

УДК 621.3.049.77:681.586.7

## РОЗРОБЛЕННЯ ПРОТОТИПУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СВІТЛОДІОДНИМ ОСВІТЛЕННЯМ

Немировський В.В., студент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Лебеденко Ю.О., кандидат технічних наук, доцент

*Київський національний університет технологій та дизайну*

*Ключові слова:* інтелектуальне освітлення, мікроконтролер, керування, інтернет речей, симуляція.

Сучасні системи інтелектуального освітлення є одним із ключових компонентів концепції розумного будинку (Smart Home) та Інтернету речей (IoT). За даними аналітичних досліджень, світовий ринок систем розумного освітлення демонструє стабільне зростання і у 2024 році перевищив позначку 20 млрд. дол. США [1]. Їх впровадження сприяє енергоефективності, підвищенню комфорту та безпеки в житлових і комерційних приміщеннях. Актуальним завданням залишається розробка доступних прототипів таких систем на базі сучасних мікроконтролерних платформ, придатних як для навчальних, так і для практичних застосувань.

Метою роботи є розробка прототипу автоматизованої системи керування RGB-освітленням на базі мікроконтролера ESP32 та адресної світлодіодної матриці WS2812B з підтримкою множинних режимів роботи, регулювання яскравості та автоматизованого вимкнення.

Проектування та тестування схеми виконувалось у хмарному симуляторі Wokwi [4] без застосування фізичного стенду, що прискорило ітерації розробки та дозволило уникнути ризику ушкодження компонентів на ранніх етапах (рис. 1).

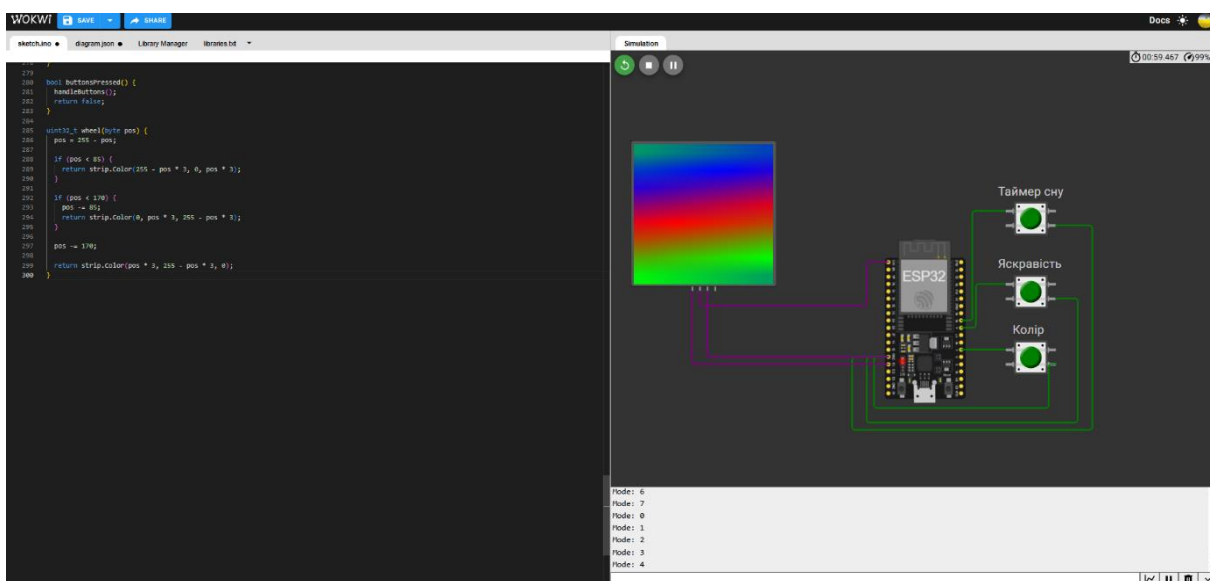


Рисунок 1 – Режими RGB лампи з кнопками: таймер сну, яскравість, колір (режим)

Для реалізації прототипу обрано мікроконтролер ESP32 виробництва Espressif Systems, який поєднує достатню обчислювальну потужність із вбудованими модулями Wi-Fi та Bluetooth, що створює передумови для бездротового керування у перспективних версіях пристрою [2]. Як виконавчий елемент застосовується адресна RGB-матриця WS2812B (NeoPixel), яка забезпечує індивідуальне керування кожним світлодіодом за однопровідним протоколом, що значно спрощує схемне рішення [3]. Апаратна схема доповнена трьома тактовими кнопками для локального керування режимами роботи.

