

Інфрачервоний PIR-сенсор для системи виявлення руху та вимірювання відстані Вінницький національний технічний університет

Анотація. У роботі розглянуто використання інфрачервоного PIR-сенсора та лазерного ToF-датчика у системах виявлення руху та вимірювання відстані. Наведено принципи роботи, технічні характеристики та переваги сенсорів HC-SR501 і VL53L0X, які забезпечують високу точність, енергоефективність та стабільність вимірювань. Запропоновано комбіновану структуру системи, у якій PIR-сенсор виконує функцію попереднього детектування руху, а ToF-датчик здійснює точне вимірювання дистанції. Такий підхід дозволяє підвищити надійність і зменшити кількість хибних спрацювань у системах автоматизації. Приклад реалізації базується на мікроконтролері ESP32 з TFT-дисплеєм для візуалізації результатів.

Ключові слова: інфрачервоний сенсор; PIR; ToF; VL53L0X; HC-SR501; ESP32; система виявлення руху; вимірювання відстані; автоматизація.

Вступ

Розвиток систем автоматизації зумовлює необхідність використання сенсорних модулів, здатних забезпечувати надійне виявлення руху, визначення просторових параметрів і збір інформації про навколишнє середовище. Сучасні тенденції спрямовані на створення малопотужних, енергоефективних і високочутливих сенсорних пристроїв, що легко інтегруються у вбудовані мікроконтролерні системи.

Особливе місце серед таких пристроїв посідають інфрачервоні PIR-сенсори та лазерні ToF-датчики, які поєднують простоту конструкції з високою точністю роботи. Їхнє спільне використання у складі інтелектуальних систем дозволяє реалізувати багаторівневий контроль руху й відстані, що є актуальним для охоронних комплексів, систем «розумного дому», робототехніки та промислової автоматизації.

Метою даної роботи є дослідження можливостей застосування інфрачервоного PIR-сенсора HC-SR501 та лазерного ToF-датчика VL53L0X у комбінованій системі виявлення руху та вимірювання відстані на базі мікроконтролера ESP32.

Результати дослідження

Сучасні системи автоматизації та безпеки активно використовують сенсорні модулі для виявлення руху, контролю просторових параметрів та збору інформації про оточення. Найбільш поширеними рішеннями у сфері малопотужних вбудованих систем є інфрачервоні PIR-датчики (Passive Infrared Sensor) та лазерні датчики відстані, що працюють на принципі вимірювання часу прольоту променя (Time-of-Flight, ToF).

PIR-сенсор HC-SR501 застосовується для виявлення руху шляхом аналізу зміни інфрачервоного випромінювання, яке створюють живі об'єкти. Датчик має високу чутливість, широкий кут огляду (до 120°) та радіус дії до 7 метрів, що робить його ефективним для систем сигналізації, автоматичного освітлення та робототехніки. Схему підключення PIR-сенсора до мікроконтролера наведено на рис. 1. HC-SR501 є енергоефективним, має регулювання чутливості й затримки спрацювання, та працює на напрузі 5 В.

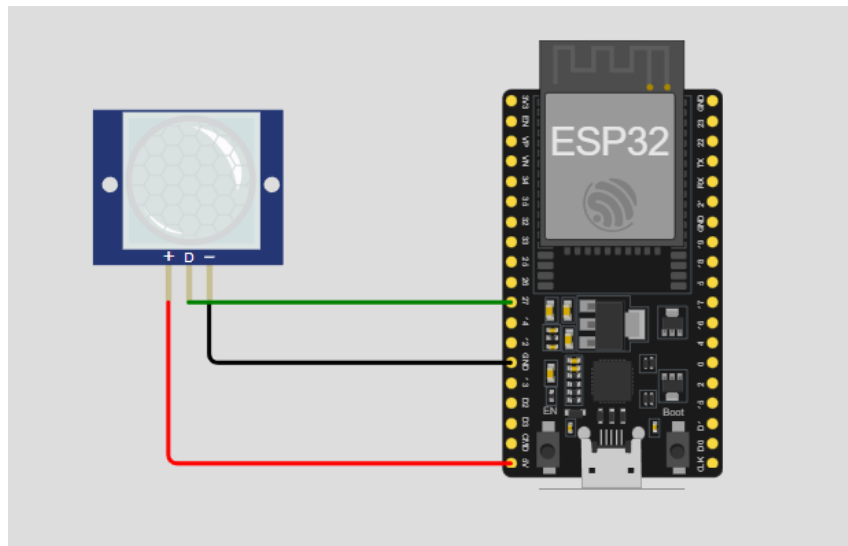


Рисунок 1 – Схема підключення сенсора HC-SR501

ToF-сенсор VL53L0X використовує лазерний промінь та вимірює час його повернення після відбиття від об'єкта. На відміну від ультразвукових або простих оптичних датчиків, VL53L0X забезпечує високу точність і стабільність результатів незалежно від кольору, текстури та кута поверхні. Схему підключення датчика VL53L0X подано на рис. 2. Дальність вимірювання досягає 2 метрів, а точність — у межах міліметрів. Наявність інтерфейсу I²C дозволяє легко інтегрувати сенсор у мікроконтролерні системи.

