

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Комп'ютерних наук і технологій  
(повне найменування факультету)

Комп'ютерні системи та мережі  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проєкту (роботи)

бакалаврський  
(ступінь вищої освіти)

на тему РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ РУХУ НА ОСНОВІ  
МІКРОКОНТРОЛЕРА СІМЕЙСТВА ESP

Виконав: студент 4 курсу, групи КНТ-512сп  
Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
Комп'ютерна інженерія  
(код і назва спеціальності)

ЗАДОРЖНИЙ Я.Р.  
(прізвище та ініціали)

Керівник ІЛ'ЯШЕНКО М.Б.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент МАЛИЙ О.Ю.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Комп'ютерних наук і технологій  
Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) бакалаврський  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(код і назва)  
Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерна інженерія  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри КУДЕРМЕТОВ Р.К.

«14» квітня 2025 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

ЗАДОРОЖНІЙ Ярослав Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка системи виявлення руху на основі мікроконтролера сімейства ESP»

керівник проекту (роботи) . к. т. н., доцент, ІЛЬЯШЕНКО М.Б

(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «08» квітня 2025 року № 151

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01.06. 2025року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Мова прогумування python, мікрокомп'ютер raspberry pi, пристрої сімейства esp

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1) Опис предметної області

2) Розробка апаратної частини системи

3) Програмна реалізація системи

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Слайди презентації

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                           |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------|
|               |                                           | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| 1-3           | ІЛЛЯШЕНКО М.Б.                            |                |                           |
| Нормоконтроль | ЩЕРБАК Н.В.                               |                |                           |
|               |                                           |                |                           |
|               |                                           |                |                           |
|               |                                           |                |                           |
|               |                                           |                |                           |
|               |                                           |                |                           |

7. Дата видачі завдання 05.04. 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту ( роботи ) | Примітка |
|-------|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------|
| 1     | Опис предметної області                  | 05.04.2025                                |          |
| 2     | Методи та технології реалізації системи  | 10.04.2025                                |          |
| 3     | Апаратне забезпечення для виявлення руху | 17.04.2025                                |          |
| 4     | Опис датчиків руху                       | 23.04.2025                                |          |
| 5     | Комплектація пристроїв                   | 30.04.2025                                |          |
| 6     | Програмна реалізація системи             | 17.05.2025                                |          |
| 7     | Тестування та налаштування               | 26.05.2025                                |          |
| 8     | Оформлення отриманих результатів у ПЗ    | 30.05.2025                                |          |
| 9     | Захист роботи                            |                                           |          |
|       |                                          |                                           |          |
|       |                                          |                                           |          |

Студент                      **Ярослав ЗАДОРЖНИЙ**  
( підпис ) (ініціали та прізвище)

Керівник проекту (роботи)                      **Матвій ІЛЛЯШЕНКО**  
( підпис ) (ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра:  
62 с., 2 табл., 37 рис., 15 джерел.

IP, IPSec, SRS, UML, ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНА СИСТЕМА,  
ЗАХИЩЕНА МЕРЕЖА, КОНТРОЛЬ СТАНУ, РИЗИК ІНФОРМАЦІЙНОЇ  
БЕЗПЕКИ

Робота бакалавра присвячена розробці системи виявлення руху на базі Raspberry Pi з використанням датчиків сімейства ESP. Практична цінність дослідження та розробки полягає у створенні ефективної системи виявлення руху. Для реалізації програмного забезпечення обрано мову Python.

Актуальність - використання сучасних інформаційних технологій у повсякденному житті сприяє підвищенню комфорту та економії ресурсів.

Об'єкт дослідження - система виявлення руху.

Предмет дослідження - програмно-апаратний комплекс для виявлення руху, конфігурація мікрокомп'ютера для автоматизації роботи системи.

У вступі обґрунтовується актуальність теми, визначаються мета, об'єкт, предмет дослідження, а також завдання роботи.

Перший розділ присвячений розгляду поставлених завдань та вибору відповідного одноплатного комп'ютера.

Другий розділ містить аналіз апаратної складової пристрою для виявлення та запису, опис використаних компонентів, а також блок-схеми алгоритмів.

У третьому розділі висвітлюється програмна частина розробленої системи виявлення.

У висновках представлено аналіз виконаної роботи, а також отримані результати дослідження та розробки.

## ABSTRACT

Explanatory note to the master's work: 62 p., 2 tables, 37 figures, 15 sources.

IP, IPSec, MTU, SRS, UML, INFORMATION AND COMPUTING SYSTEM, STATE MONITORING, SECURE NETWORK, INFORMATION SECURITY RISK,

The bachelor's thesis is devoted to the development of a motion detection system based on Raspberry Pi using ESP family sensors. The practical value of research and development is to create an effective motion detection system. The Python language was chosen to implement the software.

Relevance - the use of modern information technologies in everyday life contributes to increased comfort and resource savings.

Object of research - motion detection system.

Subject of research - software and hardware complex for motion detection, microcomputer configuration for automation of the system.

The introduction substantiates the relevance of the topic, defines the purpose, object, subject of research, and tasks of the work.

The first section is devoted to the consideration of the tasks and the selection of a suitable single-board computer.

The second section contains an analysis of the hardware component of the detection and recording device, a description of the components used, and flowcharts of the algorithms.

The third section covers the software part of the developed detection system.

The conclusion presents an analysis of the work performed and the results of the research and development.

## ЗМІСТ

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                      | 8  |
| 1 Опис предметної області .....                                 | 10 |
| 1.1 Детекція руху в системах розумного будинку.....             | 10 |
| 1.2 Опис мікрокомп'ютера Raspberry Pi .....                     | 12 |
| 1.3 Методи та технології реалізації системи виявлення руху..... | 14 |
| 1.4 Вибір камери для запису .....                               | 15 |
| 2 Розробка апаратної частини системи .....                      | 25 |
| 2.1 Апаратне забезпечення для виявлення руху.....               | 25 |
| 2.2 Опис апаратного забезпечення системи.....                   | 26 |
| 2.2.1 Мобільний комп'ютер Raspberry Pi A+.....                  | 27 |
| 2.2.2 Опис Raspberry Pi Camera Board.....                       | 29 |
| 2.2.3 Опис датчику руху PIR .....                               | 30 |
| 2.3 Комплектація пристроїв.....                                 | 33 |
| 2.4 Модуль сімейства ESP .....                                  | 35 |
| 2.6 Алгоритм потокової передачі відео.....                      | 39 |
| 3 Програмна реалізація системи.....                             | 48 |
| 3.1 Опис порядку дій.....                                       | 48 |
| 3.1.1 Запис образу Raspbian на карту пам'яті .....              | 49 |
| 3.1.2 Підключення Raspberry Pi.....                             | 49 |
| 3.1.3 Підключення до Raspberry Pi через SSH.....                | 50 |
| 3.2 Тестування та налаштування модуля камери .....              | 51 |
| 3.3 Збір схеми .....                                            | 52 |
| 3.3.1 Створення схеми.....                                      | 52 |
| 3.3.2 Створення нового проєкту .....                            | 53 |
| 3.3.3 Імпорт та налаштування бібліотек.....                     | 53 |
| 3.3.4 Покадрова анімація .....                                  | 55 |
| Висновки.....                                                   | 58 |

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Перелік джерел посилання .....         | 59 |
| Додаток А. Вихідний код програми ..... | 61 |

## ВСТУП

Raspberry Pi базується на системі Broadcom BCM2835 SoC, яка об'єднує 700-МГц ARM-процесор, графічний чип VideoCore IV та 256 або 512 МБ оперативної пам'яті. Замість жорсткого диска використовується SD-карта. Таке апаратне забезпечення дозволяє відтворювати відео у форматі H.264 з роздільною здатністю 1080p, а також запускати ігри, наприклад, Quake III Arena.

Проект Raspberry Pi ініційований британською благодійною організацією Raspberry Pi Foundation. Комп'ютер спочатку розроблявся як навчальний пристрій для дітей, які вивчають програмування, однак швидко знайшов застосування і в інших сферах, зокрема для створення домашніх медіацентрів. Базова модель Raspberry Pi постачається без корпусу та має вигляд плати розміром із кредитну картку, вагою 45 грамів. Пристрій оснащений 700-МГц процесором на базі архітектури ARM, роз'ємом для навушників і слотом для карт пам'яті. Моделі А та В відрізняються обсягом оперативної пам'яті (256 МБ у молодшій версії та 512 МБ у старшій), а також кількістю USB-портів.

Перша версія Raspberry Pi надійшла у продаж наприкінці лютого 2012 року за ціною 35 доларів, а більш доступна модель А за 25 доларів з'явилася у продажу в Європі у лютому 2013 року. Придбати комп'ютери можна у дистриб'юторів RS Components та element14. З моменту виходу пристрою у лютому 2012 року було реалізовано понад мільйон одиниць.

Raspberry Pi працює на спеціалізованій версії Linux – ОС Raspbian, яка заснована на Debian. Також є доступ до Pi Store, де можна знайти як безкоштовні, так і комерційні програми.

На початку 2020 року компанія Canonical випустила серверну операційну систему Ubuntu Server 20.04 Focal Fossa з офіційною підтримкою Raspberry Pi 4. У жовтні того ж року підтримку Raspberry Pi 4 було додано у випуск Ubuntu 20.10 Groovy Gorilla.

Розробка системи виявлення руху на базі мікроконтролера ESP є

актуальною через кілька ключових факторів, пов'язаних із сучасними тенденціями у сфері безпеки, автоматизації та Інтернету речей.

По-перше, зростаюча потреба в системах безпеки вимагає ефективних, енергоощадних і доступних рішень. Традиційні охоронні системи часто мають високу вартість або складні в налаштуванні. Мікроконтролери ESP, такі як ESP8266 або ESP32, пропонують відносно дешеве, але потужне рішення, яке дозволяє створювати інтелектуальні датчики руху з можливістю бездротового підключення до мережі.

По-друге, тенденція до автоматизації розумного будинку стимулює розробку розумних систем моніторингу. Інтеграція датчиків руху з платформами IoT дозволяє реалізувати сценарії автоматизації, наприклад, ввімкнення освітлення, сигналізації або камер відеоспостереження лише при виявленні руху. Це не тільки підвищує комфорт, а й значно знижує енергоспоживання.

По-третє, мобільність та масштабованість системи на базі ESP роблять її універсальним рішенням. Завдяки вбудованому модулю Wi-Fi або Bluetooth пристрої можуть передавати дані в реальному часі на сервери, хмарні сервіси або мобільні додатки. Крім того, ESP має низьке енергоспоживання, що дозволяє використовувати його в автономних системах, які працюють від акумуляторів або сонячних панелей.

Окремо варто зазначити важливість використання відкритих протоколів і стандартів для інтеграції датчиків руху з іншими пристроями. Це забезпечує гнучкість розробки та можливість адаптації системи до конкретних завдань – від домашнього використання до застосування у промисловості чи на транспортних об'єктах.

Таким чином, створення системи виявлення руху на основі мікроконтролера ESP є не лише актуальним, а й економічно та технологічно виправданим рішенням. Це дозволяє підвищити рівень безпеки, оптимізувати витрати енергії та інтегрувати систему у сучасну екосистему IoT.

## 1 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати можливість придбання необхідного обладнання;
- освоїти роботу з Raspberry Pi, вивчити її бібліотеки, навчитися працювати з ними, а також дослідити літературу щодо створення системи виявлення руху;
- розробити програмне забезпечення для реалізації поставлених завдань;
- створити прототип системи виявлення руху та провести серію початкових випробувань для її налаштування;
- дослідити оптимальні параметри роботи системи в умовах різної інтенсивності руху;
- розробити рекомендації щодо використання системи виявлення у випадках тривалої відсутності руху в приміщенні.

У ході роботи застосовуються такі методи дослідження:

- аналіз і синтез інформації з інтернет-ресурсів та спеціалізованої літератури, яка розкриває сутність даної теми;
- моделювання системи виявлення;
- проведення експериментальних досліджень для визначення оптимальних умов функціонування системи [1].

### 1.1 Детекція руху в системах розумного будинку

Сучасні технології активно впроваджують розумну автоматизацію в житлові приміщення. На рисунку 1.1 представлено зображення розумного будинку.



Рисунок 1.1 - Типовий розумний будинок

Розумний будинок – це комплексна система, що поєднує датчики, механічні та електронні компоненти, керовані за запрограмованим алгоритмом. Вона контролює споживання води та електроенергії, керує освітленням, забезпечує захист від несанкціонованого доступу, а також дозволяє дистанційно управляти різними пристроями через мобільний телефон або Інтернет. Головною метою таких систем є спрощення побутових завдань шляхом автоматизації процесів за допомогою мікроконтролера [2].

Детектор руху є невід'ємною складовою цієї системи (рис.1.2). Його конструкція може бути досить простою, залежно від технічних вимог та сфери застосування.

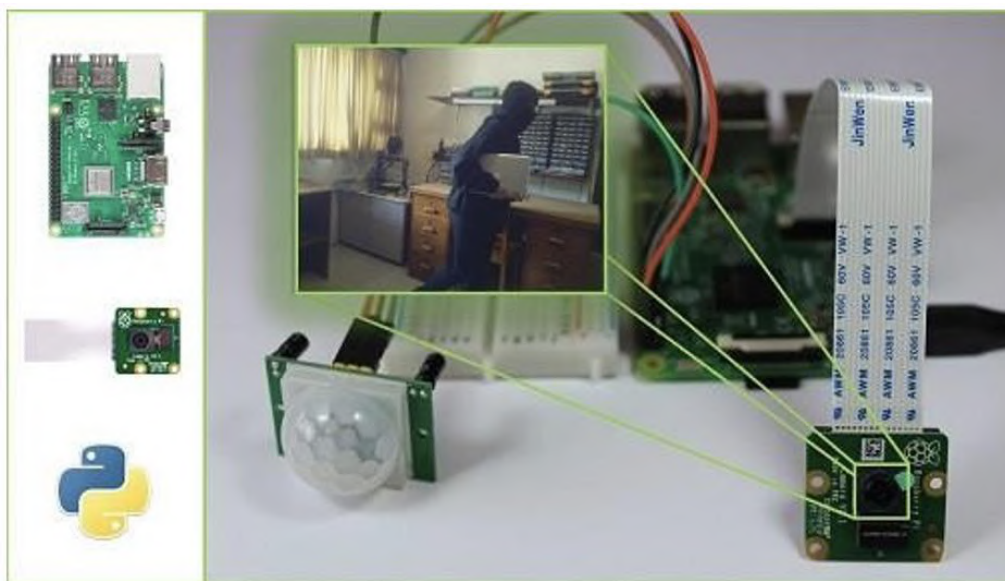


Рисунок 1.2 - Приклад детектора руху

## 1.2 Опис мікрокомп'ютера Raspberry Pi

Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi - це компактний пристрій у формі відкритої плати, розмір якого співмірний із банківською карткою [3]. Він оснащений процесором, оперативною пам'яттю, роз'ємами HDMI і MIPI DSI, двома портами USB 2.0 для підключення периферійних пристроїв, RCA-роз'ємом для відеовиходу, 3,5 мм аудіовиходом, Ethernet-портом, а також слотом для карт пам'яті SD.

Основні переваги мікрокомп'ютера Raspberry Pi:

- доступна вартість - залежно від моделі ціна коливається від 5 до 35 доларів, найекономічніші варіанти - це моделі Zero та Zero W, які коштують 5 і 10 доларів відповідно;
- висока продуктивність процесора і відеоприскорювача, яка порівнянна з характеристиками дорогих портативних пристроїв, що забезпечує стабільну роботу в рідних операційних системах та платформах на базі Linux;
- підтримка широкого спектра операційних систем, зокрема Raspbian (офіційна ОС розробника), Pidora (розробка на базі Linux), Kodi (платформа для медіаконтенту), OSMC (відкритий медіаплеєр), RISC OS (операційна система для процесорів RISC) та Windows 10 (для моделей 2B і 3B);
- можливість детальної конфігурації пристрою при першому запуску за допомогою Raspberry Config, який дозволяє змінювати частоту процесора, активувати підтримку камери, налаштовувати системні параметри та повторно змінювати конфігурацію в будь-який момент;
- гарантована якість збірки, оскільки пристрій виготовляється у Великобританії, при покупці Raspberry Pi через Aliexpress або інші платформи можна бути впевненим у його надійності. Також у разі несправності комп'ютера можна використовувати Raspberry Pi як заміну пошкоджених компонентів.

