

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Система відеоспостереження на базі ESP32-CAM

(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,

групи КІУКІ-21-5

Владислав ТОКАРЕНКО

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність

123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Комп'ютерна інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Юрій КОЛТУН

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри ЕОМ

(підпис)

Андрій КОВАЛЕНКО

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Комп'ютерна інженерія _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві _____ Токаренку Владиславу Вікторовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Система відеоспостереження на базі ESP32-CAM _____

затверджена наказом по університету від “ 26 ” травня 2025 р. № 424 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії _____ 17 червня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи _____ 1) фотофіксація та відеофіксація; 2) зберігання даних на microSD
3) віддалений доступ до сторінки з трансляцією; 4) підтримка декількох модулів

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

1) аналіз предметної області;

2) вибір середовища розробки, інструментальних засобів;

3) практична реалізація програмно-апаратного комплексу;

4) збір пристрою з модульних частин;

5) тестування програмно-апаратної частини;

6) висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій _____

Слайд-презентація – 10 слайдів _____

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з літературними джерелами, аналіз та вибір методу вирішення поставленої задачі	26.05.25-28.05.25	
2	Проектування алгоритмів рішення	28.05.25-1.06.25	
3	Розробка програмного забезпечення	1.06.25-7.06.25	
4	Тестування, виправлення програмних помилок	7.06.25-9.06.25	
5	Збір пристрою та тестування функціоналу	9.06.25-10.06.25	
6	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	10.06.25-15.06.25	
7	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та її попередній захист	15.06.25-16.06.25	
8	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	15.06.25-16.06.25	

Дата видачі завдання “ 26 ” травня 2025 р.

Здобувач _____



(підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

доц. Юрій КОЛТУН _____

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 65 с., 24 рис., 1 табл., 1 дод., 16 джерел.

ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, ДАТЧИК РУХУ, ІНТЕРНЕТ, КАРТА ПАМ'ЯТІ, МАРШРУТИЗАТОР, МІКРОКОНТРОЛЕР, СЕРВЕР, ESP32-CAM, WI-FI, WLAN.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та створення прототипу автономної охоронної системи на базі мікроконтролера ESP32-CAM з використанням датчика руху, можливістю збереження фото та відео на карту пам'яті, а також реалізацією архіву для подальшого перегляду матеріалів.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано та реалізовано функціональну модель системи відеоспостереження, яка поєднує в собі модуль камери ESP32-CAM, PIR-датчик руху, а також модулі для збереження даних. Розроблене програмне забезпечення забезпечує автоматичну зйомку фото та відео при виявленні руху, структуроване збереження файлів у каталогах за поточною датою і часом, а також зручний інтерфейс перегляду архіву. У процесі розробки було використано Arduino IDE. Отримані результати демонструють практичну доцільність використання недорогих компонентів для створення ефективної системи спостереження, що може бути застосована як у побуті, так і в малому бізнесі.

ABSTRACT

Bachelor's thesis: 65 pages, 24 figures, 1 tables, 1 appendices, 16 sources.

VIDEO MONITORING, MOTION DETECTOR, INTERNET, MEMORY CARD, ROUTER, MICROCONTROLLER, SERVER, ESP32-CAM, WI-FI, WLAN.

The purpose of the qualification work is to develop and create a prototype of an autonomous security system based on the ESP32-CAM microcontroller using a motion sensor, the ability to save photos and videos to a memory card, and the implementation of an archive for further viewing of materials.

In the course of the qualification work, a functional model of a video surveillance system was designed and implemented, which combines the ESP32-CAM CAMera module, a PIR motion sensor, and data storage modules. The developed software provides automatic photo and video capture when motion is detected, structured storage of files in directories by current date and time, and a user-friendly archive viewing interface. Arduino IDE was used in the development process. The results obtained demonstrate the practical feasibility of using inexpensive components to create an effective surveillance system that can be used both at home and in small businesses.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Актуальність теми	10
1.2 Системи відеоспостереження на основі IP-камер	14
1.3 Класифікація систем охоронного телебачення.....	15
1.4 Технологічні тренди у відеоспостереженні	17
1.5 Режими роботи та типи зон спостереження.....	19
1.7 Основні задачі та етапи проектування систем охоронного телебачення на базі ESP32-CAM.....	21
2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ.....	23
2.1 Основні компоненти системи відеоспостереження.....	23
2.1.1 Модуль ESP32-CAM.....	23
2.1.2 Модуль ESP8266.....	26
2.2 Вибір інфрачервоного датчику руху	28
2.3 Принцип роботи системи відеоспостереження на основі ESP32-CAM.....	32
2.4 Архітектура системи відеоспостереження на основі ESP32-CAM.....	34
2.5 Основні функціональні вимоги до системи	37
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ESP-32 CAM ТА ДАТЧИКУ РУХУ.....	39
3.1 Апаратна підготовка.....	39
3.1.1 Налаштування середовища розробки	39
3.1.2 Встановлення драйверу CN340.....	40
3.1.3 Підготовка до завантаження програми	41
3.2 Опис бібліотек, які було використано.....	45
3.3 Опис структури застосунку	47

4 ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА.....	51
4.1 Підключення та робота пристрою	51
4.2 Технічні неполадки та способи виправлення	56
ВИСНОВКИ	57
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	60

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

AVI – формат відеофайлів (англ., Audio Video Interleave)

ESP32-CAM – модуль мікроконтролера з вбудованою камерою та підтримкою Wi-Fi/Bluetooth

IOT – Інтернет речей (англ., Internet of Things)

SD – карта пам'яті формату (англ., Secure Digital)

GPIO – універсальний вхід/вихід (англ., General Purpose Input/Output)

MCU – мікроконтролерний пристрій (англ., Microcontroller Unit)

PIR – інфрачервоний датчик руху (англ., Passive Infrared Sensor)

RTOS – операційна система реального часу (англ., Real-Time Operating System)

Wi-Fi – технологія бездротового передавання даних (англ., Wireless Fidelity)

ВСТУП

У нинішній час послуга відеоспостереження це вже не розкіш чи примха, а необхідність. В першу чергу, необхідність, щоб убезпечити себе, свій будинок або ж робоче місце. Якщо ж раніше при слові "відеоспостереження" у багатьох були асоціації з якимось закритим об'єктом, то зараз же це явище можливо зустріти майже в кожному будинку. Як показує практика, люди встановлюють такі системи з різними цілями: захист майна від крадіжок та вторгнень, контроль доступу до території та приміщень, спостереження за дітьми, літніми людьми та домашніми тваринами, а також автоматизацію пристроїв на основі подій, зафіксованих камерою.

Онлайн-відеоспостереження вже використовують багато людей собі на благо. Воно дійсно полегшує життя при дуже невеликих вкладаннях. Сучасні технології настільки просунулися вперед, що дозволити собі встановлення відеокамери може не тільки багатій або глава великої корпорації. Тепер це можуть дозволити собі все, хто зацікавлений в власному спокою та бажає все тримати під контролем. Проте не всі користувачі мають змогу або потребу встановлювати комерційні системи відеонагляду, які часто вимагають значних витрат, професійного монтажу та обслуговування. У зв'язку з цим все більшої популярності набирають відкриті, гнучкі та економічні рішення, які можна налаштувати під конкретні потреби.

Серед різноманіття технічних рішень особливої уваги заслуговують компактні та доступні модулі на кшталт ESP32-CAM. Цей мікроконтролер поєднує в собі камеру, модуль Wi-Fi та можливість автономної роботи, що робить його ідеальним вибором для побудови простих та ефективних систем відеоспостереження.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Актуальність теми

Охоронні системи відеоспостереження є ключовим елементом сучасної безпеки, які використовуються для моніторингу, контролю та запобігання небажаним інцидентам. Такі системи знаходять широке застосування як у приватному секторі (будинки, квартири), так і в комерційних та державних об'єктах (офіси, підприємства, торгові центри, аеропорти). Сучасні технології [1] дозволяють створювати інтелектуальні системи, що обробляють відео в реальному часі, виявляють аномалії та передають повідомлення про загрози.

Основними компонентами охоронної системи відеоспостереження є:

- камери відеоспостереження, які служать для запису відео. Існують декілька типів:

1) IP-камери передають відео через інтернет-протокол (IP), що дозволяє переглядати відео в режимі реального часу з будь-якого пристрою, що підключений до мережі;

2) аналогові камери з'єднуються за допомогою кабелів коаксіального типу та передають відеосигнал на пристрій, що записує;

3) безпроводні камери працюють через Wi-Fi, зручні для встановлення в місцях, де неможливо прокласти кабель;

4) PTZ-камери дозволяють змінювати кут нахилу, обертання та масштабування, що дає змогу зосереджуватись на певних об'єктах;

- записуючі пристрої:

1) DVR (Digital Video Recorder) записує відео з аналогових камер на жорсткий диск або інший носій;

2) NVR (Network Video Recorder) записує дані з IP-камер через мережу. Цей варіант є більш популярним для сучасних систем через

гнучкість та якість запису;

- система живлення, яка забезпечується або кабелем, або батареями. Деякі IP-камери підтримують технологію PoE (Power over Ethernet), яка подає живлення через Ethernet-кабель;

- програмне забезпечення та мережа:

- 1) програмне забезпечення дозволяє переглядати відео, керувати камерами, отримувати сповіщення про підозрілі дії. Багато сучасних систем мають підтримку аналітики відеоданих, наприклад, розпізнавання облич або виявлення руху;

- 2) мережа забезпечує передавання відео до пристроїв та серверів для зберігання та обробки даних;

- датчики та додаткові модулі: деякі системи інтегруються з іншими охоронними елементами, такими як датчики руху, розбиття скла, відкривання дверей, які можуть активувати запис або відправити сповіщення.

Сферами застосування систем відеоспостереження є:

- житлові будинки та квартири: мають на меті забезпечення безпеки мешканців та захист майна. Наприклад, дверна IP-камера з детектором руху надсилає сповіщення на смартфон, коли виявляє підозрілу активність біля вхідних дверей;

- торговельні заклади та офіси: системи відеоспостереження дозволяють контролювати персонал, попереджати крадіжки та контролювати дотримання внутрішніх правил. Для таких цілей використовуються камери з високою роздільною здатністю та аналітичним ПЗ, що розпізнає підозрілу поведінку;

- транспортні засоби та паркінги: камери встановлюються для запобігання крадіжкам, вандалізму, контролю за рухом та ідентифікації номерних знаків. Наприклад, камери на парковках можуть автоматично розпізнавати автомобілі за номерними знаками;

- великі підприємства та заводи: відеоспостереження допомагає контролювати великі території та дотримання техніки безпеки. У таких

системах можуть використовуватись PTZ-камери для дистанційного керування та збільшення зображення на певних ділянках;

- громадські місця та інфраструктура: камери використовуються для запобігання злочинам та забезпечення громадської безпеки. У багатьох містах відеоспостереження є важливим елементом моніторингу, наприклад, для попередження небезпечних ситуацій у метро, на вокзалах, у парках.

