

**ПРОТИПОЖЕЖНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ МОДУЛЯ NODEMCU V3 ESP8266
ДЛЯ ПОБУТОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

Вступ

Широке використання сучасних електронних компонентів і цифрових методів обробки інформації призводить до істотної “інтелектуалізації” технічних засобів. Цифрові системи на основі мікроконтролерів і сенсорів застосовуються для підвищення гнучкості та функціональності технічних пристроїв шляхом обробки даних у реальному часі та прийняття рішень на місці без участі центрального комп’ютера [1]. Сучасні технічні засоби охорони, до яких насамперед можна віднести системи електронних пожежних сигналізацій, накопичують та інтерпретують дані від широкого спектра сенсорів для раннього виявлення загроз [2]. Дані системи можуть бути застосовані як повністю інтегровані системи або системи, в основі яких лежать функціонально незалежні компоненти, з’єднані через цифрові шини та мережі [3]. Сучасні тенденції розвитку електротехніки та електронної техніки, в основі якої лежить мікромініатюризація, вимагають використання широкої номенклатури малопотужних і малогабаритних пристроїв та виробів, що виконані на новій конструктивній основі електрорадіоелементів, оскільки мікросхеми з високим ступенем інтеграції дозволяють значно зменшити масогабаритні характеристики складних пристроїв при одночасному підвищенні енергоефективності та швидкодії [4, 5]. На сучасному етапі розвитку досягнення науки і техніки у сфері електронної техніки дають можливість істотно зменшити масогабаритні характеристики електронних пристроїв за рахунок використання однокристальних мікроконтролерів і водночас поліпшити їх показники надійності і довговічності та якісні характеристики, що підтверджено сучасними розробками інтегрованих систем обробки сигналів і вбудованих алгоритмів розпізнавання [6].

Актуальність розробки портативних недорогих систем пожежної сигналізації на основі мікроконтролерів для побутового застосування зумовлена зростаючою кількістю пожеж у житловому секторі та необхідністю забезпечення раннього виявлення загорянь з мінімальними витратами. Пожежі в житлових приміщеннях залишаються однією з вагомих причин травматизму та смертності, що підкреслює соціальну значущість впровадження доступних автономних систем детекції [1]. Сучасні дослідження у сфері сенсорних технологій доводять, що інтеграція датчиків диму, температури та газів із мікроконтролерною обробкою сигналів дозволяє підвищити точність виявлення пожежі та зменшити кількість хибних спрацьовувань [7]. Розвиток мікромініатюризації та технологій корпусування мікросхем забезпечує зменшення масогабаритних характеристик і підвищення надійності електронних пристроїв при зниженні їх вартості [8]. Використання сучасних однокристальних мікроконтролерів із низьким енергоспоживанням створює можливість реалізації автономних, енергоефективних та функціонально гнучких систем, доступних для широкого кола користувачів у побутових умовах [9, 10]. Таким чином, поєднання соціальної потреби у підвищенні рівня пожежної безпеки населення з технічними досягненнями у галузі вбудованих систем обґрунтовує доцільність і своєчасність розробки портативних недорогих мікроконтролерних систем пожежної сигналізації для житлового сектору [11].

Метою даної роботи є розробка пожежної сигналізації на базі платформи NodeMcu V3 ESP8266, який за технічними характеристиками не поступається широко використовуваним у таких системах мікроконтролерам Arduino, давачів диму, газу, температури і вологості, вібрації, реле та GSM-модуля для обміну даними.

Принципи функціонування системи пожежної сигналізації

Система пожежної сигналізації являє собою комплекс технічних засобів, основним призначенням якого є виявлення пожежі, обробка і надання у заданому вигляді повідомлення про пожежу на об'єкті, який необхідно захистити, спеціальної інформації для видачі команд на увімкнення автоматичних пристроїв пожежогасіння та керування іншими технічними засобами. Будь-яка система пожежної сигналізації складається із пожежних оповіщувачів, приймально-контрольних приладів, звукових і світлових оповіщувачів, технічних засобів передачі інформації до пультів централізованого спостереження, пультів зв'язку пожежних частин [12].