Зовнішній корпус пристрою виготовлено методом FDM-друку: конструкція забезпечує розміщення плати ESP32, матриці та елементів керування в компактному корпусі, придатному до декоративного використання (рис. 2).



Рисунок 2 – Фізичний прототип пристрою в 3D-друкованому корпусі; живлення від PowerBank

Прошивку написано мовою C++ у середовищі Arduino IDE з використанням бібліотеки Adafruit NeoPixel [5], яка надає високорівневий API для керування адресними RGB-світлодіодами. Архітектура програмного забезпечення побудована за модульним принципом: кожному світловому ефекту відповідає окрема функція, що спрощує розширення набору режимів. Центральна функція реалізує скінченний автомат із змінною поточного стану, яка оновлюється обробниками переривань від кнопок. Завдяки цьому реакція на натискання є миттєвою і не залежить від тривалості поточного анімаційного циклу.

У системі реалізовано дев'ять режимів освітлення: статичні кольори; rainbow-ефект; плавна зміна кольорів (color wipe); police effect; cyberpunk effect; breathing effect; fire effect; sparkle effect; color wave. Часозалежні ефекти, такі як «breathing», «fire» та «sparkle» використовують неблокуючу

логіку на основі переривань від таймера, що унеможлиблює «зависання» інтерфейсу та забезпечує стабільний відгук системи.

Перемикання між режимами здійснюється циклічно за натисканням відповідної кнопки без пристрою. Регулювання яскравості реалізовано у трьох градаціях через механізм PWM-керування. Окремо передбачено функцію *sleep timer*: після активації лампа плавно зменшує яскравість і автоматично вимикається, що є зручним під час нічного використання.

Додатково реалізовано виведення на матрицю піктографічних зображень (серце, смайлик) шляхом адресного керування окремими пікселями. Це демонструє потенціал матриці як міні-дисплея для відображення нотифікацій або символічної інформації у системах розумного будинку.

У ході тестування підтверджено стабільність відтворення всіх ефектів, коректність обробки переривань від кнопок та плавність зміни яскравості. Встановлено, що застосування адресної LED-матриці є доцільнішим рішенням порівняно зі звичайною RGB-стрічкою, оскільки надає можливість попіксельного керування та формування складних анімаційних сценаріїв. Наявність на борту модулів Wi-Fi та Bluetooth відкриває перспективи для інтеграції бездротового керування через веб-інтерфейс або мобільний застосунок, а також підключення до платформи Home Assistant. Прототип успішно пройшов тривалий неперервний цикл роботи без збоїв або перегріву.

Отримані результати свідчать про придатність описаного апаратно-програмного рішення для застосування у системах декоративного та функціонального освітлення, нічників, підсвічування робочих місць, а також як базового вузла для інтеграції в більш складні IoT-системи.

#### Список використаних джерел

1. Allied Market Research. Smart Lighting Market: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023–2032. – Allied Market Research, 2023. – URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-lighting-market> (дата звернення: 05.05.2025).
2. Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual. Ver. 5.3. – Espressif Systems, 2024. – 1136 с. – URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_technical\\_reference\\_manual\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf) (дата звернення: 05.05.2025).
3. WorldSemi Co., Ltd. WS2812B Intelligent Control LED Integrated Light Source: Datasheet. – WorldSemi, 2022. – URL: <https://www.worldsemi.com/Certifications/WS2812B.html> (дата звернення: 05.05.2025).
4. Wokwi — Online Arduino & ESP32 Simulator. – URL: <https://wokwi.com> (дата звернення: 05.05.2025).
5. Adafruit Industries. Adafruit NeoPixel Überguide / Tony DiCola, Phillip Burgess. – Adafruit Learning System, 2023. – URL: <https://learn.adafruit.com/adafruit-neopixel-uberguide> (дата звернення: 05.05.2025).