

Розробка детектора блискавок на основі датчика AS3935

Б. Г. Салтовський

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

Анотація. У статті представлено розробку та експериментальну перевірку портативного детектора блискавок, створеного на основі сенсора AS3935 та мікроконтролерної платформи ESP32-S3. Дослідження спрямоване на задоволення зростаючої потреби у доступних і мобільних засобах раннього виявлення атмосферних електричних розрядів в умовах збільшення екстремальних погодних явищ. Після аналізу існуючих промислових та наукових рішень було обґрунтовано вибір радіочастотного сенсора AS3935 завдяки його високій чутливості, низькому енергоспоживанню та вбудованим алгоритмам відсікання перешкод. Розроблено повну апаратно-програмну систему: схему пристрою, алгоритми збору й обробки сигналів та відображення даних на OLED-дисплеї. Подієво-орієнтована програмна архітектура забезпечує економію енергії шляхом переходу мікроконтролера у режим очікування до моменту надходження переривання від сенсора. Пристрій здатний розрізняти справжні грозові розряди та електричні завади, визначати відстань до джерела блискавки до 40 км і виводити відповідні повідомлення, наприклад «Lightning detected» чи «Disturber detected». Робота з детектором зведена до трьох етапів: підключення живлення та автоматична ініціалізація, безперервний фоновий моніторинг та за потреби ручне увімкнення або вимкнення режиму виявлення подій за допомогою кнопки BOOT із миттєвим відображенням стану на дисплеї. Тестування прототипу підтвердило правильність функціонування, надійність і придатність до використання у польових умовах. Запропонована система може бути корисною фермерам, рятувальникам, туристам, операторам енергетичних об'єктів для підвищення безпеки та оперативного реагування. У подальшому планується розширення функціоналу – інтеграція GPS та хмарного сервісу для віддаленого моніторингу й створення мобільного застосунку.

Ключові слова: блискавка, грозова активність, портативний детектор, AS3935, ESP32-S3, апаратно-програмна система.

1 Постановка проблеми у загальному науковому вигляді та її зв'язок із важливими чи практичними задачами

Сучасні кліматичні зміни та зростання кількості екстремальних погодних явищ підвищують актуальність своєчасного виявлення атмосферних електричних розрядів, зокрема блискавок. Блискавка є одним із найнебезпечніших явищ природи, що може створити матеріальні збитки, порушити роботу електронного обладнання та становити загрозу для життя людей. [1; 2] У зв'язку з цим зростає попит на доступні, компактні та енергоефективні пристрої для виявлення грозової активності, що мають практичне значення для військових, фермерів, туристів, рятувальників [3–5] та придатні для зовнішнього застосування та створення систем раннього попередження.

2 Аналіз останніх досліджень і публікацій

Провідні компанії, такі як Franklin

Technologies, Boltek, Vaisala, пропонують професійні рішення для стаціонарного або промислового використання [6–8]. Існують три основні методи детектування блискавок [9; 10]: радіочастотний, оптичний та GPS-кореляційний. Найбільш придатним для портативних пристроїв є радіочастотний метод, що лежить в основі роботи сенсора AS3935. Останній має високу чутливість, низьке енергоспоживання та вбудовані алгоритми фільтрації шумів.

3 Формулювання мети та завдань статті

Метою статті є створення портативного детектора блискавок на основі датчика AS3935 [11–13] шляхом розробки апаратно-програмної системи з можливістю автономної роботи та виведення інформації про грозову активність. Завдання: огляд предметної сфери, дослідження датчика AS3935, визначення вимог до системи, розробка апаратної схеми та програмного забезпечення, тестування та оцінка ефективності пристрою.

© Салтовський Б. Г., 2025

Ця стаття відкритого доступу за ліцензією CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk>)

4 Виклад основного матеріалу дослідження

4.1 Апаратна частина

Апаратна частина системи складається з наступних компонентів:

4.1.1 Сенсор блискавок. Для детекції блискавок обрано спеціалізований сенсор AS3935 (рис. 1) від компанії AMS AG.