Використовувані на даний час системи і технічні засоби пожежної сигналізації класифікуються за наступними основними ознаками:

1) за призначенням (прилади охоронної сигналізації і сигнально-пускові блоки автоматичних установок пожежогасіння, прилади пожежної сигналізації);

2) за видом технічних засобів (установки пожежної сигналізації, системи передачі сповіщень про пожежу, об'єднані пульти централізованого спостереження, прилади пожежної сигналізації спеціального призначення, зокрема, для різних видів транспорту – автомобільного, водного, залізничного, повітряного) і об'єктів спеціального призначення);

3) за конструктивним виконанням (звичайне, пилезахищене і водозахищене, вибухозахищене);

4) за видом ліній використовуваного зв'язку (лінії міської телефонної мережі, лінії електричної мережі, радіоканал, спеціальні провідні і оптоволоконні лінії);

5) за видом підключених оповіщувачів (спеціальні – призначені для роботи в певних умовах; уніфіковані – реагують на певну первинну ознаку пожежі; комбіновані – реагують на декілька первинних ознак пожежі);

6) за елементною базою функціональних вузлів (електромеханічні, на основі дискретних напівпровідникових та інтегральних мікросхем, мікропроцесорів та комбінованої бази).

Запропонована класифікація може бути розширена за рахунок врахування інших ознак, які впливають на найважливіші характеристики систем пожежної сигналізації.

Загалом будь-яка система автоматичного протипожежного захисту у своєму складі містить ряд підсистем: оповіщення людей про пожежу і керування евакуацією; автоматичне видалення диму; установки пожежогасіння; пожежна сигналізація.

Структурна схема пожежного оповіщувача у загальному вигляді може бути представлена, як показано на рис. 1.

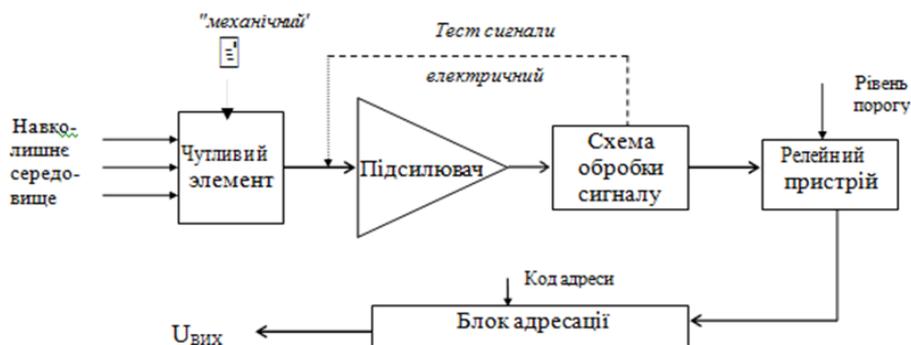


Рис. 1. Узагальнена структурна схема пожежного оповіщувача

Таким чином, при розробленні пристрою необхідно враховувати вище зазначені особливості функціонування систем пожежної сигналізації.

Основні елементи пристрою та його реалізація

1. Платформа NodeMCU V3 ESP8266. Для реалізації даного проекту було використано платформу NodeMCU V3 ESP8266 (рис. 2), оснащений вбудованим модулем Wi-Fi, що дозволяє легко підключати пристрої до Інтернету без додаткових модулів. NodeMCU підтримує живлення через USB або через VIN 5 В і має вбудований стабілізатор, що спрощує живлення та підключення периферії. Перевагою модуля є висока тактова частота процесора ESP8266 (80–160 МГц) проти 16 МГц у Arduino Uno, що дозволяє швидше обробляти дані та виконувати складні алгоритми. NodeMCU має менший розмір та інтегрований програматор, що спрощує прошивку через USB, тоді як для Arduino іноді потрібен зовнішній програматор. Усі ці фактори роблять NodeMCU V3 ESP8266 більш придатним для IoT-проектів, автоматизації та дистанційного моніторингу в порівнянні з класичною платформою Arduino.