Завдяки цим перевагам міні-комп'ютери Raspberry Pi мають високий попит і широко використовуються в різних сферах.

Робота виконана на базі Raspberry Pi 3. На рисунку 1.3 зображено мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3.

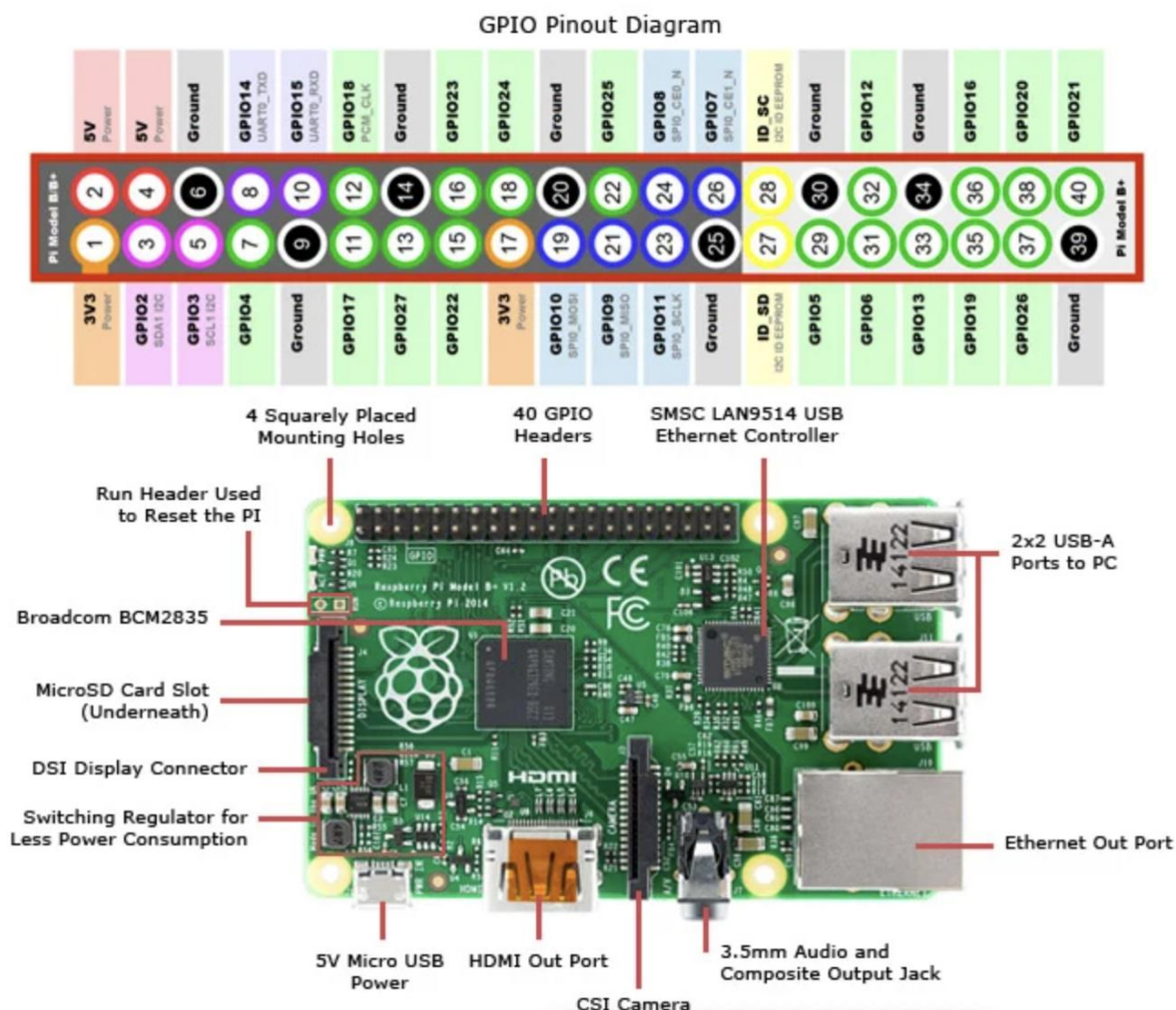


Рисунок 1.3 – Базова Raspberry Pi 3

Для першого запуску Raspberry Pi необхідно підготувати такі компоненти:

- одноплатний комп'ютер Raspberry Pi;
- USB-клавіатура для введення команд;
- USB-мишка для навігації;
- карта пам'яті SD/MMC/SDIO\*\* об'ємом від 2 до 32 ГБ (рекомендований клас – від 6 до 10);
- блок живлення з micro-USB для подачі напруги на пристрій;
- монітор із HDMI-входом або телевізор/ТВ-тюнер із RCA-роз'ємом;
- HDMI-кабель для підключення до монітора або RCA-кабель для

підключення до ТВ або ТВ-тюнера;

- програмне забезпечення Win32DiskImager для запису образу операційної системи на карту пам'яті;
- операційна система Raspberry Pi "wheezy" у вигляді образу;
- картридер для зчитування даних із SD/MMC/SDIO карт пам'яті

Ці компоненти дозволяють успішно налаштувати та запустити Raspberry Pi для подальшого використання.

### **1.3 Методи та технології реалізації системи виявлення руху**

У цьому розділі розглянуті методи та технології реалізації системи виявлення руху. Функціональні характеристики ідеальної системи детектора залежать від багатьох зовнішніх факторів, серед яких можна виділити наступні:

- дальність дії датчика руху;
- якість фокусування камери;
- рівень освітлення;
- умови середовища, в якому буде використовуватися датчик руху.

Таким чином, для забезпечення оптимальної роботи системи відеозапису під час роботи датчика необхідно врахувати два ключових параметри, що залежать від вищезгаданих факторів [4]:

- розміри приміщення, в якому буде використовуватися мікрокомп'ютер;
- час та відстань, на яких датчик буде здійснювати свою роботу.

Під час аналізу літератури було виявлено, що Raspberry Pi 3 дає можливість використовувати широкий вибір доступних датчиків і пристроїв, а також програмувати складні алгоритми виявлення руху, які необхідні для ефективної роботи в різних середовищах.

## 1.4 Вибір камери для запису

У процесі виконання роботи було здійснено огляд наявних систем виявлення руху. Крім того, в таблиці 1.1 наведено інформацію про ціни та магазини, де можна придбати ці системи виявлення руху.

Raspberry Pi Camera Board Sony IMX219 - це одна з офіційних камер для мікрокомп'ютерів Raspberry Pi, розроблена для використання з усіма моделями Raspberry Pi, які мають відповідний роз'єм для підключення камери (CSI - Camera Serial Interface). Вона оснащена сенсором Sony IMX219, який є популярним вибором для низькобюджетних і високопродуктивних камер. Ось детальний опис і характеристики цієї камери.

Опис. Raspberry Pi Camera Board Sony IMX219 є камерою з високою роздільною здатністю, що ідеально підходить для використання в різноманітних проектах, де необхідне захоплення зображень та відео. Цей модуль забезпечує чудову якість зображення завдяки сенсору Sony IMX219 і може використовуватися як для фотозйомки, так і для запису відео. Камера підключається до Raspberry Pi через інтерфейс CSI, що забезпечує високу швидкість передачі даних [5].

Характеристики:

- сенсор - Sony IMX219 (1/4" CMOS сенсор);
- роздільна здатність - 8 мегапікселів (3280 x 2464 пікселів);
- тип камери - модуль камери з фіксованим об'єктивом;
- розмір пікселя - 1.12 мкм;
- формат зображення - JPEG, YUV, RGB;
- максимальна частота кадрів (FPS) - відео 1080p до 30 кадрів/с, відео 720p до 60 кадрів/с, відео VGA: до 90 кадрів/с;
- тип об'єктива - фіксований об'єктив (об'єктив з фокусною відстанню 3.6 мм);
- кут огляду - приблизно 62.2°;

- інтерфейс підключення - Camera Serial Interface (CSI), через 15-кабельну шину;

- напруга живлення - 3.3 В (постачається через роз'єм CSI);

- розміри - 25 мм x 23 мм;

- вага - близько 3 г.

Додаткові функції:

- інфрачервоне (IR) освітлення - камера підтримує використання інфрачервоних фільтрів для роботи в умовах низького освітлення, що дозволяє створювати пристрої нічного бачення при використанні відповідних IR-діодів;

- інтерфейс з'єднання - модуль підключається через стандартний роз'єм CSI (Camera Serial Interface), що дозволяє йому отримувати швидкий та стабільний потік даних.

Застосування:

- проекти домашньої автоматизації - камера може використовуватися для створення відеоспостереження, систем безпеки або розпізнавання об'єктів;

- робототехніка - модуль камери може бути використаний для зору робота в різних проектах з Raspberry Pi, наприклад, у системах навігації;

- мультимедійні проекти - завдяки своїй здатності записувати відео у високій роздільній здатності, камера застосовується для медіапроектів і потокового відео;

- нічне бачення - використовуваний з IR-фільтрами та відповідними додатковими пристроями, цей модуль може бути частиною системи нічного бачення.

Переваги:

- висока роздільна здатність 8 МП, що забезпечує чітке та детальне зображення;

- мала ціна при високій продуктивності, що робить камеру ідеальним варіантом для навчальних проектів, розробок та досліджень;

- підтримка запису відео в різних форматах та роздільних здатностях;

- легка інтеграція з платформою Raspberry Pi за допомогою простого

з'єднання через інтерфейс CSI.

Недоліки:

- відсутність зуму або автофокусу, що обмежує можливості для деяких типів зйомок;
- не має вбудованого інфрачервоного підсвічування (без додаткових модулів).

Raspberry Pi Camera Board Sony IMX219 - це відмінний вибір для тих, хто хоче додати відео- або фотозахоплення до своїх проєктів, працюючи з Raspberry Pi (рис.1.4).

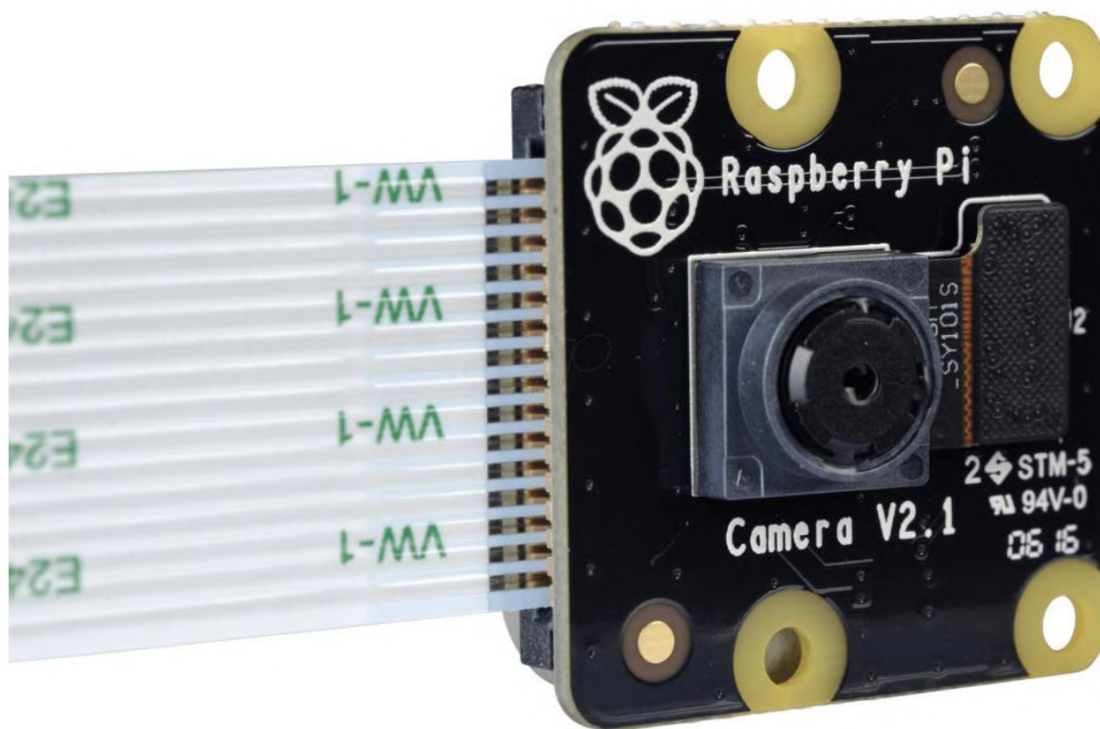


Рисунок 1.4 - Raspberry Pi Camera Board Sony IMX219

Waveshare IMX477-160 12.3MP Camera - це високоякісна камера, що базується на сенсорі Sony IMX477 з роздільною здатністю 12,3 мегапікселів. Ця камера була розроблена для використання з мікрокомп'ютерами Raspberry Pi, забезпечуючи високу якість зображення та відео для різноманітних застосувань, від професійних проєктів до робототехніки та комп'ютерного зору.

Опис. Waveshare IMX477-160 Camera (рис.1.5) оснащена потужним сенсором Sony IMX477, який забезпечує високу чіткість зображень і відео завдяки своїй здатності записувати з роздільною здатністю до 12.3 МП. Камера підтримує широкі можливості для фотографії та відеозапису в різних умовах освітлення та може бути використана для багатьох проектів з Raspberry Pi, включаючи системи комп'ютерного зору, робототехніку, відеоспостереження та інші мультимедійні рішення [6].

#### Характеристики:

- сенсор - Sony IMX477, 1/2.3" CMOS сенсор;
- роздільна здатність - 12.3 мегапікселів (4056 x 3040 пікселів);
- тип камери - модуль з фіксованим об'єктивом;
- фокусна відстань - 16 мм;
- кут огляду - 160° (широкий кут);
- час експозиції - від 1/10000 до 1/30 секунд;
- частота кадрів (FPS)- відео 4K (3840 x 2160) до 30 кадрів на секунду, відео 1080p (1920 x 1080) до 60 кадрів на секунду, відео 720p: до 120 кадрів на секунду;
- відповідність Raspberry Pi - підключається через інтерфейс CSI (Camera Serial Interface) до Raspberry Pi 4, 3B+, 3, Zero 2 W;
- з'єднання - камера підключається через 22-контактний роз'єм CSI;
- напруга живлення - 5 В;
- інтерфейс - відповідає стандартам для використання з Raspberry Pi, підтримка захоплення відео та зображень;
- матриця - CMOS матриця зі зниженою шумністю і високою чутливістю;
- розміри - 38 мм x 38 мм (сама плата);
- вага - близько 10 г.

#### Особливості:

- висока роздільна здатність - завдяки 12,3 МП сенсору, ця камера може захоплювати зображення з високою деталізацією, що робить її відмінним вибором для проектів, де потрібна чіткість і точність;

- широкий кут огляду - камера має широкий кут огляду 160°, що дозволяє ефективно охоплювати великі області з одного місця;
- підтримка високоякісного відео - камера здатна знімати відео в 4K-форматі (30 кадрів/с), що робить її ідеальним вибором для високоякісного відеоспостереження або запису відео з високою чіткістю;
- широкий діапазон експозицій - камера має великий діапазон часу експозиції, що дозволяє використовувати її в умовах різного освітлення;
- легке підключення - камера підключається до Raspberry Pi за допомогою стандартного інтерфейсу CSI, що забезпечує простоту підключення та налаштування;
- програмна сумісність - камера підтримує популярні операційні системи для Raspberry Pi, такі як Raspbian, а також різноманітні бібліотеки для комп'ютерного зору та обробки зображень, такі як OpenCV.



