпечення для смартфона WLED (розробник Aircookie). URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aircookie.WLED&hl=uk&gl=US> (дата звернення 26.02.2025).
- [5] Rausand M. System reliability theory: models, statistical methods, and applications / M. Rausand, A. Barros, A. Høyland. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2021. – 813 p.

Воловик Андрій Юрійович доктор технічних наук, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Налепов Олександр Віталійович – студент групи ТКР-23мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: nalepov.alex@gmail.com

Volovyk Andrii U. – Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Nalepov Oleksandr V. – student of group TKR-23ms, Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nalepov.alex@gmail.com.