Прикладами сучасних охоронних систем відеоспостереження є:

- Hikvision [2]: відомий виробник систем відеоспостереження, що пропонує широкий асортимент камер та систем з функціями аналітики, наприклад, розпізнавання облич, зональний контроль руху та інші;

- Dahua [3]: компанія, що надає професійні рішення для охоронного відеоспостереження з інтегрованою аналітикою, розпізнаванням номерних знаків, моніторингом у реальному часі та можливістю інтеграції з іншими охоронними системами;

- Nest CAM (Google) [4]: рішення для домашнього відеоспостереження, що включає розумні камери з можливістю підключення до мобільного додатку. Підтримує функції виявлення руху, аудіосповіщення, а також підключення до Google Home;

- Arlo [5]: безпроводні камери відеоспостереження для дому та офісу, що пропонують хмарне зберігання, високоякісне нічне бачення та інтеграцію з системами розумного дому, такими як Amazon Alexa;

- Ring (Amazon) [6]: система відеоспостереження для дому з камерами та дверними дзвінками, що дозволяють спостерігати за територією в реальному часі та отримувати сповіщення на мобільний телефон. Система може інтегруватися з іншими продуктами Amazon для створення єдиного середовища безпеки.

Охоронні системи відеоспостереження стають все більш інтелектуальними, забезпечуючи не лише запис відео, але й обробку даних у режимі реального часу для підвищення безпеки та оптимізації управління. Такі системи можуть автоматично реагувати на потенційні загрози,

аналізувати поведінкові патерни та адаптуватися до змін у навколишньому середовищі. Вибір конкретної системи залежить від потреб користувача, але ключовими факторами залишаються надійність, функціональність та можливість інтеграції з іншими охоронними рішеннями.

На сьогоднішній день питання безпеки стало надзвичайно важливим як для комерційних, так і для приватних об'єктів. Постійний контроль за територією, приміщеннями чи важливими об'єктами допомагає оперативно реагувати на загрози та попереджати небажані інциденти. Традиційні системи відеоспостереження, що складаються з камер, серверів для збереження даних та програмного забезпечення для моніторингу, зазвичай є дорогими у впровадженні та обслуговуванні, що обмежує можливість їх використання у невеликих компаніях або приватних будинках, де бюджет є суттєвим фактором при виборі обладнання.

У цьому контексті, сучасні технології на основі мікроконтролерів, такі як ESP32-CAM, відкривають нові можливості. ESP32-CAM (рисунок 1.1) – це недорогий, компактний і функціональний модуль, який містить камеру, Wi-Fi та достатні обчислювальні ресурси для виконання базових задач. Завдяки цьому, цей пристрій дозволяє створити систему відеоспостереження за значно нижчою ціною, ніж традиційні системи, без необхідності підключення до потужних серверів чи зовнішніх сховищ.



Рисунок 1.1 – Мікроконтролер ESP32-CAM з підключеним модулем камери

Більше того, ESP32-CAM підтримує передачу даних по мережі Wi-Fi, що дозволяє інтегрувати його в систему «Розумного дому» або в охоронну систему відеоспостереження для віддаленого моніторингу. Це може бути корисним для людей, які хочуть отримувати доступ до зображення зі своєї камери в реальному часі, маючи лише доступ до Інтернету.

Отже, актуальність даної теми полягає у можливості створення недорогих та простих у використанні систем відеоспостереження на основі модуля ESP32-CAM, що забезпечують достатній рівень безпеки для багатьох задач. Впровадження таких рішень може стати вагомим кроком у сфері розвитку подібних охоронних систем спостереження та допомогти реалізувати ефективні засоби для контролю та захисту.

1.2 Системи відеоспостереження на основі IP-камер

Основними перевагами відеоспостереження з цифровими відеокамерами є можливість нагляду за віддаленими об'єктами, ручного або автоматичного виявлення окремих елементів зображення та руху, передбачене реагування на певні типові ситуації. Зокрема, поширеними є IP-камери відеоспостереження або «інтернет протокольні», які використовують глобальну мережу для отримання та зберігання зображень. До переваг IP-камер можна віднести:

- інтеграція з локальними мережами будь-якого рівня складності;
- IP-камера може працювати в автономному режимі при наявності безперервного живлення;
- безпроводні камери не потребують прокладки додаткових дротів;
- можливість шифрування відеопотоку: IP-камера може підключатися безпосередньо до мережі або комп'ютера використовуючи один з методів:
 - 1) WiFi – безпроводне з'єднання;
 - 2) Ethernet – звичайне підключення через кабель витोї пари;
 - 3) PoE – кабельне підключення, де живлення подається за деякими

жилами крученої пари, а не окремо. При використанні даного методу потрібен спеціальний інжектор та дріт з додатковим виходом.

Така система відеоспостереження дозволяє відстежувати зображення приблизно 100 відеоканалів, записувати відео та звичайні зображення з IP-камери на пристрій збереження інформації. Розподілена система дозволяє виконувати:

- централізований моніторинг камер;
- зйомку з камер, які знаходяться далеко одна від одної (або в різних містах).

Загальна схема підключення відеокамер спостереження наведена на рисунку 1.2.

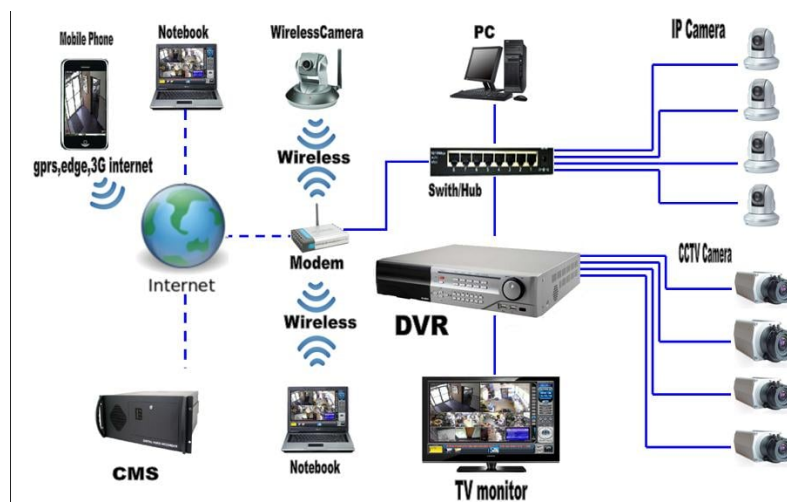


Рисунок 1.2 – Схема підключення системи відеоспостереження

1.3 Класифікація систем охоронного телебачення

Системи охоронного телебачення (відеоспостереження) можна класифікувати за різними критеріями, залежно від їхньої технічної реалізації, функціональності та сфери застосування. Один із основних критеріїв – тип передачі сигналу. У цьому випадку виділяють аналогові, цифрові (IP) та гібридні системи. Аналогові системи є традиційними та використовують коаксіальні кабелі для передачі сигналу, проте їхні можливості обмежені

низькою роздільною здатністю. Цифрові системи, які передають дані через локальні мережі або Інтернет, надають вищу якість зображення, можливість інтеграції з іншими системами та використання аналітичного програмного забезпечення. Гібридні системи поєднують переваги обох підходів, дозволяючи модернізувати існуючі мережі без значних витрат.

Ще одним важливим критерієм є спосіб зберігання даних. Локальні системи зберігають відеозаписи на жорстких дисках відеореєстраторів, тоді як хмарні рішення передбачають збереження даних у віддалених дата-центрах, забезпечуючи доступ із будь-якої точки світу. У змішаних системах застосовуються обидва підходи для підвищення надійності та зручності використання.

Функціональні можливості систем також є основою для класифікації. Прості системи виконують лише базові функції моніторингу, тоді як аналітичні забезпечують інтелектуальний аналіз, зокрема розпізнавання обличчя, об'єктів чи номерних знаків. Автоматизовані системи інтегруються з іншими технологіями для виконання автоматичних дій, таких як активація сигналізації чи управління доступом.

Класифікація за сферою застосування передбачає поділ систем на вуличні, внутрішні, мобільні та спеціалізовані. Вуличні системи оснащені камерами із захистом від погодних умов, що дозволяє використовувати їх на відкритих територіях, тоді як внутрішні призначені для приміщень і забезпечують вищу якість відео. Мобільні системи використовуються на транспортних засобах, а спеціалізовані пристосовані до умов виробничих підприємств або військових об'єктів, часто маючи додаткові функції, такі як тепловізори чи вибухозахищені корпуси.

Також системи відрізняються за способом підключення. Дротові системи використовують фізичні кабелі для передачі даних, забезпечуючи стабільність сигналу, тоді як бездротові покладаються на Wi-Fi або мобільний зв'язок, що спрощує їх встановлення та забезпечує гнучкість у розміщенні камер.

1.4 Технологічні тренди у відеоспостереженні

На сьогоднішній день системи відеоспостереження є невід'ємною частиною безпекових заходів, що активно впроваджуються в різних сферах суспільного життя. Постійний розвиток технологій сприяє появі інновацій в сфері охоронних систем. Впровадження пристроїв нового покоління дозволяє не лише моніторити об'єкти в режимі реального часу, але й аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати потенційні загрози та інтегруватися з іншими системами управління. Найпопулярнішими трендами у сфері відеоспостереження є:

- використання штучного інтелекту (AI), який завдяки алгоритмам машинного навчання системи може автоматично розпізнавати обличчя транспортні засоби та інші об'єкти;
- інтеграція з Інтернетом речей (IoT);
- хмарні технології;
- розвиток алгоритмів розпізнавання обличчя та об'єктів.

Визначення Інтернету речей (IoT) – це об'єднання будь-якого пристрою в мережу, щоб зробити його сьогодні кращим та розширити його охоплення. Найчастіше реалізація ілюструється через «розумний будинок», де ця система може регулювати та підтримувати комфортну температуру, вологість повітря. Це можливо завдяки спеціальним датчикам, які вимірюють поточні метричні показники: після чого система надсилає на зазначені пристрої, такі як кондиціонери, термостати, зволожувачі тощо, спеціальне повідомлення з потрібними налаштуваннями.