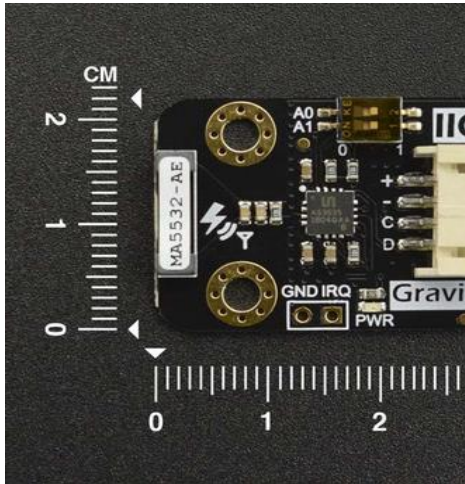


Рис. 1 - Сенсор на основі мікросхеми AS3935

Цей модуль використовується для виявлення електромагнітних імпульсів, що виникають під

час грозових розрядів, зокрема блискавок. Він може фіксувати грозову активність у межах до 40 км, тому підходить для систем попередження [14–17].

AS3935 має вбудований приймач, який працює на частоті 500 кГц, та цифрову обробку сигналів, завдяки чому сенсор розрізняє справжні блискавки й електричні перешкоди від техніки чи двигунів. Також він розраховує приблизну відстань до розряду, аналізуючи силу й форму сигналу. Окрема функція дозволяє відсікати хибні короткі імпульси, що не пов'язані з блискавками.

На структурній схемі (рис. 2) зображено основні елементи датчика, серед яких:

- *SPI / I²C* – цифрові інтерфейси для зв'язку з мікроконтролером;
- *I2C_ADD*, *ADD0*, *ADD1* – адресні входи для роботи по шині I²C;
- *IRQ* – вихід переривання, що сигналізує мікроконтролеру про події;
- *TEST*, *ACG* – службові контакти, призначені для калібрування та діагностики;
- осцилятор (*TRCO*) та генератори тактових імпульсів (*SRCO*) – формують опорні частоти;
- калібрування (*Calibration*) – забезпечує точність роботи сенсора;

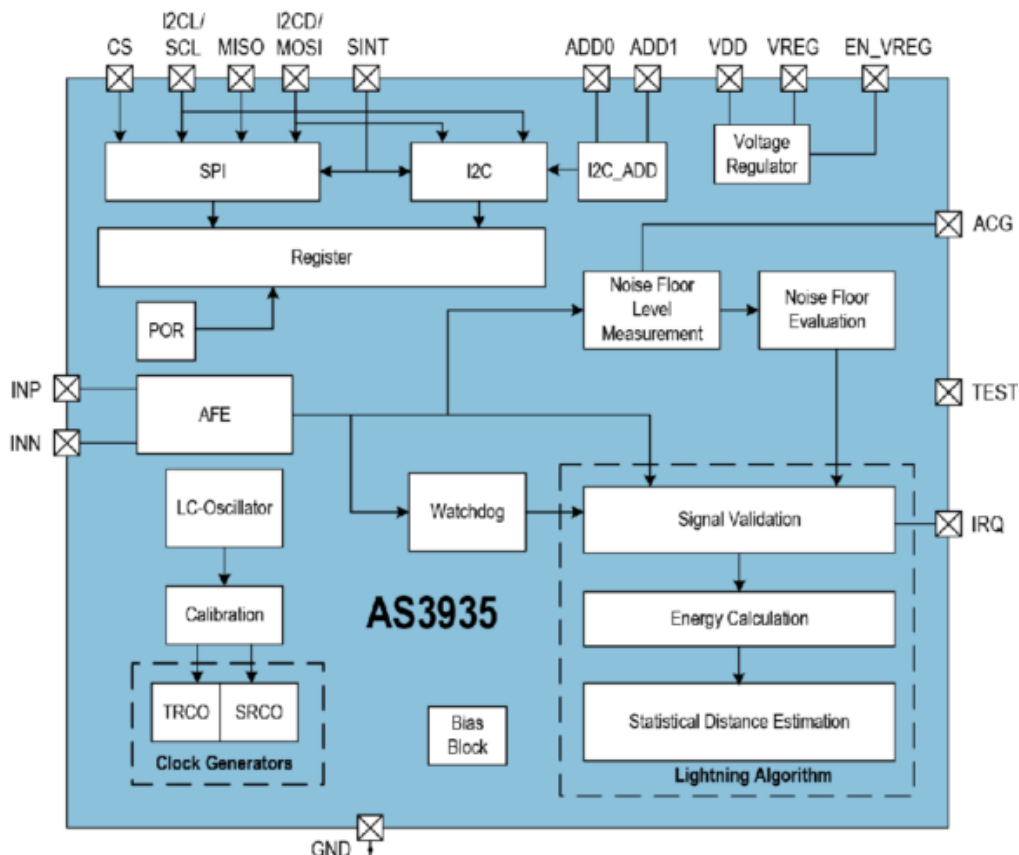


Рис. 2 - Структурна схема мікросхеми AS3935

– *Noise Floor Evaluation* і *Noise Floor Level Measurement* – аналізують рівень електромагнітного шуму, щоб запобігти хибним спрацюванням;