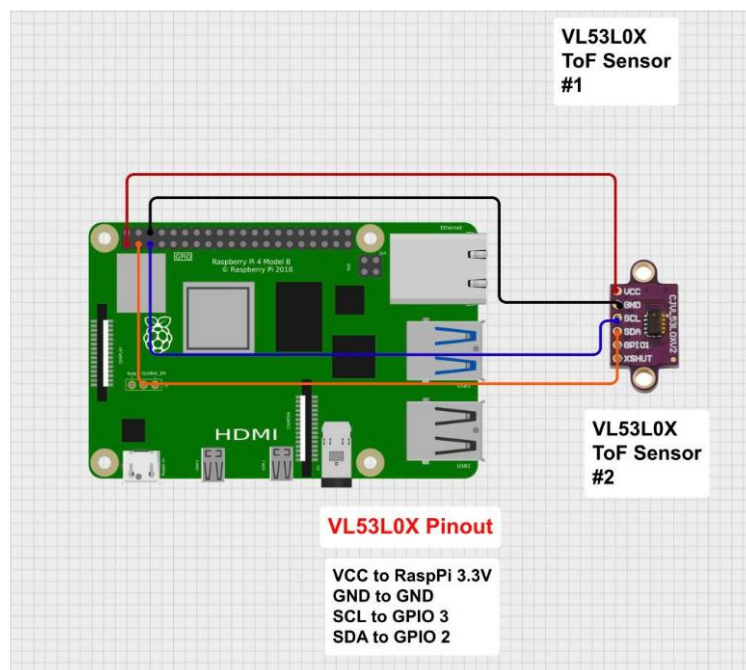


Рисунок 2 – Схема підключення сенсора VL53L0X

Комбінація PIR-та ToF-сенсорів дозволяє створювати інтелектуальні системи з подвійним контролем: спочатку фіксується рух у зоні, після чого запускається точне вимірювання відстані. Подібний підхід підвищує точність та знижує ризик хибних спрацювань. Прикладом реалізації є система на базі мікроконтролера ESP32 з TFT-інтерфейсом для моніторингу руху та дистанції.

Висновки

У результаті проведеного дослідження розглянуто принципи роботи та особливості застосування інфрачервоного PIR-сенсора HC-SR501 і лазерного ToF-датчика VL53L0X у системах автоматизації та безпеки. Показано, що комбіноване використання цих сенсорів забезпечує підвищену точність виявлення руху, достовірність вимірювання відстані та зменшує кількість хибних спрацювань.

Розроблена структура системи на базі мікроконтролера ESP32 з TFT-дисплеєм дозволяє реалізувати інтегроване рішення для моніторингу руху й дистанції у реальному часі. Отримані результати можуть бути використані під час створення інтелектуальних охоронних, освітлювальних та робототехнічних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rahman, A. "Precision and Accuracy of Ultrasonic and Infrared Laser ToF IoT Sensors." Journal of Informatics and Telecommunication Engineering, Vol 8 No 2, Jan 2025.
2. Lesmana, Y., Pane, R., Rohayani, E., Hakim, L., Agusti, N., Prasetyo P. D. "A Review of Motion Sensors as a Home Security System and Approach to the Internet of Things Project." Internet of Things & Artificial Intelligence Journal, 2024.

Романенко Євгеній Андрійович - студент групи KIBT-22Б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: krypzes1273@gmail.com

Дудатьєв Ігор Андрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри ІПТС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email : dudatiev.igor@gmail.com

Прытұла Максим Олександрович – канд. техн. наук, доцент кафедри ІПТС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, email: prytula@vntu.edu.ua

Infrared PIR Sensor for a Motion Detection and Distance Measurement System

Abstract. The paper presents the use of an infrared PIR sensor and a laser ToF sensor in motion detection and distance measurement systems. The principles of operation, technical characteristics, and advantages of the HC-SR501 and VL53L0X sensors are described, which provide high accuracy, energy efficiency, and measurement stability. A combined system structure is proposed, in which the PIR sensor performs preliminary motion detection, while the ToF sensor carries out precise distance measurement. This approach improves system reliability and reduces the number of false triggers in automation. An example implementation is based on the ESP32 microcontroller with a TFT display for real-time visualization of results.

Keywords: infrared sensor; PIR; ToF; VL53L0X; HC-SR501; ESP32; motion detection system; distance measurement; automation.

Romanenko Yevhenii Andriyovych – student of the group KIVT-22B, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: krypzes1273@gmail.com

Dudatiev Ihor Andriyovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of IRTS, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, Ukraine, email: dudatiev.igor@gmail.com

Prytula Maksym Oleksandrovyich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of IRTS, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, Ukraine, email: prytula@vntu.edu.ua