Зчитувати показання датчиків і контролювати систему, яка знаходиться за сотні кілометрів від дому, можна за допомогою смартфона та застосунку. Як правило, це обладнання для розумного будинку коштує недешево. Поняття «розумного» будинку можна звести до двох основних понять, які використовуються в повсякденному житті. Перша концепція виконується за допомогою голосового запиту до голосового помічника або за допомогою

спеціально запрограмованого застосунку (рисунок 1.3) для компонентів системи. Застосунок можна встановити на смартфон та отримати доступ до «розумних» пристроїв через логічний інтерфейс користувача. Наприклад, користувач може попросити голосового помічника увімкнути кондиціонер, закрити жалюзі, увімкнути опалення або просто включити улюблений фільм. Також використовуються спеціальні пульти, які за замовчуванням можуть підключатися до «розумних» пристроїв та керувати ними. Після обробки запиту користувача система надсилає сигнал «розумним» пристроям на виконання встановленої команди.



Рисунок 1.3 – Концепція управління розумним будинком

Друга концепція передбачає можливість не перебуваючи в будинку використовувати «розумні» пристрої. Кожен пристрій вже має власне програмування для виконання послідовності дій. Коли користувач встановлює ці «розумні» пристрої, вони вже запрограмовані на виконання своїх задач, які починають працювати в певний час. Це може бути проста система включення чайника в потрібний час вранці або наливання води для тварин. Також закладено логіку самостійного прийняття системою рішень у відповідних ситуаціях, в тому числі за допомогою камери відеоспостереження.

1.5 Режими роботи та типи зон спостереження

Системи відеоспостереження можуть працювати в різних режимах залежно від задач, що стоять перед ними та умов експлуатації. Основними режимами роботи є цілодобовий, подієвий, ручний та комбінований.

У цілодобовому режимі камери працюють безперервно, записуючи відео незалежно від наявності подій. Цей режим застосовується в місцях з високим рівнем ризику, таких як банки, аеропорти чи об'єкти критичної інфраструктури. Подієвий режим активується лише при виникненні певних умов, наприклад, спрацьовуванні датчика руху, відкритті дверей або зміні освітлення. Це дозволяє знизити навантаження на системи зберігання даних та спростити аналіз записів. У ручному режимі операторам надається повний контроль за початком та завершенням запису, що доцільно для невеликих об'єктів або специфічних ситуацій, коли потрібне точне документування подій. Комбінований режим поєднує кілька підходів, наприклад, цілодобовий запис із підвищеною якістю в разі активації подій.

Типи зон спостереження визначаються залежно від цілей системи та особливостей території. Виділяють загальні, контрольовані та критичні зони. Загальні зони охоплюють великі площі, такі як парки, площі чи території виробництва, і забезпечують моніторинг для загального спостереження. Контрольовані зони мають обмежений доступ та вимагають більш детального спостереження, наприклад, офісні приміщення, склади чи навчальні заклади. Критичні зони передбачають особливо високий рівень безпеки, як-от банківські сховища, серверні кімнати чи військові об'єкти.

Правильне налаштування режимів роботи та вибір типів зон спостереження є важливими аспектами побудови ефективної системи відеоспостереження, що дозволяє оптимізувати витрати на зберігання даних, забезпечити необхідний рівень безпеки та зменшити час, необхідний для аналізу відеозаписів.

1.6 Проблеми та виклики у розробці та впровадженні

Системи відеоспостереження стають все більш важливою складовою сучасних технологій безпеки. Проте їх розробка та впровадження супроводжуються низкою проблем та викликів, які потребують ретельного аналізу та вирішення.

Однією з головних проблем є забезпечення конфіденційності та захисту персональних даних. Системи відеоспостереження часто збирають великий обсяг інформації про людей, зокрема зображення обличчя, поведінкові патерни та місця перебування. У випадку витоку цих даних може бути завдано значної шкоди приватності громадян. Це особливо актуально в умовах збільшення кількості кібератак, які спрямовані на злам баз даних або мереж систем спостереження.

Ще одним викликом є законодавче регулювання. У багатьох країнах існують суворі норми щодо використання відеоспостереження, які регламентують порядок збору, обробки та зберігання даних. Проте законодавство часто не встигає за швидким розвитком технологій, що створює правові колізії. Наприклад, алгоритми розпізнавання обличчя можуть суперечити праву на приватність, якщо їх використовують без згоди суб'єктів спостереження.

Технічні обмеження також становлять значну проблему. Висока вартість обладнання, необхідність у великій обчислювальній потужності для обробки відео в реальному часі та вимоги до зберігання великих обсягів даних є серйозними бар'єрами для впровадження сучасних систем. Особливо це стосується регіонів із обмеженим бюджетом або недостатньо розвиненою інфраструктурою.

Крім того, проблема кадрового забезпечення стає дедалі актуальнішою. Для розробки, впровадження та обслуговування систем відеоспостереження потрібні кваліфіковані фахівці, які мають глибокі знання в області програмування, мережних технологій, кібербезпеки та відеоаналітики.

Дефіцит таких спеціалістів може уповільнювати процес реалізації проєктів.

Не можна не згадати і про етичні аспекти. Використання систем відеоспостереження часто викликає обурення громадськості через потенційну загрозу масового стеження, що створює додатковий тиск на компанії-розробників та впроваджувальні організації, змушуючи їх враховувати не лише технічні, але й соціальні наслідки.

1.7 Основні задачі та етапи проєктування систем охоронного телебачення на базі ESP32-CAM

Проєктування систем охоронного телебачення на базі ESP32-CAM включає вирішення низки завдань та проходження кількох ключових етапів [7]. Основними завданнями є забезпечення стабільної роботи системи, оптимізація енергоспоживання, організація зберігання та передавання даних, а також створення зручного інтерфейсу для управління та моніторингу. Оскільки ESP32-CAM є малопотужним та доступним рішенням, важливо враховувати її обчислювальні можливості й обмеження.

Перший етап проєктування полягає в аналізі вимог до системи. Це включає визначення місць встановлення камер, умов освітлення, необхідної якості зображення, способу підключення до мережі (Wi-Fi або автономний режим) та способу зберігання даних (локально на SD-карті чи в хмарі). Важливим аспектом є також оцінка обсягу відеоданих та вибір компресії для мінімізації використання пам'яті та мережних ресурсів.

На наступному етапі відбувається вибір компонентів системи. Крім ESP32-CAM можуть знадобитися додаткові модулі, такі як датчики руху, джерела живлення, роутери або антени для посилення Wi-Fi сигналу. Ретельно підбираються програмні інструменти, зокрема бібліотеки для роботи з камерою, алгоритми обробки зображень та протоколи для передачі даних (наприклад, HTTP або MQTT).

Далі розробляється апаратна частина системи, що включає

встановлення камер, прокладання кабелів за необхідності, організацію живлення та підключення до мережі. На цьому етапі також налаштовуються кути огляду камер та перевіряється їх працездатність у реальних умовах експлуатації.

Після цього виконується програмна розробка, яка включає налаштування мікроконтролера ESP32-CAM, розробку програмного забезпечення для зйомки, обробки та передачі відео. Також створюється інтерфейс користувача, який дозволяє переглядати відео в реальному часі, налаштовувати параметри камер та отримувати сповіщення. Особливу увагу приділяють функціям енергозаощадження, оскільки ESP32-CAM часто працює в умовах обмеженого енергоживлення.

Заключним етапом є тестування системи, де перевіряється стабільність роботи камер у різних умовах, швидкість передачі даних, зручність управління та точність реакції на події, наприклад, виявлення руху. За результатами тестування проводяться доопрацювання, зокрема налаштування параметрів відео, усунення затримок у передачі даних або підвищення захищеності системи.

Таким чином, проектування системи охоронного телебачення на базі ESP32-CAM включає комплексне вирішення технічних та програмних завдань, спрямованих на створення надійного, функціонального та економічно вигідного рішення для впровадження безпеки.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ

2.1 Основні компоненти системи відеоспостереження

Система відеоспостереження складається з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує важливу функцію для забезпечення моніторингу, збору, обробки та зберігання інформації. Ці компоненти можна умовно поділити на апаратні та програмні, залежно від їхньої ролі та технічних характеристик.

2.1.1 Модуль ESP32-CAM

Камера є центральним елементом будь-якої системи відеоспостереження, оскільки саме вона виконує задачі фіксації зображень або відео. У випадку з ESP32-CAM, пристрій вже оснащений вбудованою камерою з роздільною здатністю 2 мегапікселі (модель OV2640), яка підтримує різні режими зображення (наприклад, VGA та SXGA), що дозволяють налаштувати якість та швидкість запису відео залежно від вимог системи. Вбудована камера дає змогу знизити витрати на додаткові компоненти та спрощує конструкцію системи. Крім того, камеру можна налаштувати для отримання статичних зображень або відеопотоку в режимі реального часу, що є необхідним для моніторингу приміщень або територій.

Для передачі зображень або відео на віддалені пристрої система потребує надійного мережного з'єднання. ESP32-CAM має вбудований модуль Wi-Fi, який дозволяє передавати відеопотік по локальній мережі або через інтернет. Завдяки цьому модуль може функціонувати автономно без необхідності у підключенні до зовнішнього мережного обладнання (наприклад, мережних кабелів або комутаторів). Мережний інтерфейс також

дозволяє підключатися до різних хмарних сервісів для зберігання або аналізу даних, що є корисним для віддаленого моніторингу.

ESP32-CAM оснащений процесором з архітектурою Xtensa LX6, який працює на частоті до 240 МГц та має достатній обсяг оперативної пам'яті для обробки зображень. Хоча він поступається за потужністю повноцінним комп'ютерам, його ресурсів достатньо для виконання основних задач, таких як обробка зображень, стискання даних, виявлення руху тощо. Це робить ESP32-CAM привабливим вибором для систем, де важлива економія енергії та низька вартість.

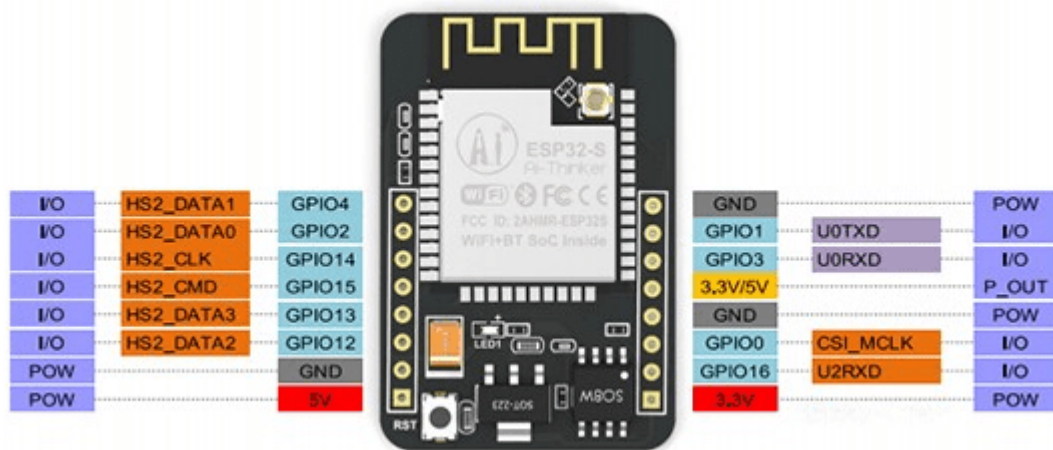


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд модуля ESP32-CAM

У стандартній комплектації ESP32-CAM не має внутрішнього сховища для збереження великих обсягів відео чи зображень. Однак модуль підтримує підключення карт пам'яті MicroSD, що дозволяє зберігати отримані дані локально. Залежно від потреб, зображення можуть зберігатися на MicroSD-карті або передаватися на віддалений сервер чи хмарний сервіс. Локальне зберігання може бути корисним для зберігання інформації в умовах обмеженого доступу до інтернету або записів протягом короткого часу.