– *Signal Validation* – перевіряє, чи відповідає зафіксований сигнал характеристикам справжньої блискавки;

– *Energy Calculation* – визначає енергію імпульсу;

– *Statistical Distance Estimation* – обчислює приблизну відстань до джерела розряду за статистичними даними;

– *Watchdog* – контролює роботу внутрішніх вузлів і у разі збоїв перезапускає їх;

– *Voltage Regulator / Bias Block* – відповідає за живлення та стабілізацію напруги внутрішніх модулів.

4.1.2 Обчислювальний модуль. Для попередньої обробки сигналу, фільтрації шумів, обчислення відстані до джерела розряду та взаємодії з іншими компонентами системи використовується плата на основі мікроконтролера ESP32 [18] (рис. 3).

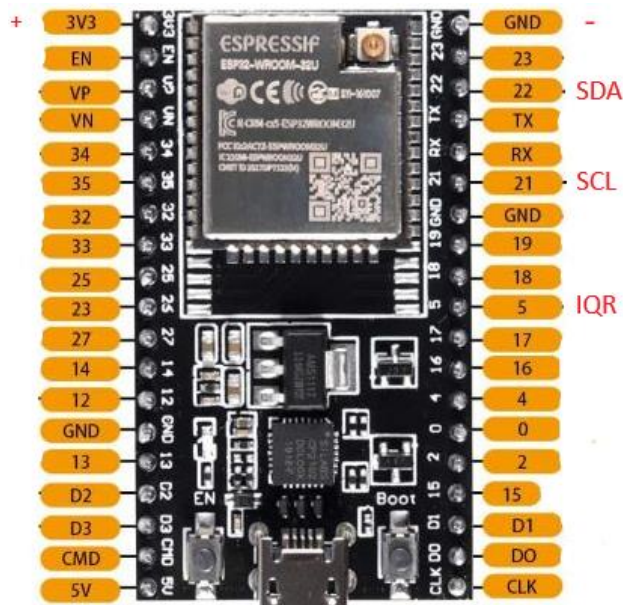


Рис. 3 - Плата з мікроконтролером ESP32

4.1.3 OLED-дисплей SSD1306. Для виведення інформації про блискавки використовується дисплей (рис. 4), який під'єднується за протоколом I²C.

Прототип детектора блискавок на основі датчика AS3935 має вигляд, наведений на рис. 5.

4.2 Програмна реалізація

Для створення програмного забезпечення системи моніторингу атмосферних розрядів було обрано мікроконтролер ESP32, сумісний з екосистемою Arduino. Такий вибір пояснюється