Рисунок 1.5 - Waveshare IMX477-160 12.3MP Camera

Застосування:

- комп'ютерний зір - камера може бути використана для проектів

комп'ютерного зору, таких як розпізнавання об'єктів, трекінг руху або побудова 3D-моделей;

- робототехніка - вона може бути частиною системи навігації роботів, де потрібне виявлення навколишнього середовища або візуальне сприйняття;

- мультимедійні проекти - здатність записувати відео в 4K дозволяє використовувати цю камеру для створення високоякісних відеопрограм, потокового відео та медіа;

- відеоспостереження - завдяки високій роздільній здатності, широкий кут огляду та підтримка 4K відео, камера може бути використана в системах безпеки та відеоспостереження для детального моніторингу;

- проекти зі зйомки високої чіткості - ця камера підходить для створення фото- та відеопрограм в умовах, де важлива висока чіткість зображення (наприклад, наукові дослідження, документація, архітектурні зйомки).

Переваги:

- висока роздільна здатність (12.3 МП) - для чітких і детальних зображень;
- широкий кут огляду - для захоплення великих площ;
- підтримка відео у форматі 4K - для високоякісного запису відео;
- простота інтеграції з Raspberry Pi - завдяки підтримці стандарту CSI;
- підтримка різноманітних операційних систем\*\* і бібліотек для зручного програмування.

Недоліки:

- не має вбудованого авто фокусу - камера з фіксованим фокусом, що обмежує можливості в деяких випадках;
- вимога до хорошого освітлення - для отримання найкращих результатів при зйомці в низькосвітлових умовах.

Waveshare IMX477-160 12.3MP Camera (рис.1.5) - це потужний і універсальний інструмент для проектів з Raspberry Pi, який надає високу якість зображення і відео, а також забезпечує багато можливостей для творчості та інновацій.

Waveshare IMX219-160 8MP IR-CUT Camera (рис.1.6) - це камера, яка

використовує сенсор Sony IMX219 для захоплення високоякісних зображень і відео [6]. Вона має вбудований фільтр IR-CUT, що дозволяє забезпечити кращу якість зображень при різних умовах освітлення. Камера спеціально розроблена для використання з мікрокомп'ютерами Raspberry Pi і підходить для проектів, де потрібно високоякісне зображення при різних рівнях освітлення, зокрема для нічного спостереження або інших застосувань, де важливо мати чіткість при слабкому освітленні.



Рисунок 1.6 - Waveshare IMX219-160 8MP IR-CUT Camera

Опис. Камера Waveshare IMX219-160 8MP IR-CUT оснащена 8-мегапіксельним сенсором Sony IMX219 і має вбудований механічний фільтр IR-CUT, який автоматично блокує інфрачервоне світло в денний час, щоб запобігти спотворенню кольорів, а також дозволяє пропускати інфрачервоне світло вночі

для поліпшення нічної зйомки. Камера розроблена для підключення до Raspberry Pi через інтерфейс CSI, що забезпечує швидку передачу даних і зручну інтеграцію в систему.

Характеристики:

- сенсор - Sony IMX219 (CMOS сенсор);
- роздільна здатність - 8 мегапікселів (3280 x 2464 пікселів);
- тип камери - камера з фіксованим об'єктивом;
- інтерфейс підключення - CSI (Camera Serial Interface) для підключення до Raspberry Pi;
- фокусна відстань - 6 мм;
- кут огляду - 160° (широкий кут);
- IR-CUT фільтр - вбудований механічний IR-CUT фільтр для автоматичного блокування інфрачервоного світла в денний час і пропускання його вночі;
- частота кадрів (FPS) - відео 1080p (1920 x 1080) до 30 кадрів на секунду, відео 720p (1280 x 720) до 60 кадрів на секунду, фото: до 8 МП з високою чіткістю;
- відповідність Raspberry Pi - підключення до всіх моделей Raspberry Pi, включаючи Raspberry Pi 4, 3B+, 3, Zero 2 W через CSI порт;
- напруга живлення - 5 В;
- розміри плати - 38 мм x 38 мм;
- вага - близько 10 г.

Особливості:

- 8-мегапіксельний сенсор - камера забезпечує високу роздільну здатність зображень 8 МП, що дозволяє отримувати детальні зображення та відео з чіткими кольорами;
- вбудований IR-CUT фільтр - фільтр IR-CUT дозволяє знімати високоякісні зображення вдень і вночі, забезпечуючи точність кольорів при денному світлі та можливість зйомки в нічний час завдяки пропусканню інфрачервоного світла;

- широкий кут огляду - камера має широкий кут огляду 160°, що дозволяє захоплювати більше інформації на зображенні;

- висока частота кадрів - камера може записувати відео з високою частотою кадрів, що робить її ідеальним вибором для потокового відео та відеоспостереження;

- сумісність з Raspberry Pi - камера легко інтегрується з Raspberry Pi через стандартний роз'єм CSI, що дозволяє легко підключати її до різних моделей Raspberry Pi для різноманітних проектів;

- ідеально підходить для нічного спостереження - завдяки підтримці IR-CUT та здатності працювати в умовах слабкого освітлення, ця камера є хорошим вибором для нічного відеоспостереження або проектів, що потребують роботи в різних умовах освітлення.

#### Застосування:

- відеоспостереження - завдяки широкому куту огляду та здатності працювати в умовах низького освітлення, камера ідеально підходить для проектів відеоспостереження;

- робототехніка - камера може бути використана в роботах, де потрібен обробка відео або комп'ютерне бачення для навігації та взаємодії з навколишнім середовищем;

- інтерфейси комп'ютерного зору - камера може бути використана в системах комп'ютерного зору для аналізу зображень або відео, наприклад, для розпізнавання об'єктів або відстеження руху;

- нічне відеоспостереження - завдяки підтримці IR-CUT і здатності адаптуватися до змінюваних умов освітлення, камера є чудовим вибором для нічного спостереження або в умовах поганого освітлення;

- проекти з Raspberry Pi - камера ідеально підходить для інтеграції в різні проекти з Raspberry Pi, такі як домашні медіацентри, автоматизація будинку, відеоспостереження та інші.

#### Переваги:

- висока роздільна здатність - 8 МП для чітких і деталізованих зображень;

- інфрачервоне зображення - IR-CUT фільтр забезпечує високу якість зображень в будь-яких умовах освітлення;
- широкий кут огляду - 160° дозволяє охоплювати більше площі;
- сумісність з Raspberry Pi - легке підключення до мікрокомп'ютерів Raspberry Pi через стандартний інтерфейс CSI;
- підтримка відео високої якості - запис відео з високою частотою кадрів для плавних відео.

Недоліки:

- фіксований фокус - камера має фіксовану фокусну відстань, що може бути обмеженням для певних типів зйомки;
- необхідність в хорошому освітленні для досягнення кращих результатів в денний час.

Waveshare IMX219-160 8MP IR-CUT Camera - це потужний інструмент для високоякісного захоплення зображень і відео в умовах різного освітлення, ідеально підходить для проектів відеоспостереження, комп'ютерного зору та робототехніки на платформі Raspberry Pi.

Основні з них представлені в таблиці 1.1.

У цьому розділі роботи були розглянуті методи, що сприяють полегшенню повсякденного життя. Зокрема, особлива увага була приділена вибору камери для реалізації проекту. Описано характеристики та різновиди мікрокомп'ютера Raspberry Pi. Також наведено перелік необхідних компонентів для першого запуску пристрою. Крім того, обговорено призначення та важливість системи виявлення.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики камер

| Параметр            | Waveshare IMX219-160 8MP IR-CUT Camera | Waveshare IMX477-160 12.3MP Camera | Raspberry Pi Camera Board Sony IMX219 |
|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Сенсор              | Sony IMX219                            | Sony IMX477                        | Sony IMX219                           |
| Роздільна здатність | 8 МП (3280 x 2464)                     | 12.3 МП (4056 x 3040)              | 8 МП (3280 x 2464)                    |
| Фокусна відстань    | 6 мм                                   | 6 мм                               | 3.6 мм                                |

Продовження таблиці 1.1

| Параметр                 | Waveshare IMX219-160 8MP IR-CUT Camera                                       | Waveshare IMX477-160 12.3MP Camera                                       | Raspberry Pi Camera Board Sony IMX219                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Фільтр IR-CUT            | Так (Механічний фільтр IR-CUT)                                               | Немає IR-CUT фільтра                                                     | Немає IR-CUT фільтра                                                 |
| Кут огляду               | 160°                                                                         | 160°                                                                     | 62.2°                                                                |
| Частота кадрів (FPS)     | 30 FPS при 1080p, 60 FPS при 720p                                            | 30 FPS при 4K, 60 FPS при 1080p                                          | 30 FPS при 1080p, 60 FPS при 720p                                    |
| Тип об'єктива            | Фіксований об'єктив                                                          | Фіксований об'єктив                                                      | Фіксований об'єктив                                                  |
| Підтримка нічного режиму | Так (IR-CUT фільтр для роботи в нічний час)                                  | Немає підтримки IR-CUT, але є підтримка для високої чутливості в темряві | Немає підтримки IR-CUT, але камера працює при нормальному освітленні |
| Розміри                  | 38 x 38 мм                                                                   | 38 x 38 мм                                                               | 25 x 24 мм                                                           |
| Вага                     | 10 г                                                                         | 12 г                                                                     | 3 г                                                                  |
| Ціна (приблизно)         | \$20 - \$25                                                                  | \$55 - \$65                                                              | \$25 - \$30                                                          |
| Підтримка Raspberry Pi   | Так, сумісна з усіма моделями Raspberry Pi                                   | Так, сумісна з усіма моделями Raspberry Pi                               | Так, сумісна з усіма моделями Raspberry Pi                           |
| Застосування             | Відеоспостереження, комп'ютерне бачення, нічне спостереження                 | Високоякісне фото та відео, робота з високою чутливістю до світла        | Відеоспостереження, робота в умовах освітлення                       |
| Цільове використання     | Зйомка при змінному освітленні, нічне спостереження, проекти на Raspberry Pi | Високоякісне зображення та відео для професійних проектів                | Базові відео- та фото-завдання для Raspberry Pi                      |

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

### 2.1 Апаратне забезпечення для виявлення руху

На рисунку 2.1 представлено блок-схему візуальних компонентів, що формують функціональний та водночас простий і зручний для користувача інтерфейс. Цей інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим та легким для сприйняття.

Представлена наступна блок-схема системи [7]. Для її реалізації було придбано всі необхідні компоненти: мікрокомп'ютер, модуль камери, блок живлення 5В, датчики руху та інші складові. Після запуску пристрою, в безперервному робочому циклі відбувається опитування датчика руху, і на основі

отриманих даних виконуються відповідні дії. Датчик руху керує роботою камери.

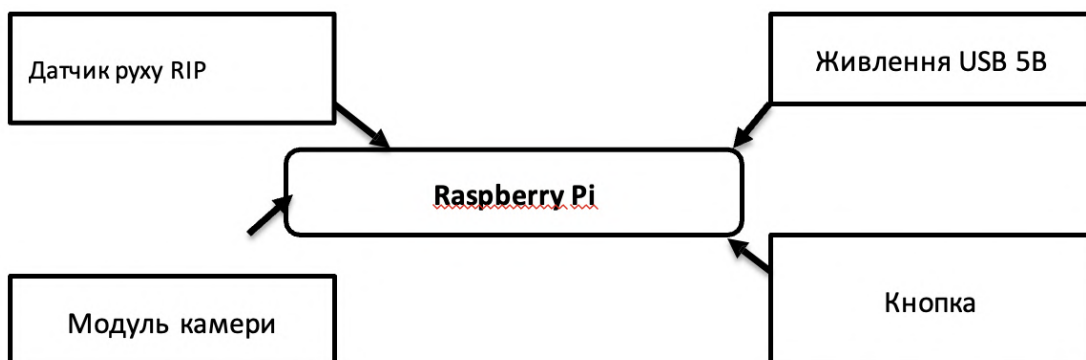


Рисунок 2.1 – Пристрій системи виявлення руху

## 2.2 Опис апаратного забезпечення системи

Система виявлення руху є важливим елементом для забезпечення безпеки, адже вона дозволяє здійснювати моніторинг як всередині, так і зовні приміщення. Вона активує камеру для запису зображень, коли датчик руху фіксує проходження об'єкта. Камера може бути увімкнена або вимкнена за допомогою спеціальної кнопки.

Для створення ефективної системи виявлення руху необхідно придбати такі основні компоненти:

- Raspberry Pi - мікрокомп'ютер на основі платформи Raspberry Pi, який виконує роль головного контролера для обробки даних та управління підключеними компонентами;
- PIR датчик руху - пасивний інфрачервоний (PIR) датчик, який реєструє рух за допомогою змін у інфрачервоному випромінюванні, дозволяє визначити, коли об'єкт переміщується через певну зону;
- кнопка - простий елемент для ручного керування системою, за допомогою її можна увімкнути або вимкнути камеру, а також здійснювати інші

налаштування або командування;

- модуль камери - камера, яка підключається до Raspberry Pi і використовується для запису зображень або відео, яка включається при детектуванні руху і дозволяє фіксувати події в реальному часі;

- блок живлення 5В - джерело живлення для мікрокомп'ютера Raspberry Pi та інших компонентів системи, забезпечує стабільну напругу для роботи всіх пристроїв.

У наступному розділі буде надано більш детальний опис кожного компонента, який використовується для побудови системи виявлення руху на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi.

### **2.2.1 Мобільний комп'ютер Raspberry Pi A+**

Raspberry Pi 3 A+ є відмінним варіантом для тих, хто вперше працює з платформою Raspberry Pi, оскільки вона поєднує в собі високу продуктивність та компактний розмір. Вона ідеально підходить для різних проектів, де важлива невелика вартість та зручність у використанні [8].

Raspberry Pi 3 A+ має зменшені розміри порівняно з іншими моделями, що робить її ще більш зручною для проектів, де обмежений простір. Вона оснащена потужним чотириядерним процесором ARM Cortex-A53 з тактовою частотою 1.4 ГГц, що забезпечує достатньо високу продуктивність для більшості завдань. Крім того, вона має 512 МБ оперативної пам'яті, що цілком достатньо для виконання різноманітних задач, від роботи з датчиками до обробки простих відео чи зображень.

На рис 2.2 зображено Raspberry Pi 3 A+, що дає наочне уявлення про її розміри та конфігурацію.

Ця модель також підтримує підключення до Інтернету через Wi-Fi та має кілька портів для підключення периферійних пристроїв, що робить її універсальною для використання в різних проектах.

Raspberry Pi 3 Model A+ є розробкою в лінійці комп'ютерів Raspberry Pi, що представляє собою компактну версію моделі Raspberry Pi 3 Model B+. Плата побудована на чотириядерному 64-бітному процесорі Broadcom BCM2837B0, що

працює на тактовій частоті 1,4 ГГц. Вона має 512 МБ оперативної пам'яті (RAM) і оснащена вбудованим дводіапазонним Wi-Fi (2.4GHz і 5GHz) та Bluetooth 4.2 BLE, що дозволяє ефективно підключатися до мереж і використовувати бездротові пристрої.



Рисунок 2.2 - Raspberry Pi 3 A+

Основними відмінностями від Raspberry Pi 3 Model B+ є відсутність порту Ethernet, що зменшує габарити плати до 65x56 мм, а також лише один USB-порт замість чотирьох, як у попередній моделі. Це робить Raspberry Pi 3 A+ ідеальним вибором для проектів, де важливі невеликі розміри та низьке енергоспоживання.

Крім того, Raspberry Pi 3 A+ має покращену конструкцію, що забезпечує більш ефективне управління температурним режимом і прискорене завантаження з USB-пристроїв. Плата залишається повністю сумісною з усіма попередніми пристроями та програмним забезпеченням, що робить її чудовим варіантом для безлічі проектів.

Завдяки своїм малим розмірам та відмінним технічним характеристикам, Raspberry Pi 3 Model A+ є оптимальним рішенням для розробки вбудованих

систем, розумних пристроїв та проектів, де потрібна мобільність, економія енергії та підтримка бездротових з'єднань.