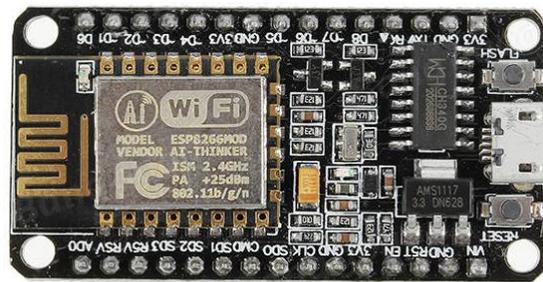


Рис. 2. Модуль NodeMCU V3 ESP8266

2. Давач газу/диму MQ-2. Давач газу, побудований на базі газоаналізатора MQ-2, дозволяє виявляти наявність в навколишньому повітрі вуглеводневих газів: пропан у кількості 0,2 ÷ 5 проміле; метан – 5 ÷ 20 проміле; бутан – 0,3 ÷ 5 проміле; водень – 0,3 ÷ 5 проміле; діапазон чутливості до диму – 300 ÷ 10000 ppm; час відгуку не перевищує 10 с). Давач можна використовувати для виявлення витоків промислового газу і задимлення. Вихідним результатом є аналоговий сигнал, пропорційний вмісту газів, до яких чутливий газоаналізатор. Візуальне зображення давача та електричної схеми подано рис. 3.

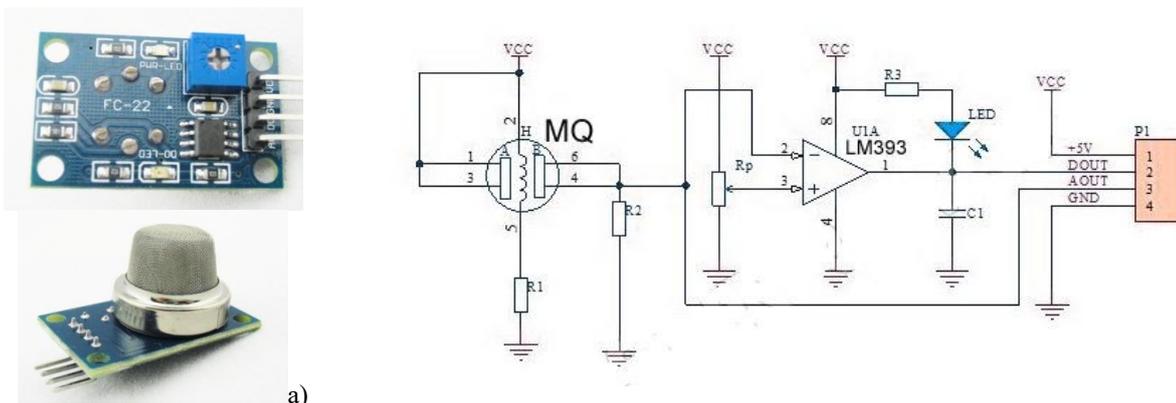


Рис. 3. Модуль давача газу/диму MQ-2 (а) та його електрична схема (б)

3. Давач газу MQ-7. Давач газу MQ-7 дає можливість виявляти чадний газ при його концентрації 10 ÷ 1000 ppm, чутливість давача становить 3 %; час відгуку – 1 с, час відповіді – 30 с. Візуальне зображення давача та його електричної схеми подано рис. 4.

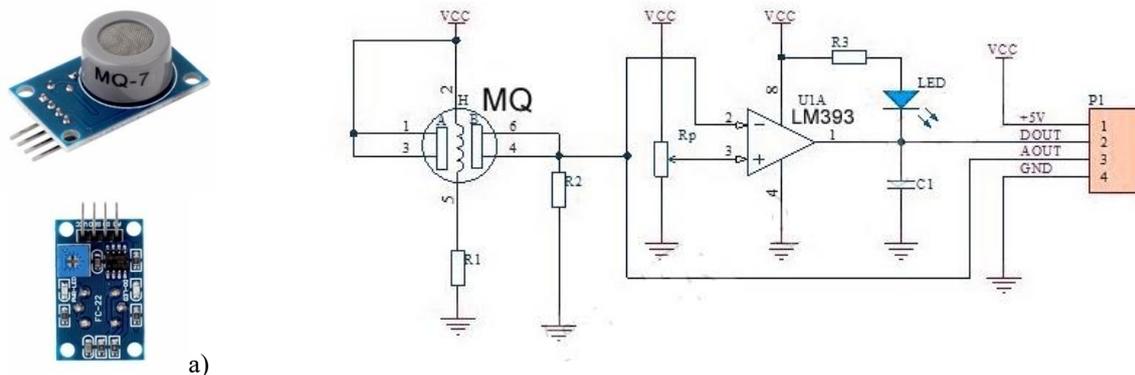


Рис. 4. Модуль давача газу MQ-7 (а) та його електрична схема (б)