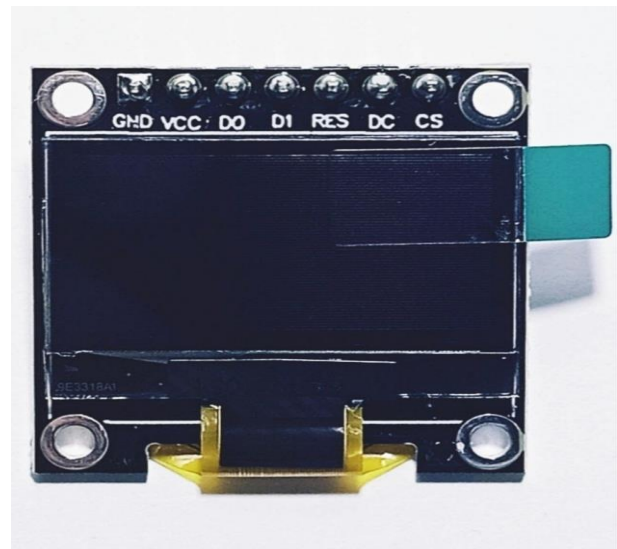


Рис. 4 - OLED дисплей SSD1306

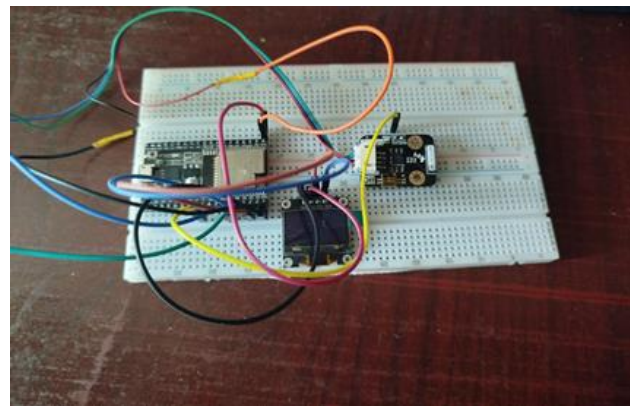


Рис. 5 - Прототип пристрою

зручністю розробки у середовищі Arduino IDE, яке надає швидкий старт і зрозумілий інтерфейс програмування мікроконтролерів. Arduino має велику спільноту користувачів, доступну документацію та численні бібліотеки й приклади, що значно прискорює процес розробки та виправлення помилок. Крім того, платформа підтримує I²C та інші інтерфейси, що спрощує підключення периферійних пристроїв, зокрема датчиків і дисплеїв.

Для програмної реалізації функцій пристрою було обрано мову C++, яка є однією з найпоширеніших у сфері вбудованих систем. Вона є основною мовою, яку підтримує Arduino IDE, тому природно підходить для розробки під мікроконтролери типу ESP32.

Алгоритм роботи пристрою можна описати наступною блок-схемою (рис. 6). Вона демонструє послідовність дій мікроконтролера, принцип взаємодії з периферійними модулями та спосіб комунікації з користувачем через кнопку керування. Такий підхід дає змогу чітко виділити основні функціональні блоки пристрою, показати їхню взаємодію та напрями передавання даних.