Загальні відомості про Raspberry Pi 3 A+ наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики Raspberry Pi 3 Model A+

| Характеристика                  | Опис                                                                         |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Процесор                        | Broadcom BCM2837B0, 64-bit, 1.4GHz Quad-core ARM Cortex-A53  (2.4GHz / 5GHz) |
| Оперативна пам'ять (RAM)        | 512 MB LPDDR2 SDRAM                                                          |
| Bluetooth                       | 4.2 LE (чип Cypress CYW43455)                                                |
| Карта пам'яті                   | microSD card slot (для ОС та зберігання даних)                               |
| Порти USB                       | 1 x USB 2.0                                                                  |
| Ethernet                        | Відсутній                                                                    |
| Wi-Fi                           | 2.4GHz and 5GHz 802.11 b/g/n/ac Wi-Fi (doublespeed)                          |
| Вивід звуку                     | 3.5 jack                                                                     |
| GPIO (Універсальні порти)       | 40 пінів, сумісні з Raspberry Pi 2B / 3B                                     |
| Інтерфейс для підключення камер | MIPI CSI Camera, MIPI DSI Display, I2C, SPI, UART, GPIO                      |
| Підключення дисплея             | DSI Display port (для підключення екрану)                                    |
| Розміри                         | 65 мм x 56 мм                                                                |
| Температурний діапазон          | Від 0 до 50°C (робоча температура)                                           |
| Підтримка ОС                    | Raspbian, Ubuntu, Pidora, Windows 10 IoT Core                                |
| Живлення                        | Micro-USB, 5V / 2.5A                                                         |

### 2.2.2 Опис Raspberry Pi Camera Board

Модуль камери Raspberry Pi v2 - це 8-мегапіксельний високоякісний датчик зображення Sony IMX219 з фіксованим фокусом, розроблений спеціально для використання з платами Raspberry Pi. На рис. 2.3 зображено Raspberry Pi Camera Board [9].

Загальні відомості. Цей датчик має роздільну здатність 3280 x 2464 пікселів і підтримує відео в форматах 1080p30, 720p60 та 640x480p60/90. Він підключається до плати через роз'єми в верхній частині і використовує спеціальний інтерфейс CSI, розроблений для камер. Розміри датчика складають

лише 25 мм x 23 мм x 9 мм, а вага — приблизно 3 г, що робить його ідеальним для мобільних застосунків або будь-яких програм, де важливі компактні розміри та мала вага. Підключення до Raspberry Pi здійснюється за допомогою короткого стрічкового кабелю:

- 8-мегапіксельна камера дозволяє робити фотографії з роздільною здатністю 3280 x 2464 пікселів;
- запис відео можливий з роздільною здатністю 1080p30, 720p60 та 640x480p90;
- усі версії програмного забезпечення підтримуються останньою версією Raspberry Operating System;
- застосування - відеоспостереження через кабель, виявлення руху, покадрові фотографії.

Модуль камери Raspberry Pi постачається зі спеціальним пластиковим колесом для регулювання фокусу. Хоча заводське фокусування зазвичай достатньо точне, у разі зйомки дуже близьких об'єктів можна обережно налаштувати фокус вручну, повертаючи колесо на об'єктиві.

Як і для будь-якого аксесуара, модуль камери потрібно підключати або відключати від Raspberry Pi тільки після вимкнення пристрою та від'єднання кабелю живлення. Якщо Raspberry Pi увімкнено, оберіть "Вимкнути" в головному меню, дочекайтеся вимкнення, а потім відключайте камеру.

### **2.2.3 Опис датчику руху PIR**

Загальні відомості. PIR-датчик (піроелектричний інфрачервоний датчик) є пасивним пристроєм, оскільки він тільки приймає інфрачервоне випромінювання, не випромінюючи його самостійно. Він виявляє зміни в «температурі» навколишнього середовища і, при виявленні змін, передає сигнал високого рівня (HIGH) [10].

Будь-який об'єкт, що має температуру вище абсолютного нуля, випромінює інфрачервоні хвилі, і людина не є винятком. PIR-датчик здатний фіксувати навіть незначні зміни в інфрачервоному випромінюванні. Він виявляє не тільки гарячі об'єкти (наприклад, людину, тварину тощо), але й рухомі

«холодні» об'єкти, оскільки під час руху об'єкт створює тертя з повітрям, внаслідок чого нагрівається, що також викликає зміну інфрачервоного випромінювання, яке реєструється PIR-датчиком.

Основним елементом PIR-датчика є піроелектричний кристал прямокутної форми, який можна побачити на малюнку 2.4.

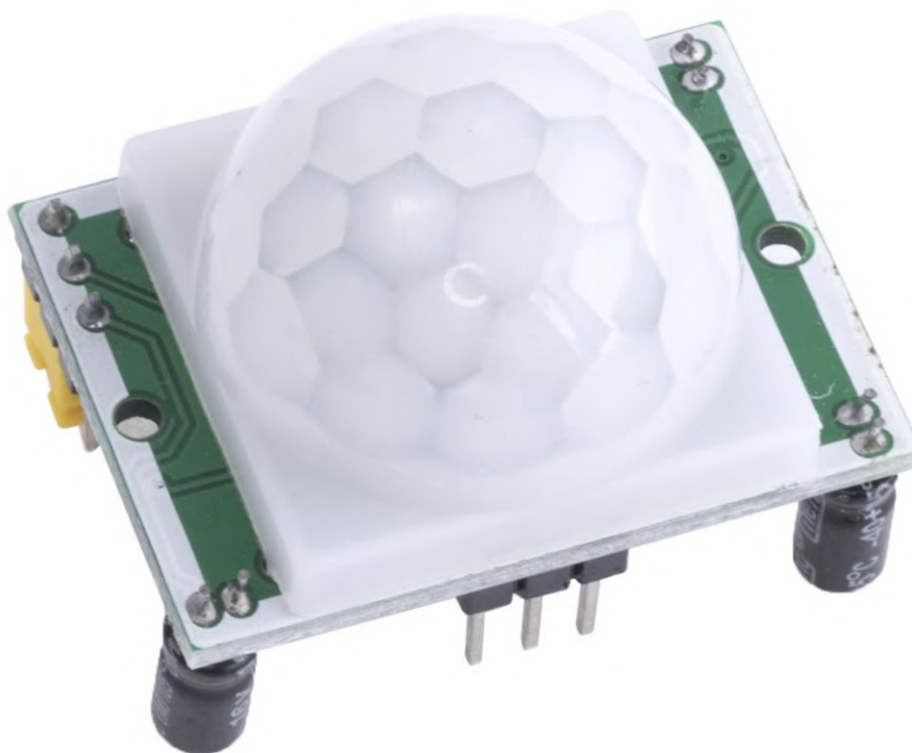


Рисунок 2.4 – Прямокутний кристал

У конструкції зібраного датчика він знаходиться під пластиковою кришкою, яка захищає його від зовнішніх пошкоджень. Датчик також містить кілька резисторів, конденсаторів та інших електронних компонентів, які необхідні для коректної роботи пристрою.

На рисунку 2.5 зображено PIR-датчик руху.

Характеристики датчика руху PIR HC-SR501:

- тип датчика - піроелектричний інфрачервоний (PIR) датчик;
- напруга живлення - 5V - 12V DC;
- струм споживання - приблизно 30 мА (при роботі);

- робоча температура – від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ ;
- виявлення руху - до 7 м (залежно від умов навколишнього середовища);
- кут виявлення -  $120^{\circ}$  (залежно від конструкції лінзи);
- час затримки - встановлюється за допомогою потенціометра від 3 секунд до 5 хвилин;
- час на виході - протягом затримки вихід зберігає HIGH;
- тип виходу - логічний рівень HIGH (від 3.3V до 5V);
- механічні розміри - 32 мм x 24 мм x 18 мм;
- вага - приблизно 5 г;
- схема підключення - бути підключений до мікроконтролера або іншого пристрою, що підтримує логічний сигнал HIGH.

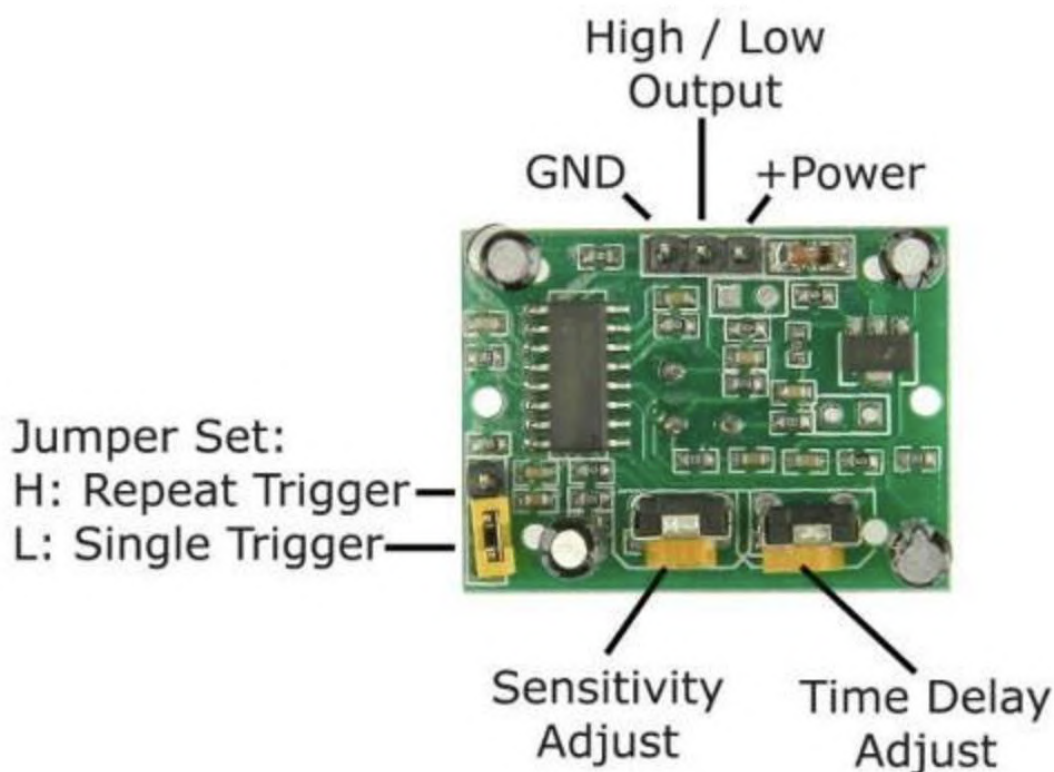


Рисунок 2.5 – Датчик руху PIR HC-SR501

Додаткові можливості:

- регулювання чутливості за допомогою потенціометра (максимальна чутливість до 7 м);

- можливість налаштування часу затримки на активність;
- може використовуватись для запуску зовнішніх пристроїв (наприклад, реле, освітлення, сигналізації).

Датчик PIR HC-SR501 ідеально підходить для використання в системах безпеки, автоматизації будинків, а також для створення простих проектів з виявлення руху.

## 2.3 Комплектація пристроїв

На наступних рисунках можна побачити комплектацію пристроїв з коротким описом.

Щоб підключити кабель для камери необхідно використати плоский стрічковий кабель до модуля камери (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Підключення кабелю до камери.

Наступний крок це підключення кабелю до плати Raspberry Pi. 2 (рис. 2.7).

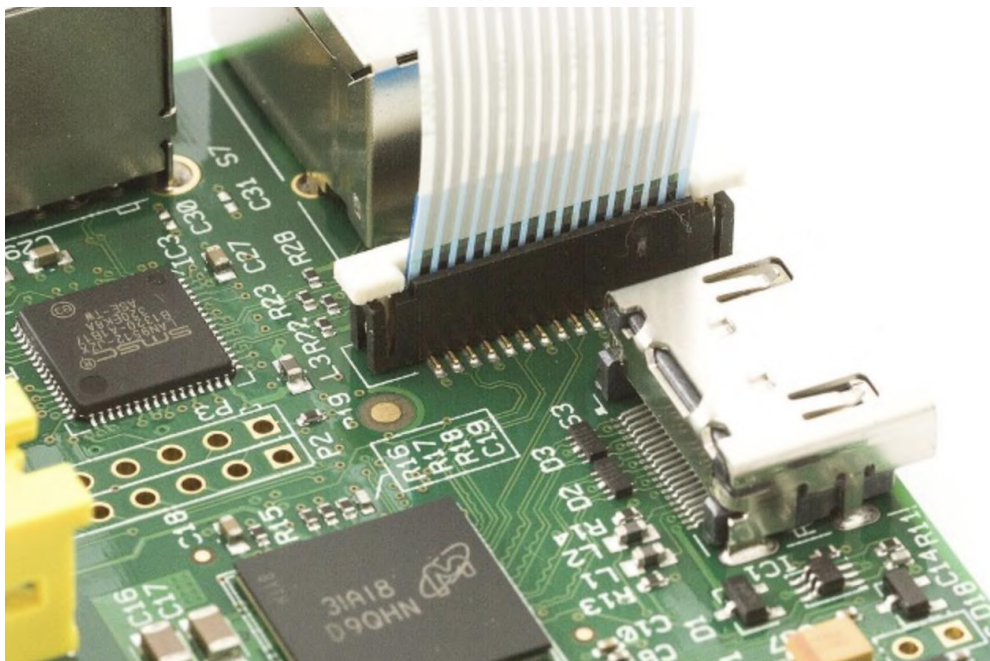


Рисунок 2.7 – Підключення кабелю до плати Raspberry Pi.

Загальний вигляд підключеної камери до мікрокомп'ютера Raspberry Pi показано на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 - Підключення модуля камери до Raspberry Pi

Піроелектричний датчик руху (рис.2.9) складається з двох основних компонентів, кожен з яких містить спеціальний матеріал, чутливий до

інфрачервоного випромінювання. Лінзи не мають значного впливу на функціонування датчика, тому ми маємо дві зони чутливості всього модуля. У стані спокою обидва сенсори виявляють однакову кількість випромінювання (наприклад, від навколишнього середовища чи приміщення).

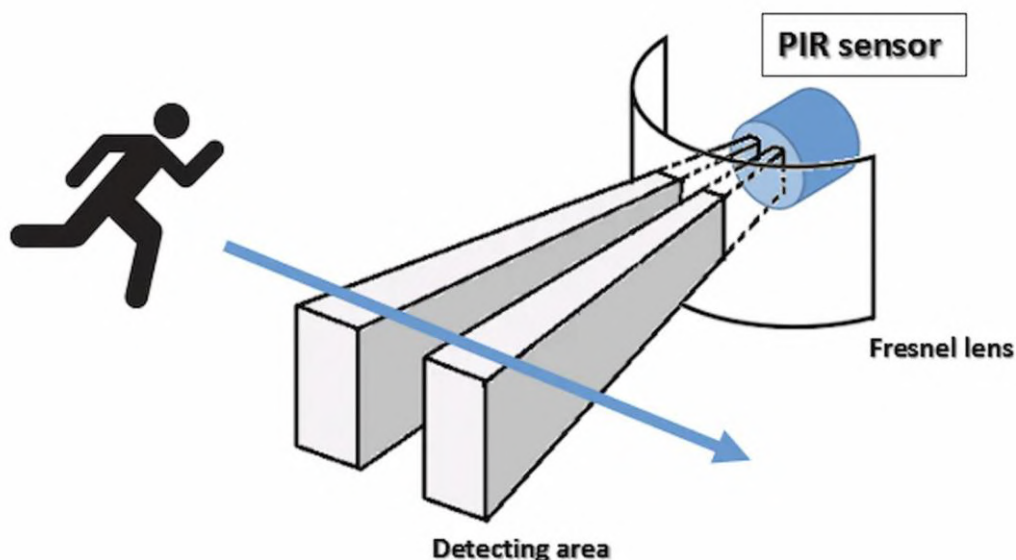


Рисунок 2.9 - Принцип роботи PIR-датчика

Коли теплокровний об'єкт (людина або тварина) проходить через зону чутливості одного з сенсорів, це викликає зміни в значеннях випромінювання, що фіксуються на модулі PIR-датчика. Після того, як об'єкт залишає цю зону, значення чутливих елементів вирівнюються. Ці зміни реєструються та перетворюються в імпульси HIGH або LOW на виході датчика.

## 2.4 Модуль сімейства ESP

Оновлена версія Wi-Fi модуля ESP8266 – ESP-01S побудована на базі мікросхеми ESP8266EX, яка має вбудований стек протоколу TCP/IP і підтримує керування за допомогою AT-команд. Чіп розроблений для використання у

розумних розетках, mesh-мережах, IP-камерах, бездротових сенсорах, носимій електроніці тощо (рис.2.10).