4. Давач температури і вологості DHT22. Давач DHT22 добре підходить для вимірювання вологості і температури в приміщенні, що дасть змогу для більш точного контролю пожежної сигналізації. Діапазон вимірювання вологості – 0-100 %, температури – $-40 \div 80^{\circ}\text{C}$; точність вимірювання вологості – $\pm 2\%$ RH, температури – $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Вигляд давача та його електрична схема подані на рис. 5.

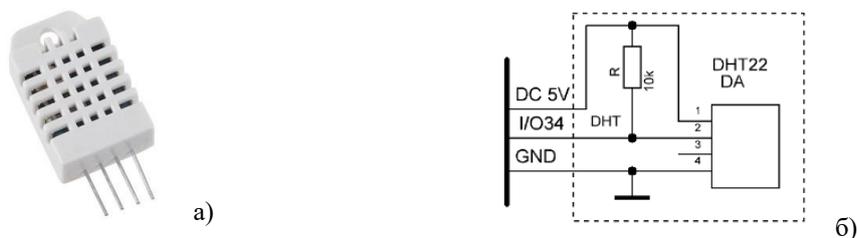


Рис. 5. Давач температури і вологості DHT227 (а) та його електрична схема (б)

5. Давач вібрації SW-420. Давач SW-420 реагує на вібрацію. Основна сфера застосування – детектування вібрацій в охоронних сигналізація, протиугінних системах і детектування землетрусів. На корпусі модуля містяться два світлодіоди – червоний і зелений. Червоний світлодіод підключається до виводу живлення і горить, коли на модуль подається напруга живлення. Зелений світлодіод підключається до цифрового виходу і світиться, коли давач спрацьовує. Чутливість давача регулюється потенціометром, який розташований на платі. Візуальне зображення давача та його електричної схеми подано на рис. 6.

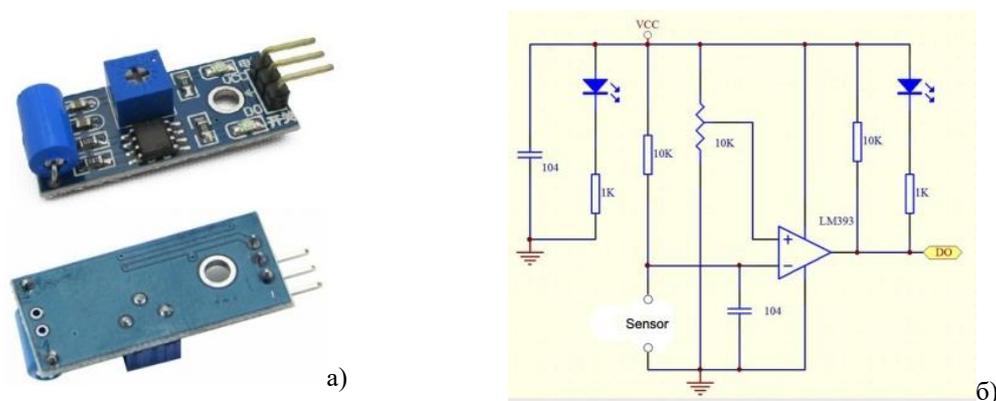


Рис. 6. Давач вібрації SW-420 (а) та його електрична схема (б)

6. Реле. Модуль 1-канального реле 5 В, 15-20мА для спрацьовування, тобто може управлятися безпосередньо з виводів NodeMCU V3 ESP8266. Включається логічним нулем, вимикається логічною одиницею.

7. GSM модуль M590. Це вузькоспеціалізований пристрій, призначений виключно для обміну SMS та передачі даних через GPRS, що робить його ідеальним для автономних систем моніторингу та IoT-датчиків (рис. 7). Діапазони частот: 900 та 1800 МГц. Напруга від 3,3 В до 4,5 В (рекомендовано 3,9 В – 4,2 В). Модуль потребує високого струму (до 2 А) у пікові моменти передачі даних.