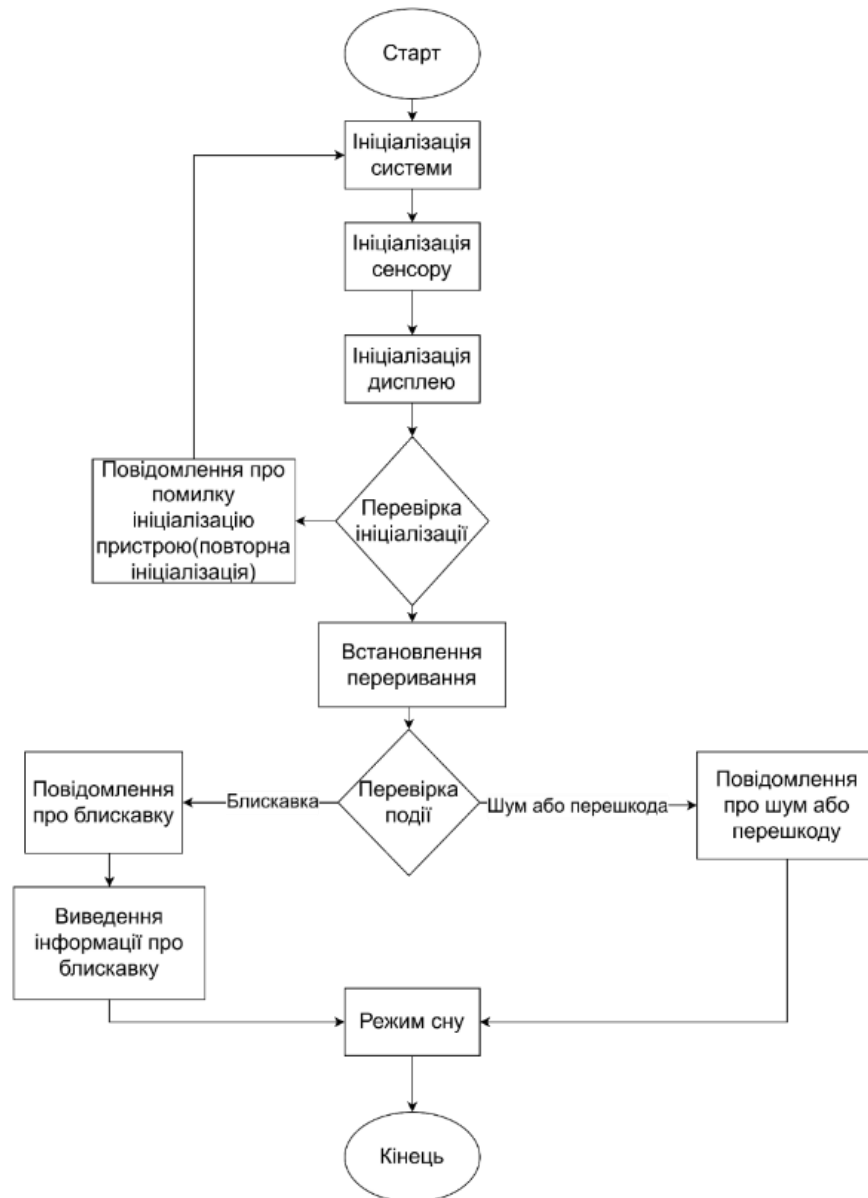


Рис. 6 - Блок-схема роботи пристрою

На схемі умовно можна розрізнити кілька головних підсистем:

Система живлення – забезпечує стабільну подачу електроенергії до всіх компонентів. Хоча вона не керується програмно, її надійність критично впливає на роботу пристрою.

Центральний обчислювальний модуль (ESP32) – основний елемент керування [6]. Мікроконтролер ініціалізує периферію, обробляє сигнали, інтерпретує дані сенсора та передає результати користувачеві. До його завдань входять обробка переривань, виконання програмної логіки, керування відображенням на дисплеї та контроль стану кнопок.

Сенсор блискавки AS3935 – периферійний пристрій для виявлення електромагнітних імпульсів, характерних для атмосферних розрядів. Під'єднується до ESP32 через шину I²C та фор-

мує сигнал переривання під час фіксації події [19; 20]. Працює у режимі очікування й споживає мінімум енергії.

OLED-дисплей – модуль виведення інформації для наочного відображення повідомлень користувачу. Дає змогу миттєво переглянути тип зафіксованої сенсором події та оцінити відстань до джерела блискавки.

Узагальнена блок-схема також відображає послідовність роботи системи від моменту ввімкнення живлення до завершення одного циклу обробки події. Під час старту відбувається ініціалізація всіх модулів і перевірка коректності їхнього підключення, після чого пристрій переходить у режим очікування переривань. У разі виявлення події активується обробник, який отримує необхідні дані, формує повідомлення для користувача та виводить його на дисплей.

Далі система знову повертається до стану очікування.

Програмна архітектура реалізована у вигляді подієво-орієнтованої моделі, що забезпечує оперативну реакцію на зовнішні сигнали без постійного опитування сенсорів. Основу становить типова структура програм для Arduino-сумісних контролерів із функціями *setup()* та *loop()*.

Функція *setup()* виконується один раз під час запуску або перезавантаження пристрою. У ній ініціалізуються послідовний інтерфейс, шина I²C для обміну даними з дисплеєм і датчиком, сам дисплей (з подальшим очищенням екрана), пін для кнопки та лінія переривання. Також підключається переривання до піну, через який надходить сигнал від сенсора.

loop() – головний цикл програми. У ньому кожні 5 секунд перевіряється зв'язок із датчиком (для контролю працездатності), обробляється натискання кнопки BOOT, відображаються зміни сигналу на піні IRQ (для діагностики), а також виконується логіка реагування на події переривання залежно від типу сигналу, генерованого датчиком.

Окрім цього, програма містить допоміжні функції:

handle Interrupt() – обробляє зовнішнє переривання та встановлює прапорець *interruptReceived*, якщо пристрій увімкнено.

initialize Sensor() – ініціалізує датчик грози та у разі помилки виводить відповідне повідомлення.

toggle System() – перемикає режим роботи (активний/пасивний), вмикаючи або вимикаючи дисплей і переривання.

show Message (message) – відображає текстові повідомлення на дисплеї.

Більшу частину часу мікроконтролер перебуває у стані очікування зовнішніх подій, що зменшує навантаження на систему та економить енергію. Уся логіка реагування на зміни електромагнітного поля покладена на події, які генерує сам датчик, завдяки чому досягається швидка й точна реакція.

Додатково реалізовано перевірку стану підключення датчика та можливість ручного вимкнення пристрою, що особливо важливо при автономному живленні.

5 Опис роботи пристрою

Система розроблена для фіксації грозової активності та відображення відповідних даних на OLED-дисплеї. Користувачу не потрібні спеціальні технічні знання для роботи з пристроєм – достатньо дотримуватися простої послідовності дій.