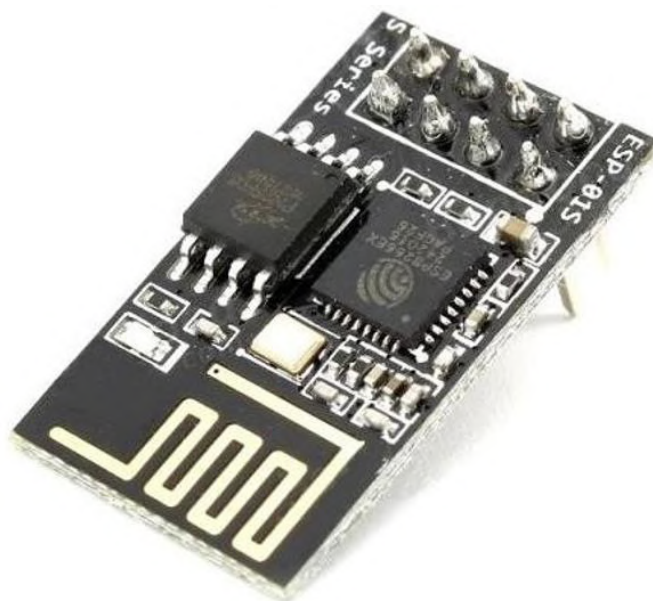


Рисунок 2.10 – Модуль ESP8266

Існує два основні способи використання цього чіпа:

- міст UART-WiFi – модуль ESP8266 підключається до вже існуючої системи на базі іншого мікроконтролера та керується AT-командами, забезпечуючи підключення до Wi-Fi;
- автономне рішення – чіп ESP8266 використовується як незалежний мікроконтролер для реалізації власного проекту.

ESP8266 функціонує з зовнішньою flash-пам'яттю через інтерфейс SPI. Обсяг пам'яті варіюється від 512 КБ до 4 МБ, проте за необхідності її можна замінити на версію до 32 МБ [11].

ESP8266 – це недорогий і потужний Wi-Fi модуль, який використовується для підключення пристроїв до бездротових мереж. Він має вбудований стек протоколу TCP/IP, підтримує AT-команди та може працювати як автономний мікроконтролер або як міст між іншими мікроконтролерами та Wi-Fi. Завдяки компактним розмірам, низькому енергоспоживанню та гнучкості у програмуванні, ESP8266 широко застосовується в IoT-проектах, розумних пристроях та системах автоматизації.

У більшості випадків зручніше прошивати мікроконтролер та працювати з власною програмою. Проте існують деякі нюанси:

- «Чистий» ESP8266 (наприклад, ESP-01) – для прошивки знадобиться USB-UART адаптер, який необхідно підключити до мікроконтролера, важливо, щоб адаптер підтримував 3-вольтову логіку, оскільки використання 5В може пошкодити модуль;
- використання плати Arduino замість окремого перехідника – ESP8266 підключається до UART-контактів Arduino, а сама плата відключається шляхом замикання апаратного RESET на землю, живлення ESP8266 необхідно подавати від 3.3В і в цьому випадку USB-UART міст (наприклад, CH340) на платі Arduino виконує роль адаптера;
- найзручніший варіант – використання плати з вбудованим USB-UART мостом (наприклад, NodeMCU, WeMos тощо). У цьому випадку достатньо просто підключити пристрій через USB, без додаткових маніпуляцій.

Камера-модуль на основі плати ESP-32 оснащений вбудованим Wi-Fi модулем, що дозволяє передавати відео в потоковому режимі. При цьому важливо враховувати наступні особливості потокової передачі даних:

- високошвидкісна передача кадрів – швидкість залежить від стандарту зв'язку, що використовується;
- асинхронність передачі – забезпечує мінімальну затримку сигналу;
- відображення у режимі FIFO – кадри обробляються у порядку надходження;
- швидке оновлення пікселів – запобігає мерехтінню та забезпечує плавність зображення.

Основні характеристики ESP32-CAM.

ESP32-CAM - це компактний модуль для роботи з відео та зображеннями, оснащений вбудованим Wi-Fi і Bluetooth, що робить його ідеальним для бездротових камер спостереження, розпізнавання обличчя та IoT-застосунків.

Технічні характеристики:

- процесор - двоядерний Tensilica LX6, до 240 МГц;

- оперативна пам'ять - 520 КБ SRAM + 4 МБ PSRAM;
- зберігання - підтримка карт microSD до 4 ГБ;
- бездротовий зв'язок - Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2 BR/EDR і BLE;
- камера - модуль OV2640 (2 МП) або підтримка інших моделей;
- інтерфейси – GPIO, UART, SPI, I2C, PWM;
- робоча напруга - 3.3 В;
- живлення - 5 В через micro-USB або 3.3 В через піновий роз'єм;
- споживання енергії - 180–310 мА;
- розміри - 27 x 40 мм.

Додаткові можливості:

- вбудована підтримка розпізнавання обличчя;
- можливість передачі відеопотоку через Wi-Fi;
- підтримка режиму енергозбереження;
- вбудований світлодіодний спалах.

ESP32-CAM (рис.2.11) ідеально підходить для створення бездротових камер відеоспостереження, IoT-проектів, автоматизованих систем контролю та розпізнавання об'єктів.

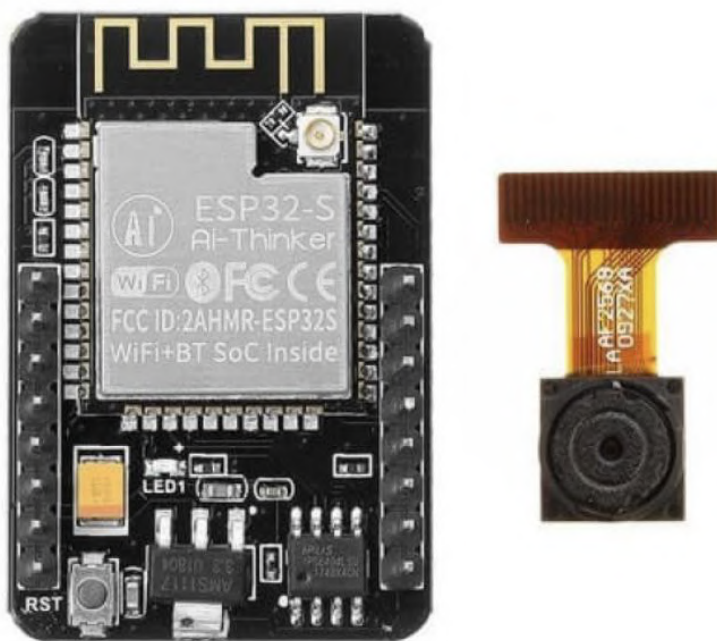


Рисунок 2.11 – ESP32-CAM

## 2.6 Алгоритм потокової передачі відео

Характеристики протоколу WebSocket та алгоритм передавання зображення [12].

Основні особливості WebSocket:

- забезпечує передачу даних у реальному часі з мінімальними затримками та накладними витратами;
- клієнт і сервер можуть відправляти дані незалежно один від одного, без необхідності очікування завершення попередньої передачі;
- підтримує як текстовий, так і двійковий формати передачі, що дозволяє обмінюватися командами користувача та передавати зображення у двійковому вигляді.

Алгоритм передачі зображення з ESP32 у браузер через WebSocket:

- а) встановлення WebSocket-з'єднання між браузером і ESP32;
- б) браузер надсилає ESP32 запит із повідомленням "start", у якому міститься інформація про бажану роздільну здатність кадру: 80×60, 160×120 або 320×240;
- в) ESP32 починає захоплення кадрів і передає їх у браузер через `WebSocket.sendBIN`:
  - 1) зображення передається у форматі RGB565;
  - 2) загальний розмір кадру визначається за формулою:
$$\text{size} = \text{width} \times \text{height} \times 2;$$
  - г) виділення пам'яті для зберігання кадру розміром не менше 160×120×2 байти (QQVGA);
  - д) якщо вибрана роздільна здатність 320×240, захоплення виконується у два етапи:
    - 1) спочатку передається перша половина кадру;
    - 2) потім друга половина кадру надсилається окремо через WebSocket;
    - 3) використовуються прапорці `start` і `end`, які допомагають

браузеру коректно зібрати повний кадр;

е) після отримання прапорця `end` браузер запитує наступний кадр, після чого цикл повторюється з кроку 3.

Цей підхід дозволяє ефективно передавати відеопотік із мінімальними затримками та забезпечує стабільну роботу навіть при високих роздільних здатностях.

Для швидкого налаштування ESP32-CAM можна використовувати вже готові приклади та бібліотеки для Arduino IDE.

Крок 0. Інсталяція Arduino IDE: завантажте програму з офіційного сайту, встановіть її та запустіть.

Крок 1. Після встановлення IDE потрібно додати підтримку модуля ESP32. Для цього відкрийте налаштування (File - Preferences) і внизу вікна налаштувань у полі *Additional Boards Manager URLs* додайте наступну URL-адресу:

[https://dl.espressif.com/dl/package\\_esp32\\_index.json](https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json)

Після цього можна побачите наступне (рисунок 2.12):

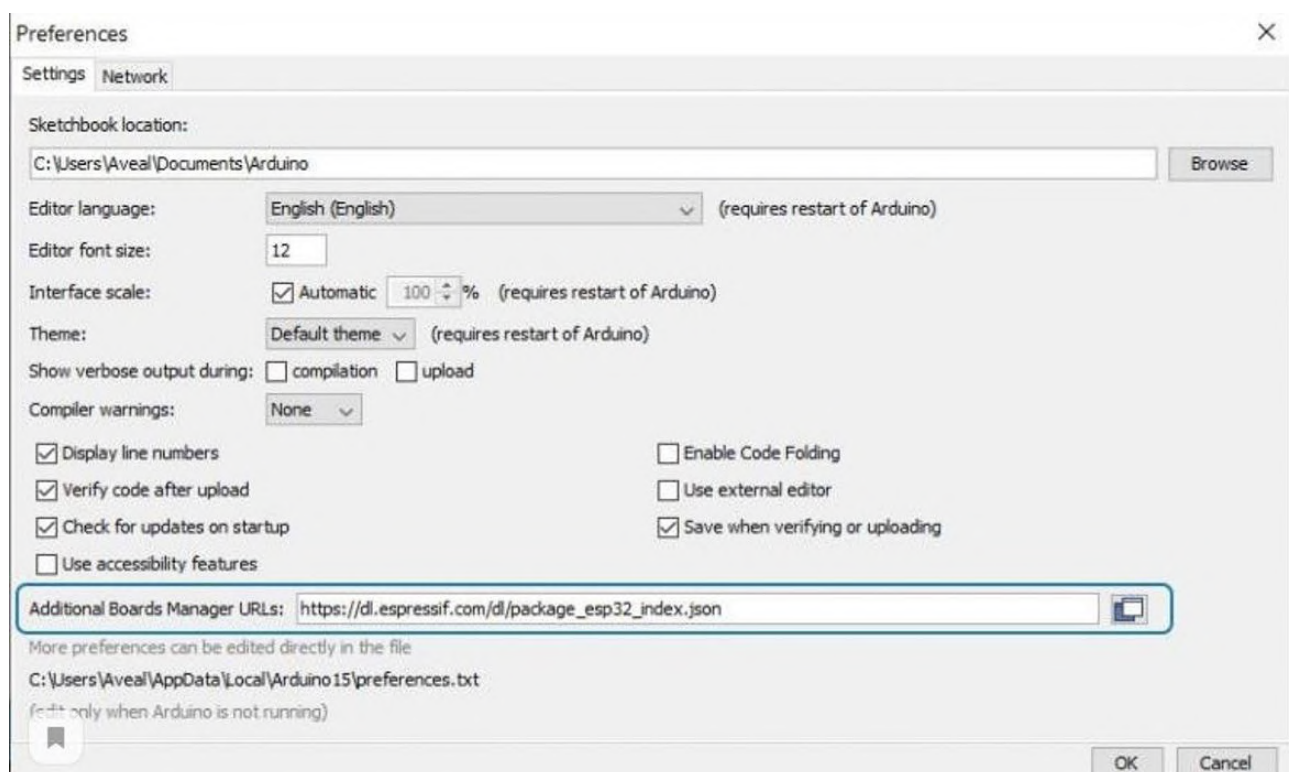


Рисунок 2.12 – Налаштування програмного забезпечення

Крок 2. Перейдіть до *Boards Manager*: виберіть у меню Tools - Board - Boards Manager (рис. 2.13).

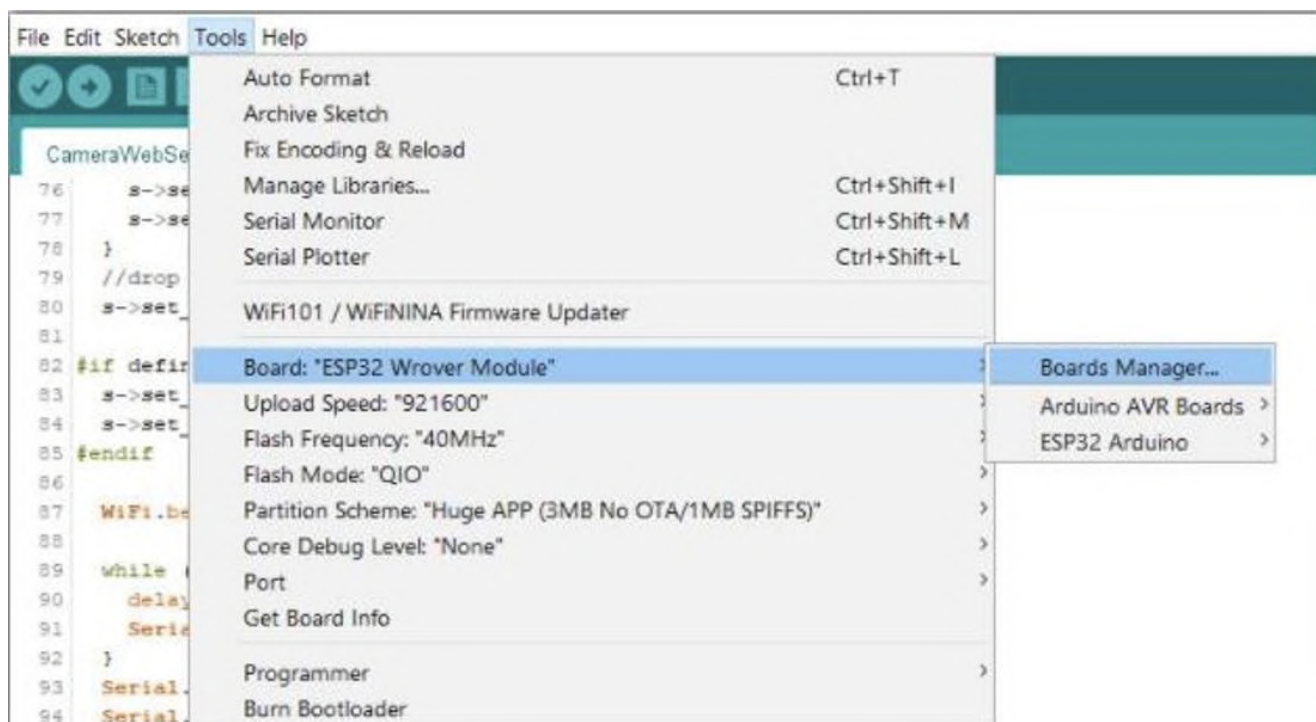


Рисунок 2.13 – Перехід в меню Boards Manager

Крок 3. У вікні пошуку введіть "esp32". З'явиться один варіант. Натискайте Install для встановлення. (рисунок 2.14).