Рис. 7. GSM-модуль M590

Маючи декілька датчиків і мікроконтролер, потрібно точно знати, які дані передаються на мікроконтролер. Кожен датчик підключений до модуля NodeMCU V3 ESP8266 на пряму і передає цифровий або аналоговий сигнал, який обробляється мікроконтролером. Залежно від рівня сигналу мікроконтролер вираховує, чи потрібно подавати подальший сигнал на реле, пожежну станцію або на пожежну сигналізацію.

Датчики можна підключати на пряму до лінії передачі сигналу до пожежної станції, але такий сигнал буде досить не якісний, оскільки датчики мають різні вихідні сигнали (як цифровий і аналоговий), що може призвести до неправильної роботи пожежної сигналізації. Блок схема роботи пристрою пожежної сигналізації зображена на рис. 8, а схема підключення всіх компонентів на рис. 9.

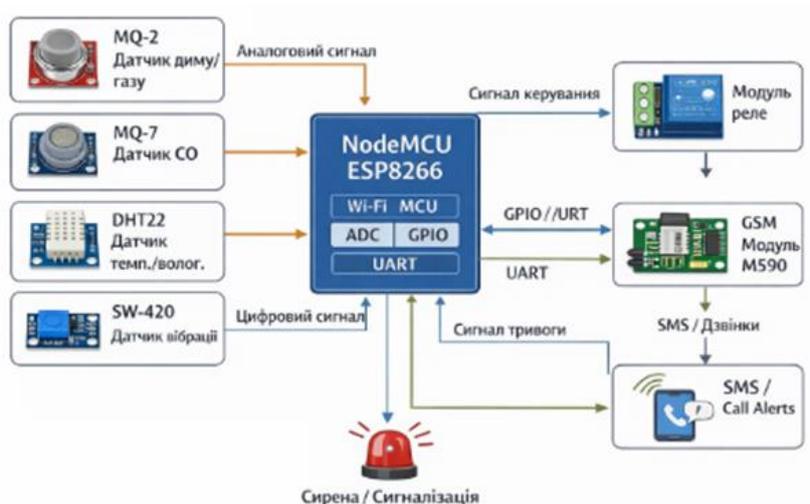


Рис. 8. Блок-схема роботи пристрою пожежної сигналізації

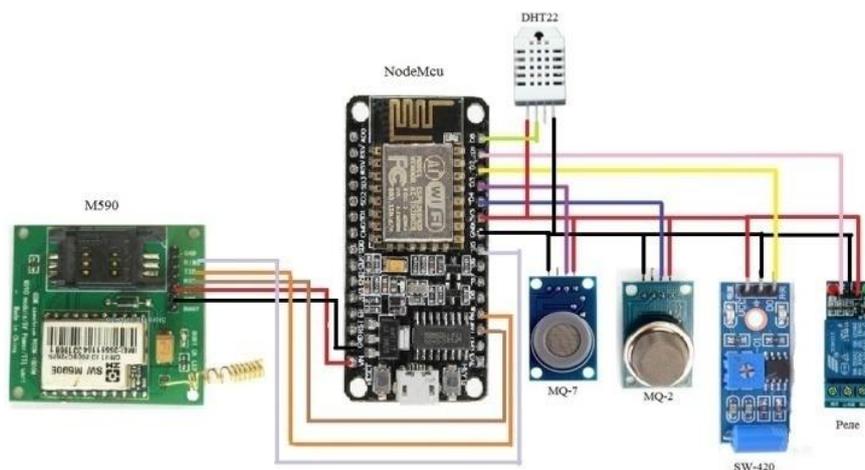


Рис. 9. Підключення датчиків і модулів до мікроконтролера

Програмний код для функціонування пристрою написаний мовою C++ у середовищі розробки Arduino IDE з використанням специфічних бібліотек для роботи з периферією ESP8266. Суть програми полягає у створенні циклічного алгоритму моніторингу безпеки: мікроконтролер постійно опитує цифрові та аналогові сигнали з датчиків загрози (дим, чадний газ, вібрація) та порівнює показники температури з критичним порогом. У разі виявлення небезпеки система миттєво активує виконавчий механізм через реле та ініціює передачу тривожного сповіщення через GSM-шлюз.