Перший етап – підключення живлення. Оскільки пристрій може працювати від акумулятора, цей етап у більшості випадків можна пропустити. Якщо ж живлення подається через спеціальний порт, його потрібно під'єднати вручну. У будь-якому випадку після ввімкнення на дисплеї відобразиться повідомлення «*System ready*», що означає успішну ініціалізацію системи.

Другим етапом роботи є режим очікування. У нормальному стані система перебуває у черговому режимі: сенсор постійно відстежує електромагнітну обстановку, проте дані на дисплей виводяться лише у випадку фіксації події:

а) якщо зафіксовано грозову активність – відображається повідомлення «*Lightning detected*» та визначена відстань у кілометрах;

б) якщо зафіксовано джерело завад – повідомлення «*Disturber detected*» (рис. 7).



Рис. 7 - Повідомлення про виявлення перешкоди

Третім етапом є керування роботою пристрою. Користувач може вручну вмикати або вимикати режим виявлення подій за допомогою кнопки BOOT на платі ESP32. Після натискання на цю кнопку на дисплеї з'являється повідомлення «*Detection disabled*» (рис.8), а екран вимикається, що свідчить про деактивацію функції виявлення.

При повторному натисканні – система повертається в активний режим з повідомленням «*Detection enabled*».



Рис. 8 - Повідомлення про вимкнення виявлення подій

6 Висновки і перспективи подальших досліджень

Розроблений портативний детектор блискавок підтвердив свою ефективність під час тестування. Пристрій може бути використаний у польових умовах для оперативного попередження про грозову активність. У перспективі планується розширення функціоналу – додавання передавання даних у хмару, інтеграція GPS-модуля та розробка мобільного застосунку для віддаленого моніторингу.

References

1. Ghosh B., Ghosh A., Dey D., Dalai S., Chatterjee B. A Scheme for local lightning detection and prediction system. *2020 IEEE Applied Signal Processing Conference (ASPCON)*, Kolkata, India, Oct. 07–09 2020. P. 369–373. DOI: 10.1109/ASPCON49795.2020.9276699.
2. Lighting & Thunderstorm – World Map. URL: <https://www.blitzortung.org> (Last accessed: 08.05.2025).
3. Da Silva T. A., Serrano A. L. M., Figueiredo E. R. C., Rocha Filho G. P., De Mendonça F. L. L., Meneguette R. I., Gonçalves V. P. New model for weather stations integrated to intelligent meteorological forecasts in Brasilia. *Sensors*. 2025. Vol. 25, № 11. P. 3432. DOI:10.3390/s25113432.
4. Mialdea-Flor I., Segura-Garcia J., Felici-Castell S., Garcia-Pineda M., Alcaraz-Calero J. M., Navarro-Camba E. Development of a low-cost iot system for lightning strike detection and location. *Electronics*. 2020. Vol. 8, № 12. P. 1512. DOI:10.3390/electronics8121512.
5. Yoon Y.-H. Operation of PV power generation facilities using lightning detectors. *The transactions of the korean institute of electrical engineers*. 2022. Vol. 71, № 12. P. 1868–1873. DOI:10.5370/kiee.2022.71.12.1868.
6. Nerella O., Ahmed S. M. Deployment of LoRa based lightning safety awareness and alert system with announcement in remote areas. *2023 IEEE 5th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA)*, Hamburg, Germany, Oct. 07–08, 2023. P. 621–625. DOI: 10.1109/ICCCMLA58983.2023.10346755.
7. Afanasiev V., Fustii V., Kompaniits O., Maksymov M., Afanasiev Y., Tymochko O. Synthesis method for sensor systems and UAVs in the problem of monitoring lightning. *2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2022. P. 315–319. DOI: 10.1109/PICST57299.2022.10238485
8. Zhang L., Zenget J.-Q., Cai M., Lv T., Lai Q. Study on the construction of lightning protection and safety supervision system in fujian. *Advances in intelligent systems and computing*. Cham, 2020. P. 147–152. DOI:10.1007/978-3-030-00214-5_19.
9. Nerella O., Ahmed S. M., Balakrishnan P. Experimental evaluation of lightning and weather alert methods in rural india using lora and iot technology with nanosensors. *Journal of nanomaterials*. 2024. Vol. 20. P. 1–18. DOI: 10.1155/2023/7734847.
10. Arshad N. S., Abdullah M., Samad S. A., Abdullah N. High intensity lightning recognition system using very low frequency signal features. *Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics*. 2020. Vol. 216 P. 105520. DOI: 10.1016/j.jastp.2020.105520.
11. AS3935 Franklin Lightning sensor. Tasmota. URL: <https://tasmota.github.io/docs/AS3935/> (Last accessed: 02.06.2025).
12. Heilmann A., Silva E., Tertuliano Filho H., Schuhmann J. C., et al. Detection efficiency analysis of atmospheric discharges using AS3935 Sensor : Data correlation of LINET network. *2019 International Symposium on Lightning Protection (XV SIPDA)*, Sao Paulo, Brazil, 2019. P. 1–7, DOI: 10.1109/SIPDA47030.2019.8951657.
13. Extreme weather monitoring with specialized sensors. Hackster.io. URL: <https://www.hackster.io/bluetiger9/extreme-weather-monitoring-with-specialized-sensors-da426f> (Last accessed: 08.05.2025).
14. Gravity: Lighting Sensor SKU: SEN0290 - DRFobot. URL: https://wiki.dfrobot.com/Gravity:Lightning_Sensor_SKU:_SEN0290 (Last accessed: 08.05.2025).
15. AS3935 lightning detector hookup guide (v20). SparkFun URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/sparkfun-as3935-lightning-detector-hookup-guide-v20> (Last accessed: 03.06.2025).
16. SparkFun Electronics. Product showcase: sparkfun lightning detector, 2019. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=txJ-x6xisYY> (Last accessed: 08.05.2025).
17. SwitchDoc Labs. Tuning the as3935 lightning detector – the thunderboard, 2019. YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fTEEDfWbGEU> (Last accessed: 08.05.2025).
18. Esp32 solar weather station-v1 – share project – pcbway. China PCB Prototype & Fabrication Manufacturer – PCB Prototype the Easy Way. URL: <https://www.pcbway.com/project/shareproject/Esp3>