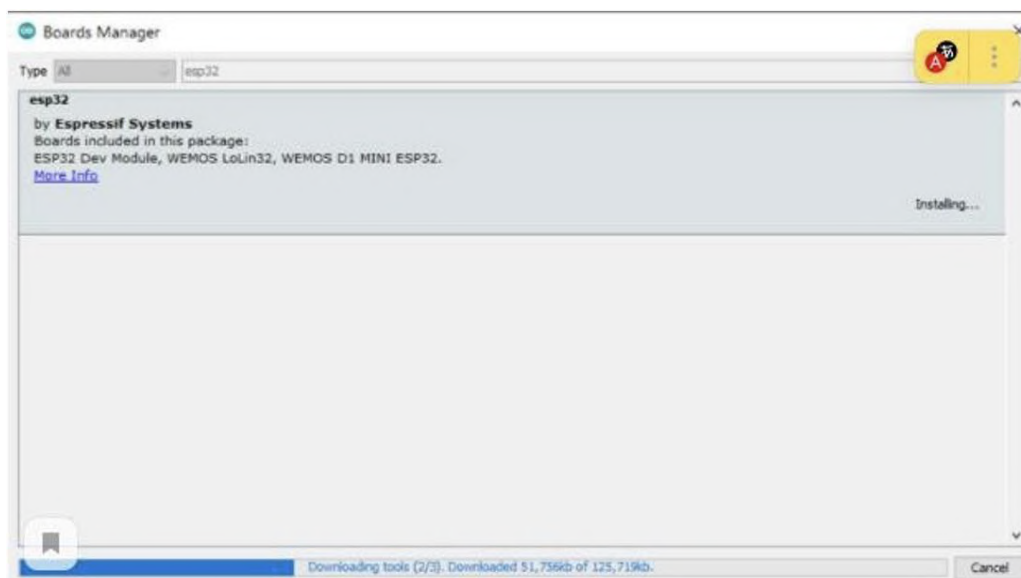


Рисунок 2.14 – Встановлення ПЗ для esp

Крок 4. Очікуємо завершення операції та переходимо до наступного етапу.

Крок 5. Відкриваємо приклад для роботи з камерою в Arduino IDE. Для цього переходимо до меню File - Examples - ESP32 - Camera - CameraWebServer (рисунок 2.15).

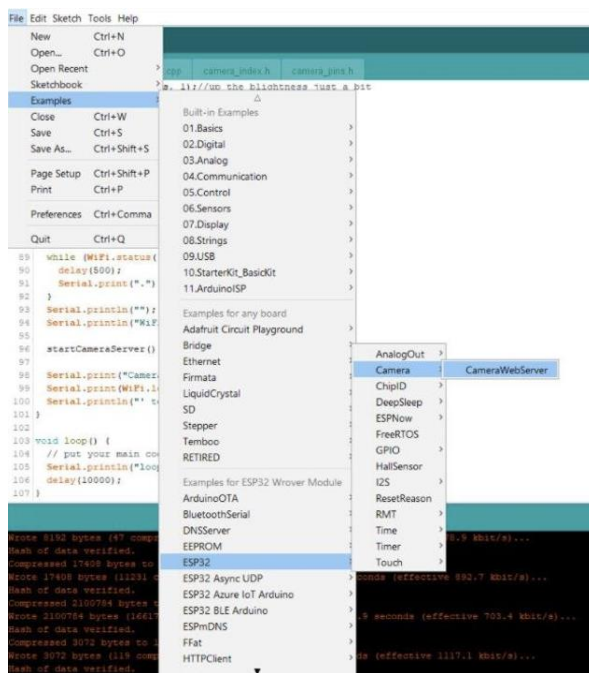


Рисунок 2.15 – Налаштування камери

Крок 6. Отримуємо готовий проект з ініціалізацією в функції setup() та основним циклом програми в функції loop().

Крок 7. Тепер потрібно внести деякі модифікації в код керуючої програми для успішної роботи плати та камери. Для початку вибираємо модель камери. Це робиться шляхом коментування непотрібного коду і розкоментування потрібного варіанту (рис.2.16).

```

1. // Select camera model
2. // #define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
3. // #define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
4. // #define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
5. // #define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE
6. #define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

```

Рисунок 2.16 - Коментування непотрібного коду

Крок 8. У меню Tools потрібно налаштувати актуальні параметри для програмування плати - вибрати тип плати, номер COM-порту та інші налаштування (рис. 2.17).

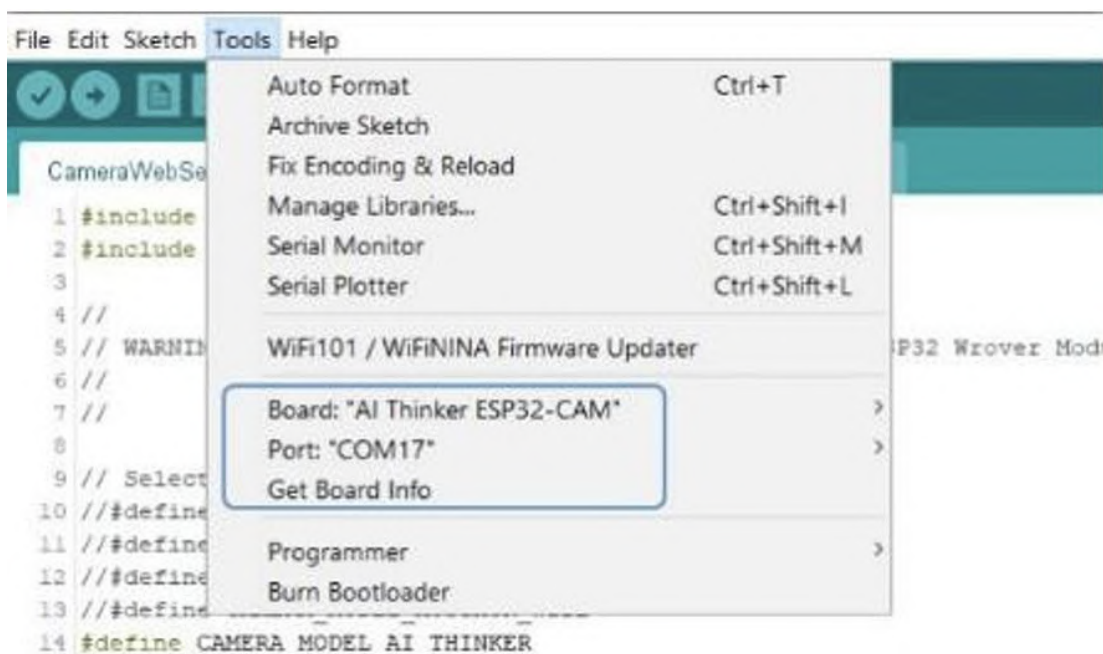


Рисунок 2.17 – Перелік налаштувань

Крок 9. Завантажуємо код програми на плату. Для цього натискаємо кнопку Upload, але не забуваємо перед цим підключити пін GPIO0 до землі (рисунок 2.18).

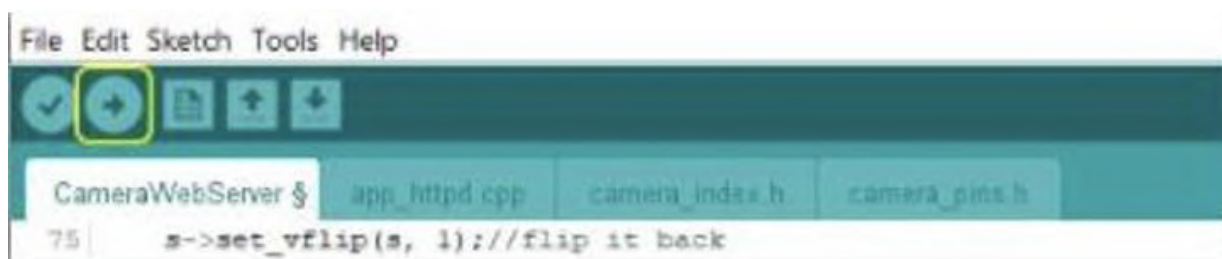


Рисунок 2.18 – Прошивання плати

Крок 10. Відключаємо підтяжку GPIO0 до землі і запускаємо Serial Monitor (Tools - Serial Monitor) для перегляду виводу та налаштування камери. У вікні

Serial Monitor можна побачити IP-адресу вашої плати ESP32-CAM, за допомогою якої ви зможете підключитися до веб-інтерфейсу камери. Важливо, щоб параметри монітора серійного порту (Baud rate) були встановлені на 115200 біт/с для правильного виводу інформації (рисунок 2.19).

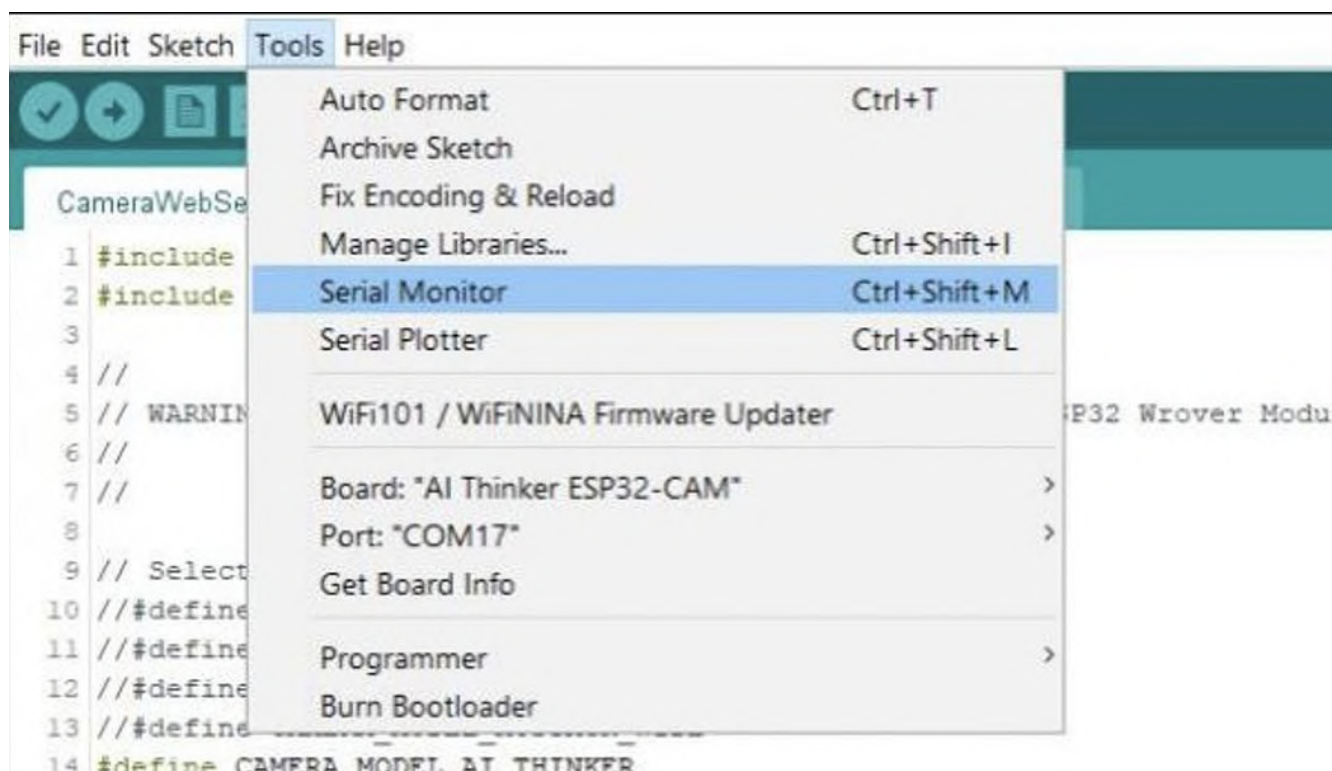


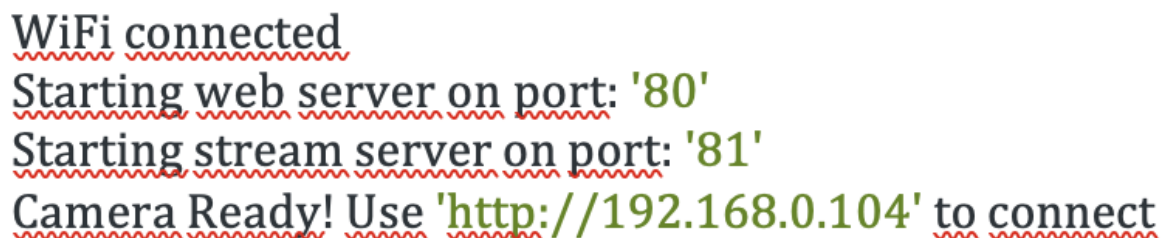
Рисунок 2.19 – Відключення

Якщо все було зроблено правильно, ви побачите повідомлення про успішне підключення та отриману IP-адресу. Далі, через браузер, вводимо цю адресу для доступу до веб-камери.

Тепер, після того як ви відключили підтяжку GPIO0 і запустили Serial Monitor, ви можете перезапустити плату за допомогою кнопки Reset. Після перезапуску на екрані Serial Monitor з'являться повідомлення, що сигналізують про успішне підключення до вашої мережі Wi-Fi. Зазвичай, це виглядатиме так:

- ESP32 спочатку підключається до Wi-Fi;
- виводиться IP-адреса, через яку можна доступити веб-камеру через браузер;
- камера починає відправляти відеопотік.

Таким чином, після перезапуску ви зможете побачити повідомлення (рис.2.20), яке підтверджує успішне підключення до мережі Wi-Fi та дозволяє вам отримати доступ до веб-камери через браузер за вказаною IP-адресою.



```
WiFi connected
Starting web server on port: '80'
Starting stream server on port: '81'
Camera Ready! Use 'http://192.168.0.104' to connect
```

Рисунок 2.20 - Повідомлення про успішне підключення до мережі Wi-Fi

Крок 11. Після того як ви побачите повідомлення про успішне підключення до Wi-Fi і отримання IP-адреси в Serial Monitor, відкрийте будь-який браузер на комп'ютері або мобільному пристрої:

- введіть отриману IP-адресу в адресний рядок браузера (наприклад, `http://192.168.1.100`);
- у веб-інтерфейсі, який відкриється, знайдете кнопку "Start Stream" (Запустити потік);
- натискаючи на "Start Stream", ви зможете побачити зображення, що передається з камери OV2640, підключеної до вашої плати ESP32-CAM.

На екрані повинно з'явитися відео, що показує зображення з камери в реальному часі. Якщо зображення не відображається, перевірте з'єднання з Wi-Fi, параметри плати та налаштування камери (рисунок 2.21).

Цей етап підтверджує, що ESP32-CAM успішно передає відео в режимі реального часу через Wi-Fi.

Одним із корисних режимів для камери ESP32-CAM є режим розпізнавання обличчя. Для того, щоб увімкнути цю функцію та розпочати розпізнавання людини, потрібно виконати кілька кроків.