Окрім зображень, контролер має достатньо потужності для відеозйомки. Хоч і в стандартному програмному забезпеченні це не реалізовано, проте з відповідними бібліотеками з'являється можливість

зйомки у форматі AVI.

Для роботи системи відеоспостереження необхідне програмне забезпечення, яке дозволяє налаштовувати параметри камери, передавати відеопотік, здійснювати аналіз даних та виявляти події. На ESP32-CAM можна реалізувати базові функції програмної обробки, зокрема:

- налаштування параметрів зйомки (роздільна здатність, яскравість, контраст тощо);
- організація потокової передачі даних по Wi-Fi (за допомогою вебсерверу);
- виявлення руху, що дозволяє оптимізувати використання ресурсу (запис здійснюється лише тоді, коли в кадрі є зміни);
- стиснення відео або зображень для зменшення обсягу даних перед передачею.

Оскільки система відеоспостереження потребує зручного доступу до зображень або відео, важливим компонентом є інтерфейс користувача. На базі ESP32-CAM можна створити простий вебінтерфейс, який дозволяє переглядати відеопотік у реальному часі з будь-якого пристрою.

Основними технічними характеристиками ESP32-CAM є:

- процесор та пам'ять: ESP32-CAM базується на мікроконтролері ESP32 із двома ядрами Tensilica LX6, які працюють на частоті до 240 МГц. Модуль має 520 КБ SRAM та 4 МБ Flash-пам'яті, що дозволяє виконувати складні обчислення і працювати з алгоритмами обробки зображень;
- модулі зв'язку: ESP32 підтримує протоколи Wi-Fi 802.11 b/g/n та Bluetooth 4.2 (BLE), що дає можливість організувати бездротову передачу даних. Це робить ESP32-CAM ідеальним вибором для віддаленого відеоспостереження та управління;
- камера: у комплекті з модулем постачається камера OV2640 із роздільною здатністю до 2 МП (1600x1200 пікселів), яка підтримує різні формати відео (JPEG, BMP, GRAYSCALE) та може працювати з різними розмірами зображень (від 96x96 до UXGA).

2.1.2 Модуль ESP8266

Модуль ESP8266 – це мікроконтролер, розроблений у 2014 році, який випускає компанія Espressif Systems (китайська компанія з Шанхая). Він являє собою мережне рішення з Wi-Fi-трансивером на борту плюс можливість виконання додатків, які записані у його пам'ять.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд модуля ESP8266

Існує безліч модифікацій, іменованих зазвичай від ESP-01 до ESP-12. Зараз уже з'явилися ще інші найменування плат від сторонніх розробників. Відмінності в платах полягають здебільшого в портах введення-виведення, кількості флеш-пам'яті, виду конекторів тощо. Процесор – один і той самий, тож з погляду програмування не має значення, яку плату програмувати.

Специфікація ESP8266:

- напруга живлення: 3,3 В;
- енергоспоживання: 10 мка...170 мА;
- флеш-пам'ять: до 16 мб максимум (зазвичай 512 кБ);
- процесор: Tensilica L106, 32 біта;
- швидкість процесора: 80...160 МГц;
- ОЗП: 32 кБ + 80 кБ;
- порти введення-виведення загального призначення:

17(мультиплексовані з іншими функціями).

ESP8266 є Wi-Fi пристроєм і користувач може підключитися до нього через Wi-Fi, але перед цим його потрібно налаштувати – процесор не знає імені локальної мережі чи пароля для підключення до нього, а також інші можливі налаштування. Звичайно, це вірно, якщо користувач бажає, щоб модуль підключався до його мережі. У разі роботи самого модуля в режимі точки доступу все трохи складніше.

Для спрощення роботи з модулем на етапі програмування та налагодження програми можна використовувати послідовний порт (UART). ESP8266 має спеціальний послідовний порт для цієї мети: два порти з позначками Rx та Tx. Порт Tx використовується для передачі даних, а Rx для отримання. Слід зазначити, що ці порти підключають модуль до відповідних партнерських портів. Підключати цей порт до комп'ютера найзручніше за допомогою конвертера USB-UART. За допомогою цього підключення є можливість надсилати команди модулю з термінальної програми безпосередньо з клавіатури та отримувати відповідь від модуля на термінал або писати програму на модуль.

Під час підключення через UART порти мають бути налаштовані на однакову швидкість. Під час завантаження модуль ESP8266 намагається автоматично визначити швидкість підключення пристрою-партнера та встановити таку ж швидкість.

Модуль ESP8266 також має другий послідовний порт. Його основне призначення – відображення діагностичної та налагоджувальної інформації, що може бути дуже корисним під час тестування програми.

Додатки для модуля ESP8266 пишуться зазвичай мовою C. Перед завантаженням програми в модуль її слід скомпілювати з тексту в машинний код. Редагувати текст програми найзручніше в якомусь редакторі, що має підсвічування синтаксису, вбудовану довідку та інші корисні функції, а ще краще – в інтегрованому середовищі розроблення (Integrated Development Environment). Працюючи в такому середовищі, у користувача є можливість написати текст програми, скомпілювати її та одразу ж завантажити в модуль.

На даний час широко поширені такі середовища розроблення як Eclipse та Arduino IDE. Eclipse – це дуже потужне середовище, розроблене компанією IBM, яке отримало статус відкритого багато років тому, написане на мові Java, що надає можливість працювати в різних ОС. Arduino IDE – набагато простіше середовище розроблення, яке, тим не менш, дає змогу писати та завантажувати в модуль свої додатки.

2.2 Вибір інфрачервоного датчику руху

Інфрачервоний датчик руху – це електрична система, призначена як для систем безпеки, так і для систем домашньої автоматизації. Він відповідає за моніторинг області в ІЧ-діапазоні довжин хвиль. Тому, коли він виявляє зміну інфрачервоного випромінювання, він дасть попередньо запрограмовану відповідь. Коли є рух, пристрій може вмикати світло, подавати сигнал тривоги або навіть сповіщати охоронців.

Наприклад, можемо згадати ситуацію коли ми ходили по магазинах і доводилося чекати, поки двері магазину відкриються, перш ніж ми могли зайти. Завдяки інфрачервоному датчику руху цей механізм спрацьовує. Виявлення руху в радіусі ІЧ-датчика руху встановлює команду, яка дозволяє скляним дверям рухатися, щоб відкрити прохід.

За таким же принципом здійснюється управління світлом. Коли датчик руху виявляє рух інфрачервоного випромінюючого об'єкта в зоні спостереження, надсилається сигнал про ввімкнення ліхтаря або світла (рисунок 2.3).

Датчики бувають пасивні та активні. До приладів першого типу відносяться інфрачервоні детектори, які вловлюють інфрачервоне випромінювання, що випромінюється людиною.

Прилади працюють шляхом аналізу ультразвукових, інфрачервоних або радіохвиль, відбитих від рухомого об'єкта.

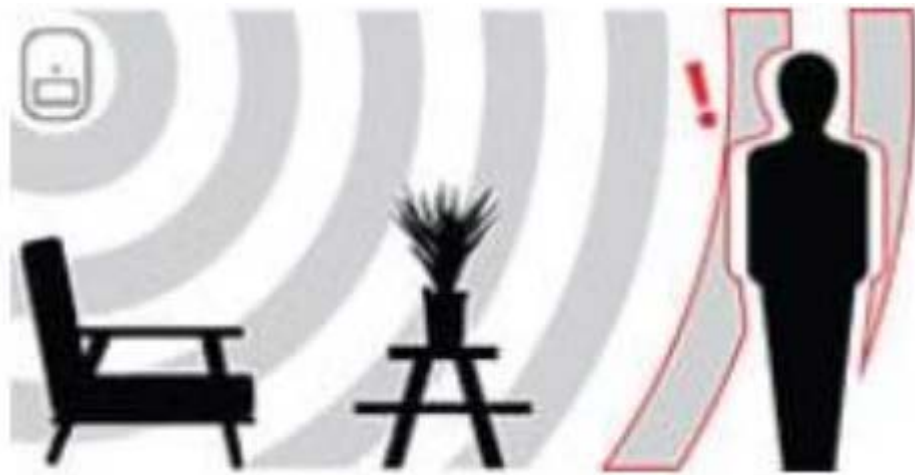


Рисунок 2.3 – Принцип роботи інфрачервоного датчику руху

Розглянемо, як працюють найпопулярніші пасивні інфрачервоні датчики руху. Коли людина рухається, тепло, що випромінюється людиною, фокусується лінзою Френеля (рисунок 2.4) на різні ділянки чутливого напівпровідникового елемента (термоелектричного модуля). Цей прилад відрізняє рухомий гарячий об'єкт від нерухомого джерела інфрачервоного випромінювання, реєструючи послідовні зміни показань в чутливій зоні. При виявленні руху PIR-елемент посилає сигнал на плату управління системою, замикаючи або розмикаючи реле.

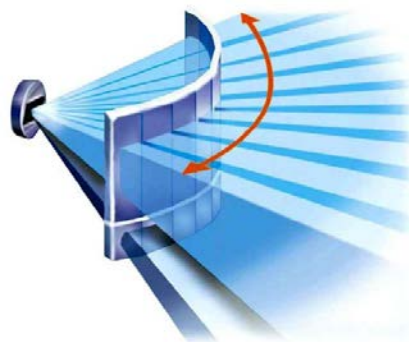


Рисунок 2.4 – Принцип роботи лінзи Френеля у ІЧ-датчику руху

Датчик руху HC-SR501 (рисунок 2.5) – це популярний PIR-сенсор (пасивний інфрачервоний датчик), який використовується для виявлення руху об'єктів на основі змін інфрачервоного випромінювання [8]. Завдяки

своїй доступності, простоті використання та широкому функціоналу, HC-SR501 активно застосовується в системах безпеки, автоматизації освітлення, інтелектуальних будинках та інших проектах, де потрібне виявлення руху.