Особливістю роботи коду є використання SoftwareSerial для взаємодії з модулем M590 за допомогою AT-команд, що дозволяє звільнити основний апаратний UART для налагодження системи через комп'ютер. Оскільки NodeMCU має обмежену кількість аналогових входів, код адаптований під обробку цифрових сигналів ("0" або "1") від датчиків серії MQ, де поріг спрацювання попередньо налаштовується вручну за допомогою вбудованих у модулі потенціометрів. Це забезпечує високу швидкість реакції та стабільність роботи навіть при обмежених ресурсах контролера.

Висновки

Розглянуто основні принципи функціонування систем пожежної сигналізації, запропоновано прототип пристрою для моніторингу стану приміщень щодо їх відповідності умовам пожежного захисту на базі платформи платформи NodeMCU V3 ESP8266 та датчиків диму, газу, температури, вологості та вібрації. Написано програмний код для роботи пристрою. Запропоновану систему можна успішно використовувати на об'єктах, де вплив небезпечних факторів пожежі може призвести до травматизму та загибелі людей.

Список літератури:

1. Z. Song, Z. Liu, Y. Li, L. Yang, and R. Chen, "Intelligent Smoke Alarm Based on Microcontroller," *Frontiers Sci. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 407–415, Mar. 2025. doi: <https://doi.org/10.54691/12nbab76>.
2. A. Gaur *et al.*, "Fire Sensing Technologies: A Review," *IEEE Sensors J.*, vol. 19, no. 9, pp. 3191–3202, May 2019. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2019.2894665>.
3. E. N. Ifeagwu and A. D. Adebayo, "The Design and Analysis of a Micro Controller Based Fire Alarm System with Water Sprinkler," *IJEMI*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, Jun. 2024.
4. P. (Dr.) A. Hussain, "Low-Power Design Techniques for Embedded Processors in Portable Devices: A Review of Methods and Applications", Vol. 1, No. 8. Zenodo, P. 15–22, Aug. 08, 2025. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16834435>.
5. E. Bender, J. B. Bernstein, and D. S. Boning, "Modern Trends in Microelectronics Packaging Reliability Testing," *Micromachines*, vol. 15, no. 3, p. 398, Mar. 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/mi15030398>.
6. A. Hassan and A. I. Audu, "A Lightweight CNN Model for Vision Based Fire Detection on Embedded Systems," *FUOYE J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 624–628, Feb. 2025. doi: <https://doi.org/10.4314/fuoyejt.v9i4.9>.

7. H. Alqourabah, A. Muneer, and S. M. Fati, "A smart fire detection system using iot technology with automatic water sprinkler," *Int. J. Elect. Comput. Eng. (IJECE)*, vol. 11, no. 4, p. 2994, Aug. 2021. doi: <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i4.pp2994-3002>.
8. S. N. Rao and K. M. kondiah, "Experimental Paper on Microcontroller based Fire Detection Alarm System," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 67, no. 2, pp. 50–52, Feb. 2019. doi: <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v67i2p211>.
9. S. M. Al-Chalabi, A. M. Al-Chalabi, and R. A. Al-Khafaji, "Innovative pre-fire alert smart detection system-based embedded system," *AIP Adv.*, vol. 14, no. 5, May 2024. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0195026>.
10. B. Liu, B. Sun, P. Cheng, and Y. Huang, "An Embedded Portable Lightweight Platform for Real-Time Early Smoke Detection," *Sensors*, vol. 22, no. 12, p. 4655, Jun. 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/s22124655>.
11. O. V. Andreiev, O. Dubyna, and T. Nikitchuk, "The combined alarm system based on ESP32CAM", *ten*, no. 2(90), pp. 131–135, Dec. 2022. doi: [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-131-135](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-131-135).
12. Системи пожежної сигналізації / І.Я. Кріса, О.І. Воробйов: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 232 с.

Надійшла до редколегії 10.03.2025

Відомості про авторів:

Остапшин Назарій Андрійович – бакалавр кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника / Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Україна; email: nazarii.ostapyshyn.21@pnu.edu.ua

Мандзюк Володимир Ігорович – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника / Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Україна; email: volodymyr.mandziuk@pnu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6020-7722>