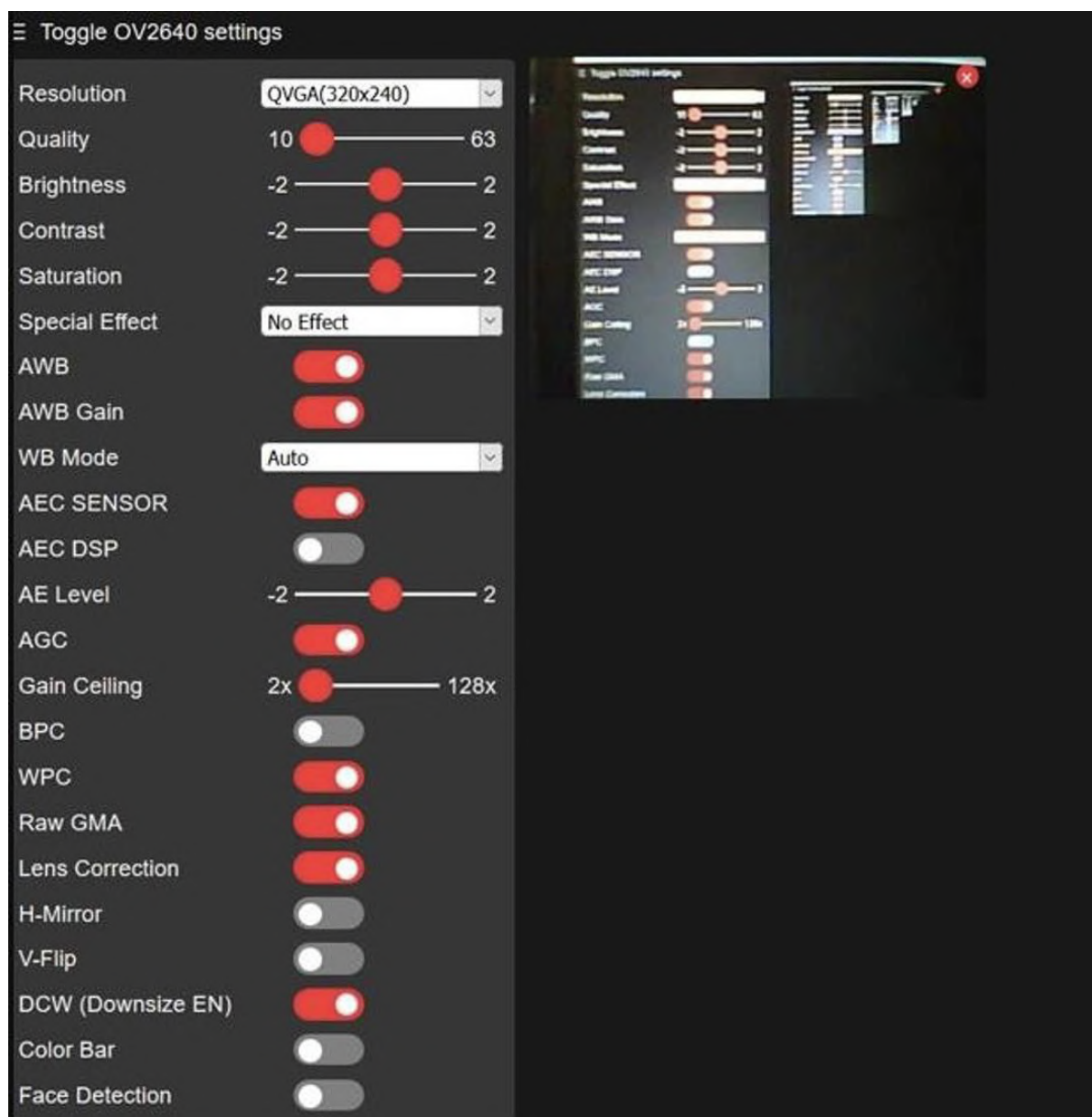


Рисунок 2.21 – Отримане зображення з OV2640

Кроки для налаштування режиму розпізнавання обличчя:

а) включення Face Detection та Face Recognition:

1) в налаштуваннях веб-інтерфейсу, який ви отримали після підключення до камери через IP-адресу, знайдіть опції Face Detection (Виявлення обличчя) та Face Recognition (Розпізнавання обличчя);

2) увімкніть ці опції для активації режиму розпізнавання;

б) реєстрація особи:

1) натискайте кнопку Enroll Face (Зареєструвати обличчя);

2) камера зробить кілька фотографій вашого обличчя з різних кутів,

щоб створити модель розпізнавання;

3) після успішної реєстрації ви отримаєте повідомлення, що обличчя було успішно додано;

в) розпізнавання обличчя:

1) після реєстрації обличчя, ESP32-CAM буде використовувати алгоритм для визначення, чи є зареєстроване обличчя в кадрі;

2) якщо камера виявить зареєстровану особу в кадрі, вона видасть повідомлення або відобразить відповідний інтерфейс на екрані.

Переваги цього режиму:

- безпека та зручність - можна налаштувати систему для виявлення конкретних людей, наприклад, для доступу до приміщення або створення системи спостереження;

- розпізнавання обличчя в реальному часі - камера дозволяє автоматично виявляти чи знаходиться в кадрі зареєстроване обличчя, що корисно для проектів безпеки.

Цей режим може бути корисним у проектах безпеки, автоматизації, системах моніторингу чи навіть у проектуванні розумних будинків, де доступ чи події можна обмежити на основі виявлення осіб.

У другому розділі було розглянуто структуру системи детекції руху, а також представлена блок-схема візуальних компонентів, що формують функціональний, простий і зручний інтерфейс. Описано елементи, використані для створення робочої системи детекції руху, а також проаналізовано їх характеристики. Далі була розглянута і сконструйована схема детекції руху, а також створені блок-схеми програми.

## 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

### 3.1 Опис порядку дій

При подачі живлення пристрій активується: на мікрокомп'ютері загоряється індикатор живлення та блимає індикатор завантаження операційної системи [13].

Якщо натиснути кнопку «А» один раз, камера почне записувати відео при виявленні руху перед датчиком. Повторне натискання кнопки вимикає реакцію камери на датчик.

У робочому режимі пристрій фіксує рух перед датчиком, записує відео на камеру та зберігає його на флеш-карті, підключеній до мікрокомп'ютера.

Під час роботи пристрою користувач може у будь-який момент переглянути пряму трансляцію з камери через інтернет-з'єднання.

У режимі очікування пристрій не записує відео на флеш-карту, оскільки перебуває в стані очікування сигналу від датчика руху.

Щоб запустити Raspberry Pi вперше, необхідно підготувати такі компоненти:

- Raspberry Pi (моделі 4, 3, 2 або Zero);
- USB-клавіатура для введення команд;
- USB-мишка для роботи з графічним інтерфейсом;
- карта пам'яті SD/MMC/SDIO ємністю від 2 до 32 ГБ;
- адаптер живлення micro USB для підключення Raspberry Pi;
- монітор з HDMI-роз'ємом, телевізор або TV-тюнер з RCA-роз'ємом;
- HDMI-кабель для підключення до монітора або RCA-кабель для підключення до телевізора чи тюнера;
- програма Win32DiskImager для запису операційної системи на карту пам'яті;
- образ операційної системи Raspbian "Wheezy" для встановлення;
- картридер для зчитування SD/MMC/SDIO-карт пам'яті на комп'ютері.

Після підготовки всіх компонентів можна переходити до встановлення та налаштування системи.

### 3.1.1 Запис образу Raspbian на карту пам'яті

Щоб записати операційну систему Raspbian на карту пам'яті, необхідно завантажити сам образ ОС та програму Win32DiskImager. Після встановлення програми та завантаження ОС виконайте наступні кроки [14]:

- вставте карту пам'яті у картрідер та підключіть його до комп'ютера;
- запустіть програму Win32DiskImager;
- у полі вибору файлу вкажіть шлях до завантаженого образу операційної системи;
- у меню "Device" виберіть букву диска, яка відповідає вашій карті пам'яті;
- натисніть кнопку "Write" і дочекайтеся завершення процесу запису (див. рис. 3.1).

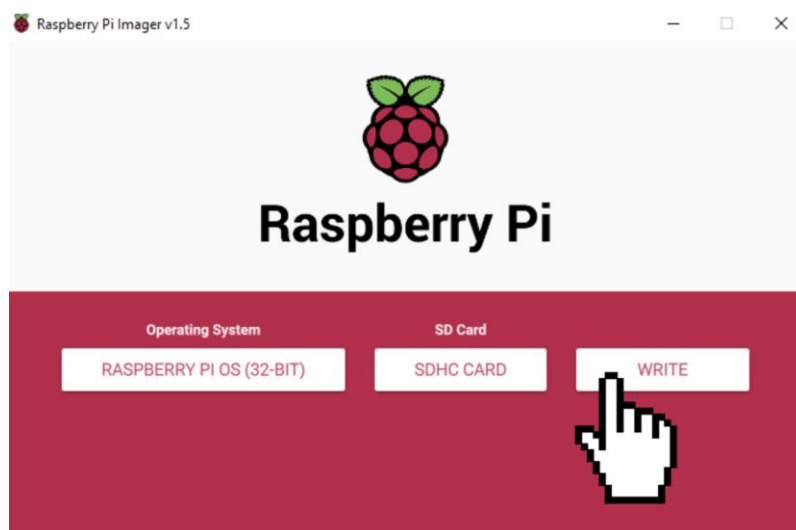


Рисунок 3.1 – Завантаження ОС Raspberry

Після завершення процесу карта пам'яті буде готова для використання з Raspberry Pi.

### 3.1.2 Підключення Raspberry Pi

Для підключення необхідно виконати наступні дії:

- вставте карту пам'яті у відповідний слот на Raspberry Pi;
- підключіть USB-клавіатуру (та USB-мишу, якщо необхідно);

- з'єднайте HDMI-кабель із монітором або використовуйте RCA-кабель для підключення Raspberry Pi до телевізора чи ТВ-тюнера (в RCA-кабелі використовується лише жовтий роз'єм);

- увімкніть монітор або телевізор (ТВ-тюнер);
- під'єднайте блок живлення mini USB до Raspberry Pi;
- вставте адаптер живлення mini USB у розетку.

Після підключення пристрій автоматично почне завантаження.

Початкове налаштування системи:

- оновіть систему `-sudo apt update && sudo apt upgrade -y;`
- запустіть конфігурацію Raspberry Pi - `sudo raspi-config;`
- змініть пароль користувача (у розділі System Options → Password);
- налаштуйте локальну зону (часовий пояс, мову, розкладку клавіатури);
- розширте файлову систему (розділ Advanced Options → Expand Filesystem);
- увімкніть SSH/VNC (якщо потрібно);
- перезавантажте пристрій - `sudo reboot.`

### 3.1.3 Підключення до Raspberry Pi через SSH

Наступним кроком буде виконуватись підключення Raspberry Pi через SSH:

- дізнайтеся IP-адресу Raspberry Pi - `hostname -I;`
- використовуйте команду SSH для підключення (замініть `xxx.xxx.xxx.xxx` на вашу IP-адресу) - `ssh pi@xxx.xxx.xxx.xxx` (пароль за замовчуванням: `raspberrypi`, якщо не змінювали);
- завершальні налаштування та встановлення додаткових програм;
- рекомендується встановити корисні програми - `sudo apt install -y vim htop git curl net-tools;`
- якщо потрібен графічний інтерфейс VNC  
`sudo apt install -y tightvncserver`  
`tightvncserver;`

- запуск сервера VNC - `vncserver :1`.

Тепер можемо підключатися до Raspberry Pi через VNC Viewer.

Встановлення Raspberry Pi OS не є складним процесом, але потребує уваги на кожному етапі. Після першого запуску система готова до роботи, а додаткові налаштування допоможуть адаптувати її під ваші потреби.

### 3.2 Тестування та налаштування модуля камери

Щоб переконатися, що камера правильно встановлена та інтерфейс увімкнено в Raspberry Pi Configuration Tool, скористаємося інструментом `raspistill`.

Ця утиліта дозволяє захоплювати зображення з камери через командний рядок (CLI, Command-Line Interface).

Для тестування камери введіть у терміналі наступну команду:

```
raspistill -o test.jpg
```

Ця команда зробить знімок і збереже його як `test.jpg` у поточній директорії (рисунок 3.2).

Як тільки ви натиснете ENTER, на екрані з'явиться велике зображення того, що бачить камера. Це називається режимом попереднього перегляду в реальному часі (live preview).

Якщо не вказано інші параметри, попередній перегляд триватиме 5 секунд. Після закінчення цього часу камера зробить один знімок та збереже його у вашій домашній папці під назвою `test.jpg`.

У роботі для керування камерою буде використовуватися Python разом із бібліотекою `picamera`.

Ця бібліотека надає повний контроль над можливостями камери:

- попередній перегляд,
- захоплення зображень,
- запис відео.

Саме ці інструменти дозволять інтегрувати камеру в проєкт.

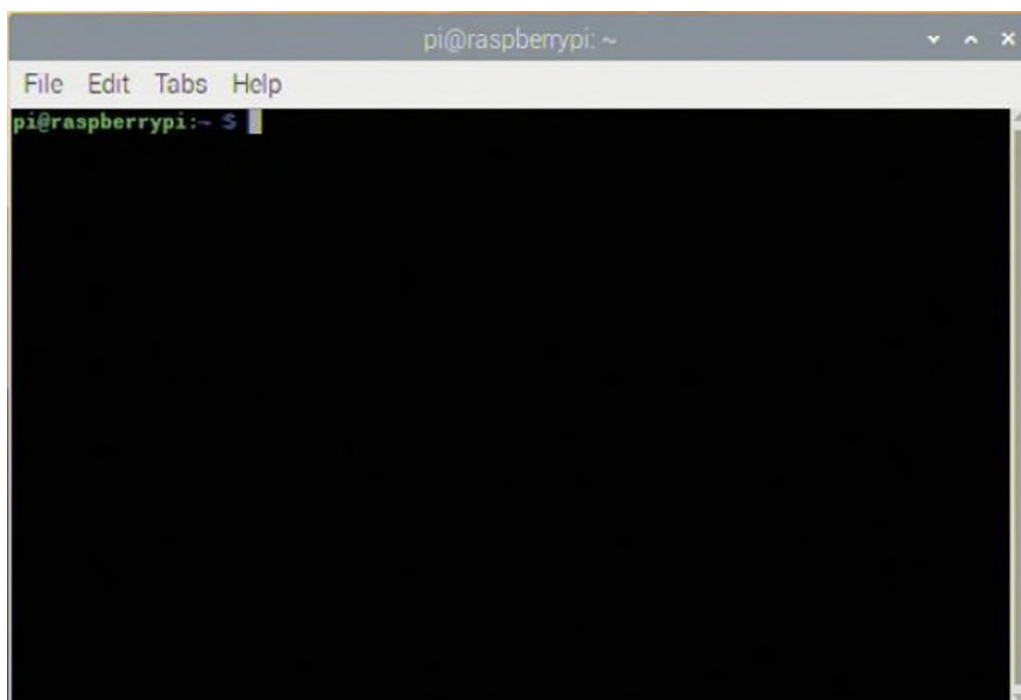


Рисунок 3.2 – Тестування камери

### 3.3 Збір схеми

Для реалізації проєкту знадобляться:

- кнопка-перемикач;
- макетна плата;
- перемичка «папа-папа» (M2M);
- декілька перемичок «мама-папа» (M2F).

Якщо макетної плати немає, можна підключити комутатор, використовуючи кабель «мама-мама» (F2F), проте натискати його буде менш зручно.

#### 3.3.1 Створення схеми

В ході створення схеми необхідно виконати наступні кроки:

- встановлюємо кнопку на макетну плату;

- підключаємо шину заземлення до контакту GND на Raspberry Pi за допомогою перемички «папа-мама» (M2F);
- перемичкою «папа-папа» (M2M) з'єднуємо одну ніжку комутатора із шиною заземлення на макетній платі;
- перемичкою «папа-мама» (M2F) підключаємо другу ніжку комутатора до контакту GPIO 2 (GP2) (рисунок 3.3).

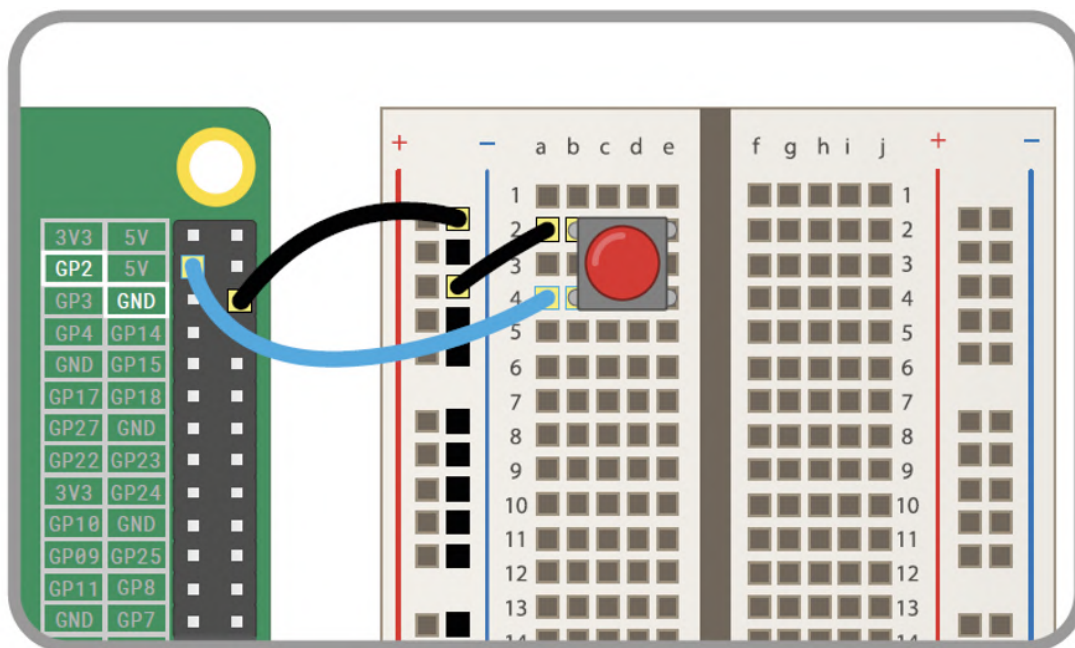


Рисунок 3.3 - Створення схеми

### 3.3.2 Створення нового проєкту

Новий проєкт створено у Thonny для цього необхідно:

а) відкрийте Thonny – середовище розробки для Python:

б) створіть новий файл:

1) у верхньому меню натисніть "File" → "New";

2) назвіть проєкт Stop Motion;

в) збережіть файл:

1) натисніть "File" → "Save As", виберіть папку та збережіть як StopMotion.py.

