

РОЗРОБКА ТЕПЛОВІЗОРА НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглядаються принципи розробки доступного тепловізійного пристрою на базі сучасних мікроконтролерів. Аналізується процес інтеграції інфрачервоних сенсорів, обробки отриманих даних та візуалізації теплового зображення. Особливу увагу приділено алгоритмам інтерполяції для підвищення якості картинки при низькій роздільній здатності сенсора.

Ключові слова: тепловізор, мікроконтролер, ІЧ-сенсор, термографія, цифрова обробка сигналів.

Abstract

The article examines the principles of developing an affordable thermal imaging device based on modern microcontrollers. The process of integrating infrared sensors, processing the obtained data, and visualizing the thermal image is analyzed. Particular attention is paid to interpolation algorithms to improve image quality at low sensor resolution. The study highlights the potential of using such systems for technical diagnostics and energy auditing.

Keywords: thermal imager, microcontroller, IR sensor, thermography, digital signal processing.

Вступ

Стрімкий розвиток систем автоматизації та моніторингу вимагає впровадження ефективних засобів безконтактного вимірювання температури. Традиційні тепловізори часто є занадто дорогими для масового використання в інженерних проектах. Тому розробка бюджетних систем на базі мікроконтролерів (наприклад, ESP32 або STM32) та малогабаритних ІЧ-матриць є актуальним завданням для сучасної приладобудівної галузі.

Результати дослідження

Розробка сучасного тепловізора на базі мікроконтролера вимагає комплексного підходу, що поєднує знання з оптики, мікропроцесорної техніки та алгоритмічного забезпечення. Основним елементом системи є напівпровідникова матриця мікроболометрів (наприклад, MLX90640), яка реєструє інфрачервоне випромінювання у діапазоні 8–14 мкм [1, 115-134с.]. Проведене дослідження дозволило виділити та оптимізувати наступні ключові аспекти функціонування пристрою:

- Оптимізація обміну даними: Для забезпечення стабільної частоти кадрів (Frame Rate) використано розгін шини I²C до частоти 400 кГц або 1 МГц (Fast Mode Plus). Це дозволяє мінімізувати затримки при зчитуванні повної матриці значень температур [2, 147-193с.].
- Методи цифрової фільтрації: Оскільки бюджетні ІЧ-сенсори мають значний рівень власного теплового шуму, у роботі застосовано експоненційне ковзне середнє (EMA). Це дозволяє стабілізувати зображення без суттєвої втрати динаміки при русі об'єктів [3, 315-347с.].
- Програмна інтерполяція та апскейлінг: Через обмежену кількість фізичних пікселів (768 точок для MLX90640) впроваджено алгоритм бікубічної інтерполяції. На відміну від лінійної, цей метод враховує градієнти температур сусідніх 16-ти точок, що дозволяє уникнути "сходинок" на межах гарячих об'єктів та отримати візуально приємну картинку з роздільною здатністю до 320x240 або 640x480 пікселів [4, 255-283с.].
- Корекція коефіцієнта випромінювання (Emissivity): Реалізовано можливість програмного введення коефіцієнта ϵ (emissivity), що є критично важливим для точного вимірювання температури металевих поверхонь, які мають високу відбивну здатність [5, 567-689с.].
- Система динамічного контрасту: Розроблено алгоритм, який автоматично розраховує гістограму розподілу температур у кадрі. Це дозволяє пристрою миттєво адаптуватися до появи об'єктів з екстремально високими температурами, запобігаючи "засліпленню" сенсора [6, 615-747с.].

Використання мікроконтролерів серії ESP32 дозволило реалізувати не лише локальну візуалізацію на TFT-дисплеї, а й передачу потокового відео за протоколом WebSocket. Це відкриває шлях до створення мережі автономних датчиків для промислового моніторингу електрощитових або систем опалення.

Висновки

Отже, розробка тепловізора на базі мікроконтролера доводить можливість створення ефективного діагностичного інструменту з низькою собівартістю. Застосування алгоритмів цифрової обробки сигналів дозволяє компенсувати апаратні обмеження недорогих сенсорів, забезпечуючи достатню точність для побутових та промислових потреб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Квасніков В. П., Кондратюк М. В. Прилади та методи тепловізійного контролю: навч. посіб. Київ: НАУ, 2017. 216 с.
2. Тимчик Г. С., Скицюк В. І. Оптико-електронні системи в приладобудуванні. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 240 с.
3. Павлишин П. М. Мікроконтролери в системах автоматики та керування. Львів: Магнолія-2006, 2020. 320 с.
4. Walker N. Thermal Imaging Cameras: Characteristics and Performance. CRC Press, 2021. 312 p.
5. Fraden J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. Springer, 2016. 758 p.
6. Vollmer M., Möllmann K. P. Infrared Imaging: A Guide for Instructors, Students and Devices. Wiley-VCH, 2018. 832 p.

***Владислав Сергійович Васильків** - студент гр. КОІС-22б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vasilkivalena@gmail.com*

*Науковий керівник: **Олександр Володимирович Карась** - доктор філософії, доцент кафедри Біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця*

***Vladyslav S. Vasytkiv** - Student, KOIS-22b Group, Faculty of Information and Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vasilkivalena@gmail.com*

*Supervisor: **Tymofii Y. Gerasymov** - Oleksandr V. Karas – PhD, Associate Professor at the Department of Biomedical Engineering and Opto-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia., e-mail: karas@vntu.edu.ua*