Принцип роботи HC-SR501 базується на виявленні теплового випромінювання від об'єктів, таких як люди чи тварини, які мають температуру, вищу за навколишнє середовище. Датчик містить піроелектричний елемент, який реагує на зміну інтенсивності інфрачервоного випромінювання в полі зору. Для збільшення чутливості на модулі використовується лінза Френеля, яка допомагає розділити зону спостереження на кілька сегментів та дозволяє сенсору фіксувати навіть невеликі рухи.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд датчику руху HC-SR501

Основні технічні характеристики HC-SR501:

- робоча напруга: 5-20 В;
- споживаний струм: ~50 мА;
- дальність виявлення: до 7 метрів (регульована потенціометром);
- кут огляду: ~120 градусів;
- час затримки сигналу: від 5 секунд до 5 хвилин (регулюється потенціометром);
- цифровий вихід: логічний сигнал (3,3 В у разі виявлення руху, 0 В – якщо руху немає);
- режим роботи: одинарний та повторний.

Датчик HC-SR501 має два основні режими роботи, які визначаються перемикачем на платі. У одинарному режимі (Non-repeatable Trigger Mode) сигнал на виході активується лише один раз під час виявлення руху, і подальший рух не впливає на тривалість сигналу. У повторному режимі (Repeatable Trigger Mode) кожен новий рух оновлює сигнал, підтримуючи його активним, поки в полі зору присутній об'єкт.

Модуль HC-SR501 оснащений двома потенціометрами, які дозволяють налаштувати основні параметри (рисунок 2.6). Перший відповідає за тривалість вихідного сигналу, а другий – за чутливість датчика (тобто відстань виявлення руху). Також передбачена функція автоматичного налаштування, що дозволяє датчику адаптуватися до умов навколишнього середовища після його ввімкнення.

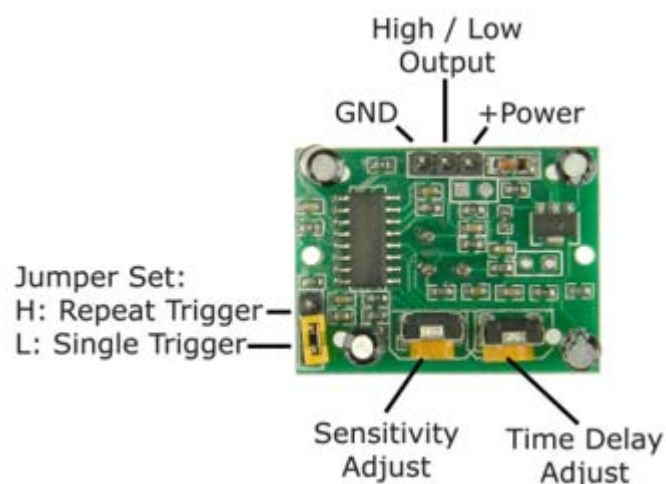


Рисунок 2.6 – Вигляд виходів датчику руху HC-SR501

HC-SR501 відрізняється простотою інтеграції в електронні системи. Він має три контакти: VCC (живлення), OUT (вихід) та GND (заземлення). Для використання датчика з мікроконтролерами (наприклад, Arduino [9], ESP32) достатньо під'єднати його до відповідних пінів та обробляти цифровий вихідний сигнал.

Серед переваг HC-SR501 – низька ціна, компактний розмір та висока чутливість. Він працює стабільно в умовах кімнатної температури та не

потребує значних енергоресурсів, що робить його ідеальним для автономних пристроїв. Водночас існують і певні обмеження. Наприклад, датчик може реагувати на теплові зміни, спричинені не лише рухом об'єктів, але й іншими факторами (наприклад, протягами або сонячним світлом).

HC-SR501 широко використовується в практичних застосунках: для автоматичного ввімкнення світла, виявлення присутності в приміщеннях, активації систем сигналізації, моніторингу в розумних будинках, а також у проектах з робототехніки. Його універсальність робить його одним із найпопулярніших PIR-сенсорів серед розробників та інженерів.

2.3 Принцип роботи системи відеоспостереження на основі ESP32-CAM

Принцип роботи системи відеоспостереження на основі ESP32-CAM [10] можна поділити на кілька основних етапів, кожен із яких має свої особливості.

Перший крок у роботі системи відеоспостереження – це захоплення зображень або відео за допомогою камери, яка вбудована на платі ESP32-CAM. Камера постійно знімає кадри, які потім можуть бути збережені локально на карті пам'яті або відправлені на віддалений сервер чи в хмару.

Важливими аспектами на цьому етапі є налаштування параметрів камери, таких як:

- роздільна здатність: залежно від потреб системи та наявного обсягу пам'яті можна використовувати різні роздільні здатності (наприклад, 640x480 або 1600x1200);

- частота кадрів: для моніторингу в режимі реального часу частота кадрів може бути вищою, тоді як для періодичних записів можна знизити частоту кадрів для збереження енергії;

- налаштування зображення: такі параметри, як яскравість, контрастність та насиченість, також можуть бути налаштовані відповідно до

умов освітлення та інших факторів.

Після захоплення зображень дані можуть бути оброблені безпосередньо на ESP32-CAM. Обробка даних є важливим етапом, який дозволяє оптимізувати обсяг даних, переданих на сервер, або активувати певні дії в системі. Серед базових методів обробки можна виділити:

- стиснення даних: стиснення зображень або відеопотоку знижує обсяг даних для передачі, що особливо важливо для збереження пропускну здатності мережі;

- виявлення руху: ESP32-CAM може бути налаштована так, щоб запис активувався лише при виявленні руху, що знижує обсяг даних для зберігання та підвищує ефективність використання ресурсу;

- попередня обробка зображення: на цьому етапі можливе додаткове налаштування зображення або фільтрація для покращення якості.

Завдяки вбудованому модулю Wi-Fi, ESP32-CAM має можливість передавати зображення та відео по мережі. Передача даних може здійснюватися на сервер, хмарний сервіс або безпосередньо на інші пристрої. Основними варіантами передачі даних є:

- передача у режимі реального часу (стрімінг): зображення або відеопотік передаються на сервер або на пристрій користувача, де їх можна переглядати в режимі реального часу (для цього можна використовувати вбудований вебсервер, що дозволяє доступ через веббраузер);

- запис на локальне сховище: у випадках, коли немає стабільного з'єднання з мережею, ESP32-CAM може зберігати дані на карті пам'яті. Після відновлення з'єднання дані можуть бути передані на сервер або в хмару;

- збереження на хмарні сервіси: за потреби зображення можуть передаватися у хмарні сервіси для подальшого зберігання та аналізу, що дозволяє отримувати доступ до даних із будь-якої точки світу.

Однією з ключових переваг ESP32-CAM є можливість створення інтерфейсу користувача для доступу до відео та зображень. Зазвичай на базі ESP32-CAM реалізується простий вебінтерфейс, який дозволяє переглядати

зображення в реальному часі та змінювати налаштування камери.

Ключовими можливостями ESP32-CAM є:

- перегляд у реальному часі: користувач може підключитися до вебінтерфейсу ESP32-CAM через будь-який пристрій з доступом до інтернету та переглядати поточну відеотрансляцію;
- налаштування параметрів: за допомогою вебінтерфейсу можна змінювати налаштування камери, такі як роздільна здатність, яскравість, контраст та інші параметри;
- доступ до архів, якщо дані зберігаються на локальній карті пам'яті або у хмарі, користувач може переглядати архівні зображення або відео та завантажувати їх за потреби.

Якщо система передбачає зберігання даних на віддаленому сервері, на ньому можна реалізувати додаткові функції, такі як:

- довготривале зберігання: сервер дозволяє зберігати дані протягом тривалого часу, що забезпечує доступ до архіву з будь-якої точки;
- аналіз та інтелектуальна обробка: на сервері можна реалізувати алгоритми для виявлення облич, ідентифікації об'єктів або аналізу поведінки, що підвищує ефективність системи;
- нотифікації та оповіщення: сервер може бути налаштований для надсилання сповіщень користувачам у випадку виявлення руху або інших подій.

2.4 Архітектура системи відеоспостереження на основі ESP32-CAM

Архітектура системи відеоспостереження на основі ESP32-CAM є ключовим елементом, що визначає загальну структуру, зв'язки між компонентами та методи взаємодії. Для ефективного функціонування представлена система відеоспостереження складається з наступних основних модулів та з'єднань, які проілюстровано на рисунку 2.7.

Модуль ESP32-CAM реалізує функцію захоплення зображень та

відеопотоку за допомогою камери, вбудованої в на платі. Він відповідає за:

- конфігурацію параметрів камери (роздільна здатність, яскравість, контраст тощо);
- оптимізацію захоплення зображень відповідно до умов освітлення або вимог до якості зображення;
- форматування даних: перетворення зображень у формат, придатний для подальшої передачі або зберігання, наприклад, JPEG або BMP.



Рисунок 2.7 – Зображення архітектури системи відеоспостереження

ESP32-CAM включає програмну реалізацію для обробки зображення, такі як детекція руху, що дозволяє активувати зйомку лише за необхідності, знижуючи навантаження на мережу та обсяг збережених даних.

Мережний модуль є одним із ключових компонентів, оскільки забезпечує передачу даних між ESP32-CAM та іншими пристроями. Основними його функціями є:

- підключення до Wi-Fi: модуль налаштовує ESP32-CAM на з'єднання з локальною мережею через Wi-Fi, що забезпечує доступ до пристрою з будь-якої точки цієї мережі;
- передача даних: передача зображень або відеопотоку на сервер, у хмару або на пристрій користувача;
- вбудований вебсервер: ESP32-CAM може виступати в якості

вебсервера, що дозволяє користувачу переглядати зображення в реальному часі за допомогою браузера, без необхідності в додатковому програмному забезпеченні.

Мережний модуль також дозволяє налаштувати систему на зберігання даних в автономному режимі на випадок втрати зв'язку, а після відновлення з'єднання автоматично синхронізувати дані з сервером.

Модуль обробки даних займається попередньою обробкою зображень або відео перед їх передачею або зберіганням. Серед основних функцій цього модуля є:

- стиснення даних: стиснення зображень або відео до оптимального розміру для зниження навантаження на мережу;
- аналіз зображень: наприклад, детекція руху для визначення активності у кадрі. За потреби система може реагувати на рух, активуючи запис або надсилаючи сповіщення;
- форматування для зберігання: підготовка даних для зберігання на SD-карті або в пам'яті пристрою, що дозволяє зберігати зображення в локальному архіві для подальшого використання.