### 3.3.3 Імпорт та налаштування бібліотек

На початку коду імпортуємо необхідні бібліотеки для роботи з камерою та

GPIO-портом (рис.3.4).

```
from picamera import PiCamera
from gpiozero import Button
camera = PiCamera()
button = Button(2)
```

Рисунок 3.4 – Налаштування бібліотеки

Ці бібліотеки дозволять:

- picamera – керувати камерою Raspberry Pi;
- RPi.GPIO – взаємодіяти з кнопками та портами GPIO;
- time – додавати затримки між знімками для Stop Motion.

Тепер можна переходити до налаштування GPIO та створення логіки Stop Motion [15].

Потім напишемо наступне повідомлення, яке відображено на рисунку 3.5.

```
camera.start_preview()
button.wait_for_press()
camera.capture('/home/pi/Desktop/image.jpg')
camera.stop_preview()
```

Рисунок 3.5– Імпорт бібліотек

Натискання кнопки "Виконати" (Run) запустить програму, і ви побачите вікно попереднього перегляду камери. Це дозволить вам побачити, що камера фіксує в реальному часі, поки програма працює.

Програма працює наступним чином:

- попередній перегляд камери – буде відображатися на екрані, поки ви не натиснете кнопковий перемикач;
- натискання перемикача – як тільки ви натиснете кнопку на макетній платі (перемикач), попередній перегляд закриється;

- збереження зображення – програма збереже зображення, яке камера зняла, на робочому столі під назвою `image.jpg`;
- перевірка зображення – знайдіть зображення на робочому столі з ім'ям `image.jpg` та двічі натисніть на нього, щоб підтвердити, що програма працює коректно.

### 3.3.4 Покадрова анімація

Покадрова анімація створюється шляхом створення великої кількості нерухомих зображень, які потім відтворюються по черзі, створюючи ілюзію руху. Це використовується для створення стоп-кадрів та анімацій. Кожен кадр програма збирає під час натискання кнопки, і згодом їх можна об'єднати у відео або анімацію.

Якщо вам потрібен більш детальний контроль над модулем камери Raspberry Pi, ви можете використовувати бібліотеку Python `picamera` для налаштування параметрів. Нижче детально описані ці параметри разом з їх значеннями за замовчуванням, і вивчивши їх, ви зможете застосовувати їх у своїх програмах.

Налаштування, яке представлено на рисунку 3.6 відповідає за автоматичний баланс білого на камері та може бути встановлена в один з наступних режимів: вимкнено, авто, сонячне світло, хмарно, тінь, вольфрам, флюоресцентне, лампа розжарювання, спалах або горизонт (відповідно: `off`, `auto`, `sunlight`, `cloudy`, `shade`, `tungsten`, `fluorescent`, `incandescent`, `flash` або `horizon`). Якщо ви помічаєте, що ваші знімки або відео мають занадто синій або жовтий відтінок, спробуйте змінити режим.

Це налаштування (рис.3.7) дозволяє регулювати яскравість зображення камери, де значення «0» відповідає найтемнішому зображенню, а «100» — найяскравішому.

```
camera.awb_mode = 'auto'
```

Рисунок 3.6 – Налаштування автоматичного балансу

**camera.brightness = 50**

Рисунок 3.7 – Налаштування яскравості зображення

Наступний параметр (рисунок 3.8) дозволяє змінювати колірний ефект, який використовується камерою. Зазвичай він не потребує змін, але якщо ви введете пару чисел, то зможете змінити спосіб обробки кольору. Наприклад, використання значень (128, 128) призведе до створення чорно-білого зображення.

**camera.color\_effects = None**

Рисунок 3.8 – Налаштування кольору

Параметр, на рисунку 3.9, встановлює режим експозиції (exposure mode), який камера використовує для визначення, як правильно експонувати зображення. Доступні наступні режими: вимкнений, авто, ніч, підсвічування, прожектор, спорт, сніг, пляж, дуже довга експозиція, фіксована частота кадрів, антишейк і феєрверк (відповідно: off, auto, night, backlight, spotlight, sports, snow, beach, verylong, fixedfps, antishake, fireworks).

**camera.exposure\_mode = 'auto'**

Рисунок 3.9 – Встановлення режиму експозиції

Цей параметр (рис.3.10) визначає кількість зображень, які камера захоплює за секунду, або, іншими словами, встановлює частоту кадрів (frame rate). Вища частота кадрів забезпечує більш плавне відео, але займає більше місця для зберігання файлів. Для забезпечення більш високої частоти кадрів може знадобитися використання меншого розширення, яке можна налаштувати за допомогою параметра `camera.resolution`.

**camera.framerate = 30**

Рисунок 3.10 – Параметр кількості зображень

Параметр налаштовує ISO камери, що визначає її чутливість до світла. За замовчуванням камера автоматично коригує ISO в залежності від наявного освітлення. Ви також можете вручну встановити ISO, обравши одне з наступних значень: 100, 200, 320, 400, 500, 640, 800. Чим вище значення ISO, тим краще камера справляється з низьким рівнем освітлення, але зображення чи відео можуть стати більш зернистими (рис.3.11).

**camera.ISO = 0**

Рисунок 3.11 – Параметр чутливості до світла

У третьому розділі описано алгоритм роботи та методи управління системою детекції руху. Розглянуті вбудовані функції, які використовуються для реалізації поставленої задачі, а також наведені приклади роботи деяких з цих функцій. Крім того, представлені результати завантаження програмного коду для системи детекції руху, реалізованої на базі Raspberry Pi.

## ВИСНОВКИ

Результатом виконання роботи є система виявлення руху на основі Raspberry Pi. Результатом виконання роботи є система виявлення руху на основі мікроконтролера сімейства ESP. Всі поставлені технічні завдання були успішно вирішені, а саме:

- було проведено вивчення літератури та автоматичного виявлення руху, що дозволило знайти шляхи вирішення проблеми автоматичного запису;
- створено прототип системи виявлення руху на основі мікроконтролера сімейства ESP;
- досліджено оптимальні параметри функціонування системи в обмеженому просторі;
- вирішено ряд проблем, що виникають при використанні системи виявлення руху в умовах тривалої відсутності людини в приміщенні;
- визначено напрямки апаратного і програмного вдосконалення даної установки;
- заплановано нові напрямки для проектування та створення системи «Розумного будинку» та інших проектів на основі платформи Raspberry Pi;
- система працює від джерела живлення з низькою напругою.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Stephen Haag, Maeve Cummings, Amy Phillips. Management information systems for the information. McGraw-Hill/Irwin, Boston. 2020. 672 p.
2. Методи аналізу даних. URL: [http://web.kpi.kharkov.ua/auts/wpcontent/uploads/sites/67/2017/02/DAMAP\\_Ivashko\\_posobie2.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/auts/wpcontent/uploads/sites/67/2017/02/DAMAP_Ivashko_posobie2.pdf) (дата звернення 13.04.2025).
3. Унікальні можливості Raspberry Pi: найцікавіше про одноплатні комп'ютери URL: <https://diylab.ua/analitic/26599-unikalni-mojlivosti-raspberry-pi-naucikavishe-pro-odnoplatti-kompyuteri.html> (дата звернення 19.04.2025).
4. M. Margolis, B. Jenson, R. Weldin . Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects . O'Reilly Media; 3rd edition. 2020. 1235p.
5. Raspberry Pi. URL: <https://arduino.ua/prod2853-modul-kameri-imx219-s-shirokoygolnim-160-gradysov-obektivom> (дата звернення 09.04.2025).
6. Multiple Motherboards Support. URL: <https://www.waveshare.com/imx477-160-12.3mp-camera.htm> (дата звернення 27.04.2025).
7. The Universal Parser Compiler and Its Application to a Speech Translation System Masaru Tomita, Marion Kee, Hiroaki Saito, Teruko Mitamura and Hideto Tomabechi. URL: <https://aclanthology.org/1988.tmi-1.9/> (Last accessed: 29.04.2025).
8. Simon Monk. Raspberry Pi Cookbook: Software and Hardware Problems and Solutions 4th Edition. O'Reilly Media. 2023. 613p.
9. Ширококутна камера Raspberry Pi Camera. URL: <https://arduino.ua/prod5866-shirokokytina-kamera-raspberry-pi-camera-module-3-wide-120-12mp-sony-imx708> (дата звернення 21.04.2025).
10. Датчики Рух, відстань. URL: <https://arduino.ua/prod5113-pir-datchik-dvijeniya-d203s> (дата звернення 18.04.2025).
11. Wi-Fi модуль ESP8266MOD версія ESP-12E. URL: <https://arduino.ua/ru/prod1379-wi-fi-modul-esp8266-versiya-esp-12e> (дата звернення 29.04.2025).

12. E. Turban. Information Technology for Management: Advancing Sustainable, Profitable Business Growth Paperback. Realtime Publishers. 2020. 92p.
13. L. Xhafa. Modeling and Processing for Next-Generation Big-Data Technologies. Springer, 2016. P.473–497.
14. Як почати роботу з Raspberry Pi. URL: <http://isearch.kiev.ua/uk/searchpractice/science/1753-how-to-get-started-with-raspberry-pi> (дата звернення 17.05.2025).
15. Steffen Schenkluhn. Device and event management as foundation of IoT applications URL: <https://blog.bosch-si.com/internetofthings/device-and-event-management-as-foundation-of-iot-applications/> (Last accessed 21.05.2025).

## ДОДАТОК А

### ВИХІДНИЙ КОД ПРОГРАМИ

Лістинг А.1 – Файл name.html

```
#імпортувати необхідні пакети
from gpiozero import Button,
MotionSensor from picamera
import PiCamera
from time
import sleep
from signal
import pause

#створити об'єкти, які ссилаються на
кнопки керування #датчик руху та
PiCamera
button =
Button(2)
pir =
MotionSenso
r(4) camera
=
PiCamera()

#запустити камеру
camera.rotation =
180
camera.start_previe
w()

#Для назви зображень
i = 0

#зупинити роботу камери при натиснені кнопки
def stop_camera():
    camera.stop
    _preview()
    #вихід з
    програми
    exit()

#зробити фото при виявленні руху
def take_photo():
    global i
    i = i + 1
    camera.capture('/home/pi/Desktop/i
mage_%s.jpg' % i) print('A photo
has been taken')
```

```
sleep(10)
```

```
#назначить функцію, яка запускається при натисненні кнопки  
button.when_pressed = stop_camera
```

```
#назначити функцію, яка запускається при виявленні руху  
pir.when_motion = take_photo
```

```
pause()
```

Національний університет «Запорізька політехніка»  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

## Дипломний проєкт бакалавра

«Розробка системи виявлення руху на основі мікроконтролера сімейства ESP»

Ст. гр. КНТ – 512сп  
ЗАДОРОЖНИЙ Я.Р.  
Керівник ІЛ'ЯШЕНКО М.Б.

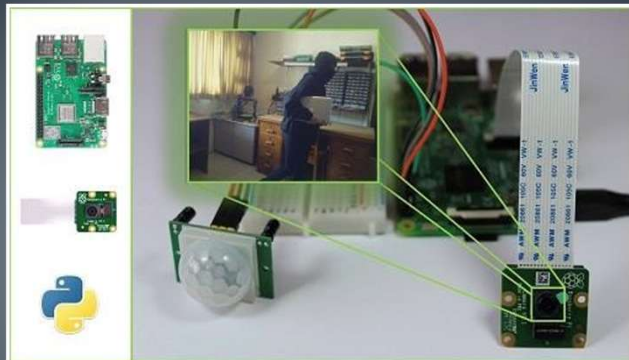
**Мета** - створення системи виявлення руху на основі мікроконтролера ESP

**Актуальність** - використання сучасних інформаційних технологій у повсякденному житті сприяє підвищенню комфорту та економії ресурсів.

**Завдання:**

- проаналізувати можливість придбання необхідного обладнання;
- освоїти роботу з Raspberry Pi, вивчити її бібліотеки, навчитися працювати з ними, а також дослідити літературу щодо створення системи виявлення руху;
- розробити програмне забезпечення для реалізації поставлених завдань;
- створити прототип системи виявлення руху та провести серію початкових випробувань для її налаштування;
- дослідити оптимальні параметри роботи системи в умовах різної інтенсивності руху;
- розробити рекомендації щодо використання системи виявлення у випадках тривалої відсутності руху в приміщенні.

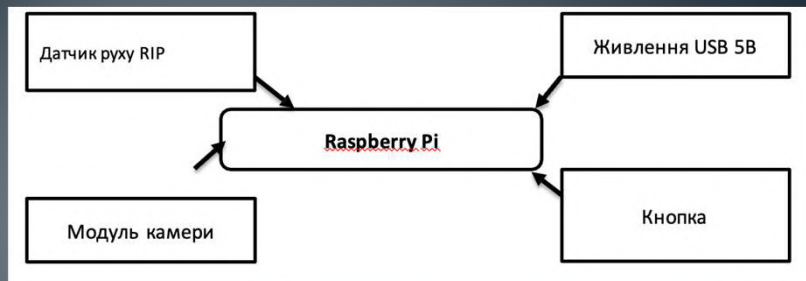
### Конструкції детектору руху



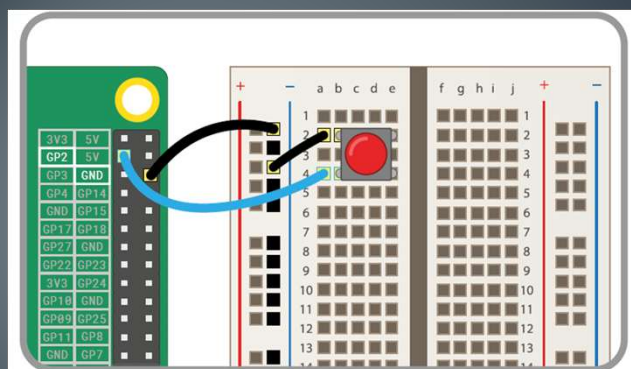
### Raspberry Pi



### Схема системи виявлення руху



### Схема роботи пристрою



```
camera.awb_mode = 'auto'
```

Налаштування автоматичного балансу

```
camera.brightness = 50
```

Налаштування яскравості зображення

```
camera.color_effects = None
```

Налаштування кольору

```
camera.framerate = 30
```

Параметр кількості зображень

```
camera.ISO = 0
```

Параметр чутливості до світла

## ВИСНОВКИ

Завдання були успішно вирішені, а саме:

- було проведено вивчення літератури та автоматичного виявлення руху, що дозволило знайти шляхи вирішення проблеми автоматичного запису;
- створено прототип системи виявлення руху на основі мікроконтролера сімейства ESP;
- досліджено оптимальні параметри функціонування системи в обмеженому просторі;
- вирішено ряд проблем, що виникають при використанні системи виявлення руху в умовах тривалої відсутності людини в приміщенні;
- визначено напрямки апаратного і програмного вдосконалення даної установки;
- заплановано нові напрямки для проектування та створення системи «Розумного будинку» та інших проектів на основі платформи Raspberry Pi;
- система працює від джерела живлення з низькою напругою.

Дякую за увагу !