2_Solar_Weather_Station_V1_4561b818.html
(Last accessed: 08.05.2025).

19. GitHub – evsc/thunderandlightning: let's sense lightning and make thunder. with the AS3935 franklin lightning sensor™ IC. GitHub. URL:

<https://github.com/evsc/ThunderAndLightning> (Last accessed: 08.05.2025).

20. GitHub – shred/kaminari: AS3935 and ESP8266 based Franklin Lightning Detector. GitHub. URL: <https://github.com/shred/kaminari> (Last accessed: 08.05.2025).

Development of Lightning Detector Based on the AS3935 Sensor

B. G. Saltovskiy

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. *This paper presents the development and experimental validation of a portable lightning detector based on the AS3935 sensor and an ESP32-S3 microcontroller platform. The study addresses the increasing need for affordable and mobile devices capable of early detection of atmospheric electrical discharges under conditions of rising extreme weather events. After analyzing the existing industrial and research solutions, the AS3935 radio-frequency sensor was chosen due to its high sensitivity, low power consumption and built-in noise rejection algorithms. A complete hardware and software system was designed and implemented, including the schematic of the device, data acquisition and signal processing routines, and an OLED display for real-time user notification. The event-driven software architecture enables efficient power usage by placing the microcontroller in a standby mode until an interrupt from the sensor occurs. The device can distinguish between real lightning discharges and electrical disturbances, estimate the distance to the lightning source up to 40 km and display corresponding messages such as “Lightning detected” or “Disturber detected”. User interaction is simplified to three stages: power connection and automatic system initialization, continuous background monitoring, and optional manual enabling or disabling of detection via the BOOT button with instant visual feedback on the display. Prototype testing confirmed correct functioning, reliability, and suitability for field use. The proposed system can be applied by farmers, emergency services, tourists, and power facility operators to enhance safety and preparedness. Future work will focus on integrating GPS and cloud connectivity for remote monitoring and adding mobile application support, thereby extending the functionality of the detector.*

Keywords: *lightning, thunderstorm activity, portable detector, AS3935, ESP32-S3, hardware-software system.*

Отримано 16.09.2025



Салтовський Борис Григорович, старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії факультету комп'ютерних наук, Чорноморський національний університет ім. Петра Могили; Вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003, Україна.
E-mail: saltovski@gmail.com; тел.: +38 063 999 0044.

Borys Saltovskiy, Senior Lecturer at the Department of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University; 10, Str. 68 Desantnykiv, Mykolaiv, 54003, Ukraine. E-mail: saltovski@gmail.com; ph.: +38 063 999 0044.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-8296-201X>