ESP32-CAM відповідає за довготривале зберігання зображень та відеопотоку. Залежно від специфіки проекту дані можуть зберігатися локально на SD-карті або ж передаватися для зберігання на сервер чи в хмару. Основними задачами цього модуля є:

- запис на SD-карту: ESP32-CAM підтримує запис даних на SD-карту, що забезпечує автономне зберігання зображень та відео;
- синхронізація з сервером: якщо система налаштована на передачу даних на віддалений сервер або хмару, модуль зберігання забезпечує регулярну синхронізацію даних, що дозволяє користувачу мати доступ до архіву незалежно від місцезнаходження;
- управління простором: очищення старих даних для оптимізації використання пам'яті та запобігання переповненню, особливо у випадку тривалого зберігання записів.

Інтерфейс користувача дозволяє керувати системою відеоспостереження, переглядати зображення та відео в реальному часі, а також змінювати налаштування системи. Основні функції інтерфейсу:

- перегляд зображень та відео: користувач може переглядати живий потік з камери через вебінтерфейс;
- налаштування системи: є можливість налаштовувати параметри зйомки, такі як роздільна здатність, яскравість, частота кадрів, а також параметри збереження та передачі даних;
- контроль доступу: при необхідності інтерфейс може бути захищений паролем, щоб обмежити доступ до відеоспостереження.

2.5 Основні функціональні вимоги до системи

Система відеоспостереження на базі ESP32-CAM повинна виконувати низку основних функцій, щоб забезпечити надійний моніторинг та можливість швидкого реагування на події в зоні спостереження. До основних функціональних вимог належать:

- зйомка відеопотоку: система повинна забезпечувати можливість постійного запису відео з певною частотою кадрів та заданою якістю зображення;
- захоплення зображень: має бути можливість робити окремі фотографії в ручному або автоматичному режимі, зокрема за сигналом від датчиків руху;
- автоматичне виявлення руху: система повинна мати функцію виявлення руху, що дозволяє активувати зйомку відео або надсилати сповіщення користувачу у разі руху в кадрі;
- налаштування чутливості детекції руху: для забезпечення надійного функціонування необхідно надати користувачу можливість регулювати чутливість системи до руху, щоб уникати помилкових спрацьовувань;
- можливість одночасної роботи декількох пристроїв, утворюючи

єдину систему моніторингу, без критичних збоїв програмного забезпечення;

- виведення відеопотоку на вебінтерфейс: система повинна підтримувати функцію трансляції відеопотоку через вебінтерфейс, до якого користувач може отримати доступ з будь-якого пристрою, підключеного до локальної мережі;

- надсилання зображень або відеофрагментів на сервер: у разі виявлення руху або за запитом користувача система повинна мати можливість передавати дані на віддалений сервер, внутрішнє сховище на комп'ютері або до MicroSD карти;

- запис на SD-карту: у системі має бути можливість локально зберігати записані зображення та відео на SD-карті, що забезпечує безперервний архів подій;

- автоматичне очищення архіву: для оптимізації використання пам'яті система повинна мати функцію автоматичного видалення старих даних у разі заповнення пам'яті, що забезпечує ефективне використання місця на SD-карті;

- управління системою та режимами запису: повинна бути можливість дистанційно включати або вимикати камеру, обирати між режимами постійного запису, зйомки за розкладом або за сигналом від датчиків руху;

- доступ до архіву записів: користувач повинен мати можливість переглядати збережені відео та фото через інтерфейс та завантажувати необхідні дані на свій пристрій;

- надсилання сповіщень при виявленні руху: система повинна мати можливість надсилати користувачу сповіщення у вигляді повідомлень або електронних листів;

- налаштування умов сповіщення: повинна бути присутня можливість налаштування умови та частоти сповіщень, щоб отримувати інформацію про події у найбільш зручному форматі;

- синхронізація з NTP-сервером: система повинна автоматично синхронізувати час із сервером, щоб забезпечити хронологію подій.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ ESP-32 САМ ТА ДАТЧИКУ РУХУ

3.1 Апаратна підготовка

Для написання програмної реалізації використовувалось середовище розробки Arduino IDE [11], яке є безкоштовним середовищем розробки для плат Arduino, що включає редактор коду, компілятор, програматор та відлагоджувач. Середовище має весь необхідний мінімум для розробки програм: написання коду, перевірка коду, компіляція, завантаження скетчу, монітор послідовного порту. Це ПЗ стало популярним як серед аматорів, так і професіоналів завдяки популярності цих плат розробки. Спочатку плати Arduino використовували мікроконтролер AVR, проте з часом в середовищі розробки була додана підтримка контролерів інших виробників. Після встановлення низки необхідних бібліотек та плагінів, середовище починає підтримувати також і контролери сімейства ESP32 [12], що розширило коло можливостей для реалізації нових задач, адже на борту цих плат вже встановлена технологія Bluetooth та WiFi.

3.1.1 Налаштування середовища розробки

Для правильного налаштування підтримки контролерів ESP32 необхідно дотримуватись правильної послідовності дій (рисунок 3.1):

- після запуску Arduino IDE перейти до «Файл» → «Налаштування»;
- у полі «URL Менеджерів додаткових плат» додати наступну URL-адресу для ESP32: https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json;
- перейдіть до «Інструменти» → «Плата» → «Менеджер плат» і в полі пошуку ввести esp32;
- обрати esp32 by Espressif Systems, натиснути кнопку «Інстальювати».

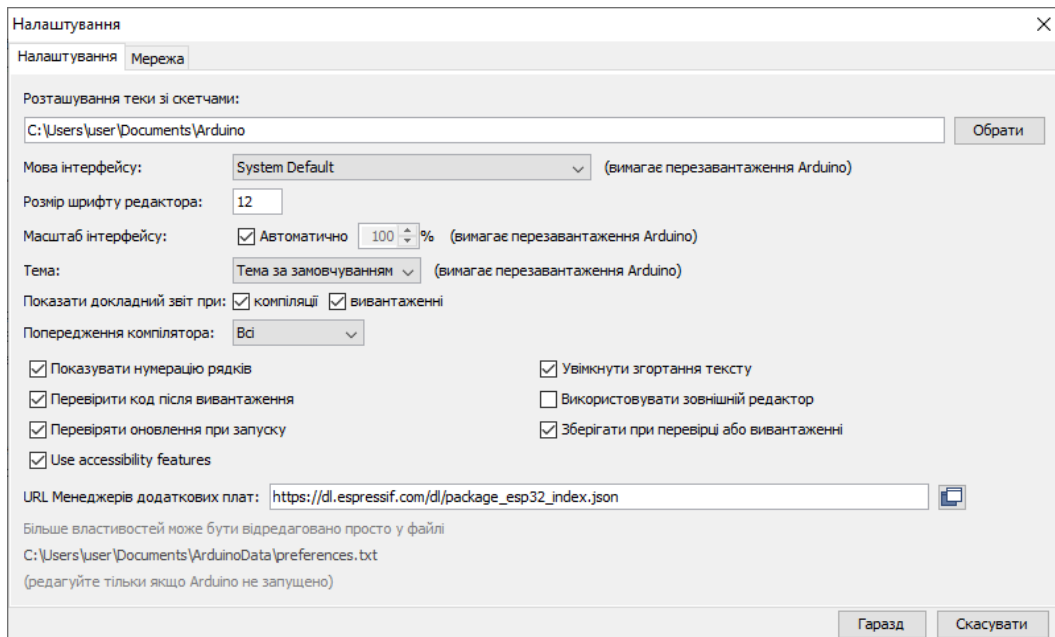


Рисунок 3.1 – Зображення налаштувань з правильною конфігурацією

Після правильного налаштування конфігурації середовища розробки та завантаження додаткових плат розробнику буде доступний широкий асортимент плат цього сімейства ESP32, що дозволить обрати відповідну модель залежно від технічних вимог проекту, таких як кількість вільних GPIO, підтримка камер або додаткових інтерфейсів.

В цій роботі використовується плата ESP8266 та ESP32-CAM, проте існують й інші варіації, такі як ESP32-WROOM, ESP32-WROVER, ESP32-S3, які мають розширені можливості, включаючи підтримку додаткової пам'яті, Bluetooth та інші функції.

3.1.2 Встановлення драйверу CH340

CH340 – це конвертер TTL інтерфейсу в USB, який використовувався в деяких неоригінальних платах Arduino та платах з ESP8266 [13]. Ці плати, зазвичай, дешевші за оригінальні, тому вони широко використовуються. Проте перед початком роботи з платами з цією мікросхемою необхідно встановити додатковий драйвер для ОС Windows. Останню версію цього драйвера необхідно скачати з офіційного сайту WCH: https://www.wch-ic.com/downloads/CH341SER_ZIP.html.

Слід зазначити, що не слід завантажувати драйвери та інше ПЗ з російськомовних сайтів, оскільки вони можуть мати вбудований вірус. Після завантаження слід розпакувати архів CH341SER.ZIP та запустити файл SETUP.EXE для встановлення драйвера CH340 (рисунок 3.2).

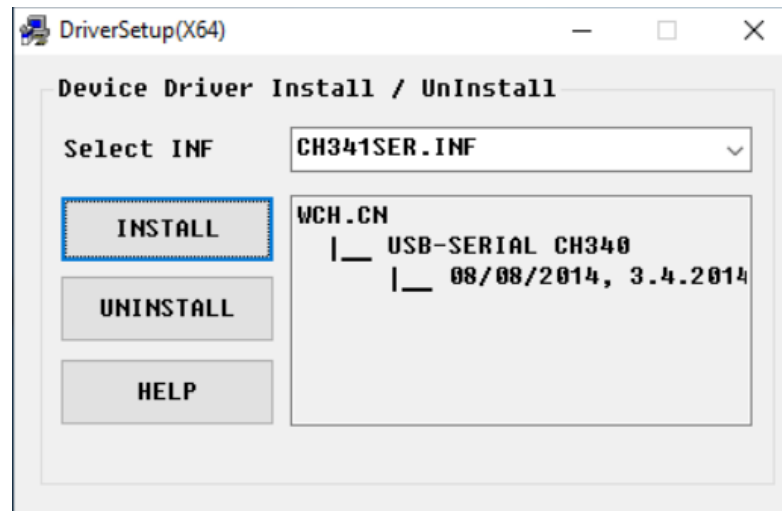


Рисунок 3.2 – Зображення меню інсталятора драйверу

Потім розробник має можливість підключити свою плату до USB порту ПК та перевірити наявність драйвера CH340 у «Диспетчері пристроїв». Також відповідний порт повинен з'явитись в Arduino IDE: меню «Інструменти» → «Порт».

3.1.3 Підготовка до завантаження програми

Писати скетчі під мікроконтролер ESP32 [14] можна в середовищі розробки, але там за замовчуванням немає підтримки необхідних плат. Тому перед завантаженням скетчу потрібно обрати тип плати, що використовується, зі списку меню «Інструменти» → «Плата», а там за замовчуванням немає плат ESP32. Усе налаштування зводиться до того, щоб у цьому списку меню з'явилися ці плати. У середовищі «Arduino IDE» є «Менеджер плат», який допоможе швидко додати потрібні плати до списку. Для цього потрібно виконати наступні дії.

Крок 1: відкрити Arduino IDE та обрати пункт меню «Файл» → «Налаштування» (рисунок 3.3).

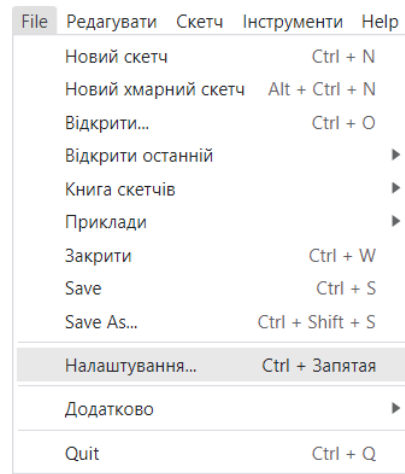


Рисунок 3.3 – Випадаюче вікно «Файл» з меню налаштувань

Крок 2: у вікні, що відкрилося, заповнити поле «Додаткові посилання для менеджера плат», ввівши в нього рядок: https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json та натиснути на кнопку «ОК» (рисунок 3.4).

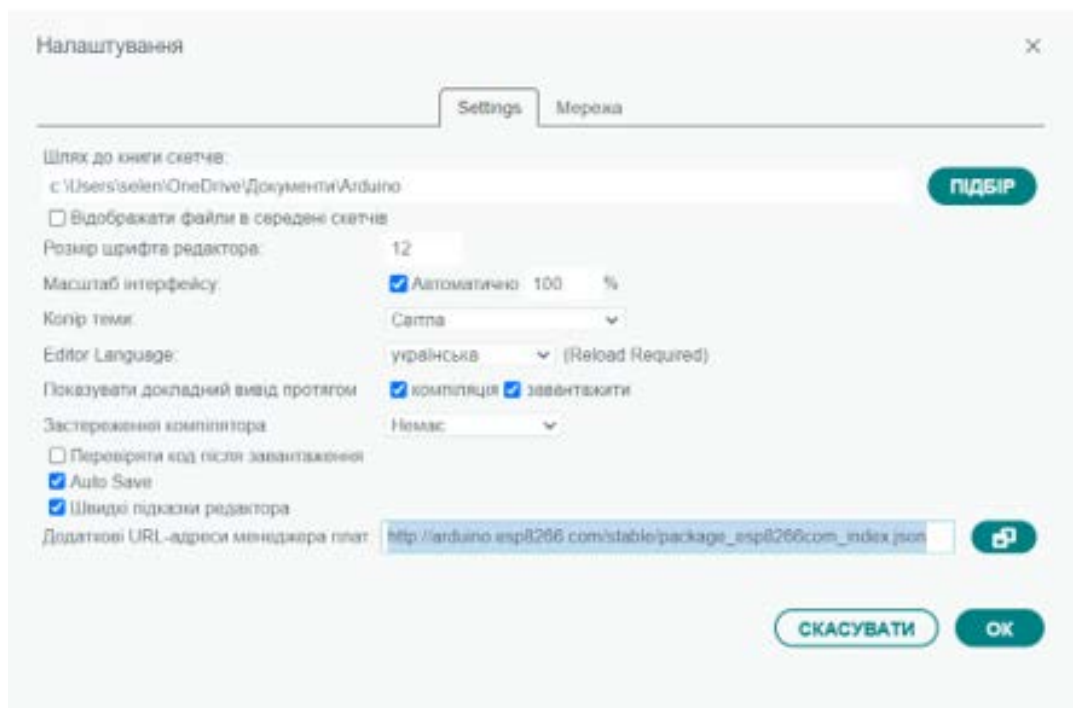


Рисунок 3.4 – Меню налаштувань

Крок 3: запусити «Менеджер плат» та завантажити необхідний пакет додаткових мікроконтролерів, написавши у рядок пошуку esp32 (рисунок 3.5). Тепер є можливість обирати необхідну плату а саме AI Thinker ESP32-CAM (рисунок 3.6).

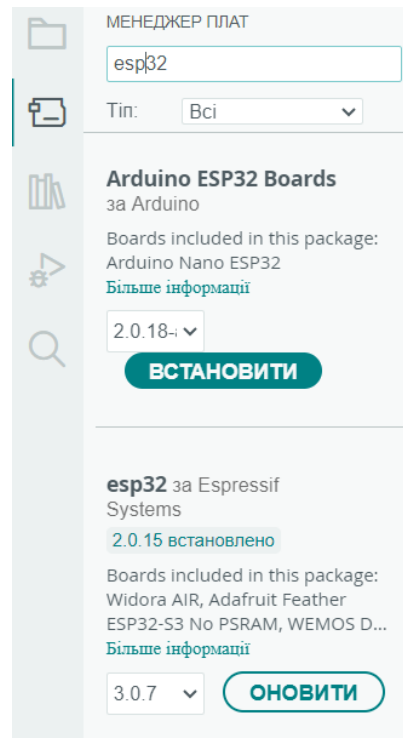


Рисунок 3.5 – Меню «Менеджер плат»

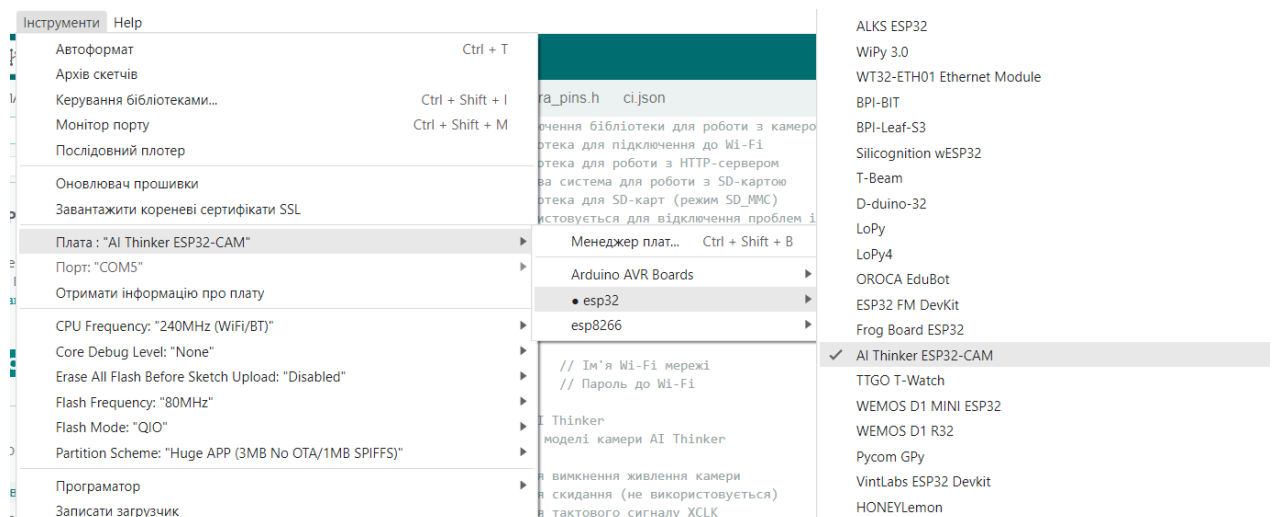


Рисунок 3.6 – Вибір плати AI Thinker ESP32-CAM

Так як ESP32-CAM не має вбудованого USB порту, то завантаження програми, а також живлення повинно відбуватися за допомогою

програмактора (рисунок 3.7). Проте, в подальшому живлення пристрою може відбуватися за допомогою зовнішніх джерел, але головне щоб напруга була стабільною та дорівнювала 5 вольт.

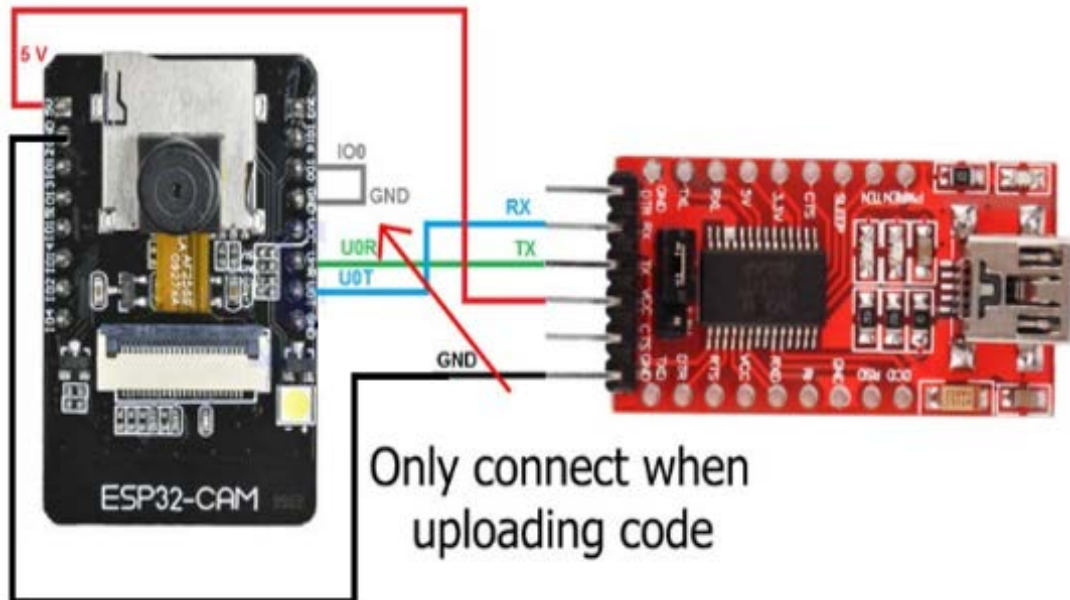


Рисунок 3.7 – Схема підключення ESP32-CAM та програмактора

Підключення ESP32-CAM відбувається через перетворювач USB-UART, що дозволяє налаштувати та програмувати модуль, навіть якщо він немає USB-входу для прямого під'єднання до комп'ютера. Підключення відбувається шляхом з'єднання виходів перетворювача та виходів ESP32-CAM. У таблиці 3.1 наведено необхідні з'єднання.

Таблиця 3.1 – З'єднання виходів ESP32-CAM та USB перетворювача

ESP32-CAM	FTDI Programmer
GND	GND
5V	VCC (5V)
U0R	TX
U0T	RX
GPIO 0	GND

Після правильного підключення середовище розробки почне бачити у COM-порту те, що пристрій приєднано. Після цього розробнику надається можливість завантаження програмного забезпечення на плату ESP32-CAM. Але перед цим необхідно приєднати GPIO 0 до GND та натиснути кнопку RST, що знаходиться на корпусі модуля ESP32-CAM. Ці дії переведуть модуль в режим завантаження.

Натискаючи кнопку «Upload» (завантажити), Arduino IDE передає програму через USB-UART перетворювач до ESP32-CAM. Після завантаження необхідно від'єднати GPIO 0 від GND та знову натиснути на кнопку RST, аби перевести модуль у звичний режим роботи. Далі камера автоматично почне виконувати завантажений код.

3.2 Опис бібліотек, які було використано

На першому етапі потрібно налаштувати плату ESP32-CAM для роботи з камерою та мережею. Для цього в Arduino IDE використовується бібліотека `esp_CAMera.h`, яка дозволяє отримувати зображення з модуля OV2640. Також необхідно налаштувати функціонал бібліотеки `esp_CAMera.h`:

- ініціалізація камери: бібліотека дозволяє налаштувати параметри камери через структуру `CAMera_config_t`. Вона містить параметри, такі як роздільна здатність, частоту передачі даних (XCLK), налаштування буфера та підключення до GPIO;

- захоплення зображення `esp_CAMera.h` дозволяє отримувати кадри у форматах JPEG, RGB565 або JPEG, що дає можливість використовувати камеру для фотофіксації або відеопотоку;

- робота з роздільною здатністю: бібліотека підтримує різні роздільні здатності – від низької (QQVGA) до високої (UXGA, SXGA), що дозволяє адаптувати якість зображення під вимоги проекту;

- налаштування параметрів зображення: бібліотека `esp_CAMera.h` дозволяє змінювати яскравість, контраст, насиченість, баланс білого,

експозицію та інші параметри для покращення якості зображення;

- робота з інтерфейсом SCCB (Serial CAMera Control Bus): дозволяє керувати налаштуваннями сенсора OV2640 або іншої сумісної камери;
- підтримка потокового передавання (MJPEG): хоча бібліотека сама по собі не реалізує потокове передавання, вона дозволяє отримувати послідовність кадрів, які можна використовувати для реалізації потокового відео через HTTP.

Бібліотека `esp_http_server.h` використовується для створення та налаштування вебсерверу на базі мікроконтролера ESP32. Вона є невід'ємною частиною бібліотеки Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF) та дозволяє створювати прості або складні вебсервери для управління або моніторингу пристрою через HTTP.

Функціонал бібліотеки `esp_http_server.h`:

- ініціалізація вебсерверу: дозволяє створити інстанс вебсерверу на ESP32 [15], який може слухати запити на вказаному порту;
- обробка HTTP-запитів: надає функції для обробки різних типів HTTP-запитів (GET, POST, PUT, DELETE), які можуть надходити до мікроконтролера. Наприклад, це може бути запит на читання параметрів або зміну конфігурацій пристрою;
- динамічне керування ресурсами: дозволяє визначати обробники для специфічних URL-адрес, що надають динамічний контент (наприклад, оновлення показів датчиків або зміну налаштувань);
- підтримка WebSockets: надає можливості для реалізації WebSocket-з'єднання, що дозволяє двосторонній обмін даними між пристроєм та клієнтом в реальному часі;
- реалізація HTML-інтерфейсів: можливість створювати вебсторінки безпосередньо з коду, використовуючи API бібліотеки для формування HTML-документів на льоту;
- налаштування відповіді сервера: дозволяє контролювати заголовки HTTP, тип контенту та коди стану HTTP (наприклад, 200 OK, 404 Not Found).

Завдяки бібліотеці `esp_http_server.h` мікроконтролер ESP32 може бути не лише автономним пристроєм, але й інтерфейсом для користувача через веббраузер, що дозволяє дистанційне управління та моніторинг роботи пристрою.

Бібліотека `SD_MMC.h` використовується для роботи з SD-картами в режимі `SD_MMC` на мікроконтролерах ESP32. Вона забезпечує інтерфейс для доступу до даних на карті пам'яті, що підключена до ESP32. Режим `SD_MMC` використовує контролер SD/MMC, який вбудовано в мікроконтролер для роботи з картами SD та SDHC.

Функціональні можливості бібліотеки:

- ініціалізація SD-карти: бібліотека надає функції для ініціалізації картки SD, що включає налаштування SPI-каналу та визначення карти як периферійного пристрою;
- підключення до картки: дозволяє встановити зв'язок з картою пам'яті, перевірити її наявність та вірність підключення;
- читання та запис: надає функції для читання байтів або блоків даних з карти, що дозволяє зчитувати зображення, текстові файли чи інші типи даних;
- інтерфейс для файлової системи: забезпечує функції для роботи з файловою системою, такі як створення, видалення, відкриття файлів.

3.3 Опис структури застосунку

Вебзастосунок, що розробляється в межах кваліфікаційної роботи, реалізує прототип охоронної системи на основі ESP32-CAM, який оснащено інфрачервоним датчиком руху. У цій програмі мікроконтролер ESP32-CAM обробляє та зберігає зображення з камери.

Коли датчик руху виявляє об'єкт, мікроконтролер активує камеру для захоплення зображення та подальшого накладення часового штампу поверх фото. Після цього відбувається конвертація зображення у формат JPEG разом

з усіма змінами. Також після обробки графічного зображення мікроконтролер надсилає весь масив даних зображення на SD-карту у відповідному форматі для подальшого збереження (лістингу 3.1).

Лістинг 3.1 – Приклад синхронізації часу

```
uint8_t *jpegBuffer = nullptr; // Буфер для збереження JPEG-
зображення.
    size_t jpegLen = 0;          // Розмір JPEG-буфера.
    if (!frame2jpg(fb, 80, &jpegBuffer, &jpegLen)) { //
Конвертуємо буфер у JPEG з якістю 80.
        Serial.println("Failed to encode JPEG"); // Повідомлення про
помилку конвертації.
        esp_CAMERA_fb_return(fb); // Повернення кадру для звільнення
пам'яті.
        return; // Завершення роботи функції.
    }
    // Відкриття файлу на SD-карті для запису.
    File file = SD_MMC.open(path, FILE_WRITE);
    if (file) {
        file.write(jpegBuffer, jpegLen); // Запис JPEG-
зображення у файл
        file.close(); // Закриття файлу
після запису.
        Serial.printf("Photo saved to SD card at: %s\n",
path.c_str()); // Повідомлення про успішне збереження.
    } else {
        Serial.println("Failed to save photo to SD card."); //
Повідомлення про помилку запису на SD-карту.
    }
}
```

Користувач також має можливість перейти на вебсторінку, що знаходиться на сервері, який тримає на собі контролер ESP8266. На рисунку 3.8 зображено зовнішній вигляд меню головної сторінки, де відображаються прямі трансляції з усіх камер у спільній мережі. Також користувач має можливість перейти до архіву камери для перегляду фотографій, а також перейти в меню управління камерою.

Однією з ключових особливостей програми є те, що камера синхронізується з реальним часом за допомогою Wi-Fi, що показано в лістингу 3.2.



Рисунок 3.8 – Зображення меню онлайн перегляду камер

Лістинг 3.2 – Приклад синхронізації часу

```
// Налаштування часу через NTP сервер
configTime(7200, 0, "pool.ntp.org", "time.nist.gov"); //
Установка NTP серверів (час у Києві)
Serial.println("Waiting for time...");
// Очікування на отримання часу з NTP серверів
while (time(nullptr) < 100000) {
    delay(100); // Якщо час ще не отримано, чекаємо
}
```

Описаний підхід до організації зберігання фотографій та відеозаписів є логічним та зручним для подальшого доступу до інформації. Зокрема, фотографії автоматично зберігаються у відповідних директоріях файлової системи, що відповідають поточному календарному дню та часу зйомки. Така структура каталогів значно спрощує навігацію по збережених матеріалах, дозволяючи швидко знаходити потрібні зображення, базуючись на даті та часу події.

У процесі розробки програмного забезпечення для системи відеоспостереження з використанням ESP32-CAM була реалізована важлива функціональність – можливість відеозапису в популярному форматі .avi, що

дозволяє не лише зберігати знімки, а й фіксувати повноцінні відеофрагменти, яке особливо корисно у випадках виявлення руху або інших потенційно небезпечних ситуацій. Відеофайли записуються безпосередньо на карту пам'яті, що забезпечує автономність роботи пристрою навіть без постійного з'єднання з мережею.

Крім того, для зручності користувача була реалізована можливість перегляду архівних відео безпосередньо на пристрої. Спеціально для цього у графічному інтерфейсі додано меню архіву (рисунок 3.9), яке дозволяє обрати та завантажити необхідний відеозапис для перегляду. Це підвищує зручність експлуатації системи, оскільки користувач може швидко переглянути зафіксовану подію без потреби в додаткових інструментах чи копіюванні даних на інший пристрій.

Таким чином, інтеграція камери ESP32-CAM із датчиком руху утворює ефективний прототип охоронної системи. Вона не лише фіксує зображення та відео у відповідь на рух, а й дозволяє зручно зберігати, переглядати та керувати архівом мультимедійних даних.

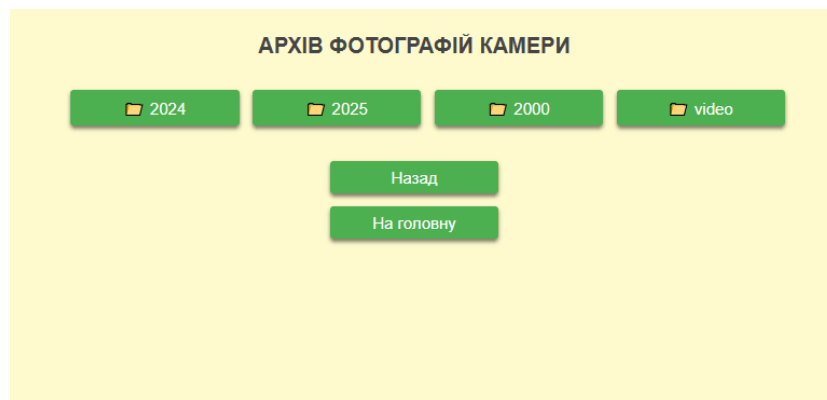


Рисунок 3.9 – Зображення меню архіву з фотографіями

4 ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

4.1 Підключення та робота пристрою

Для використання системи на основі ESP32-CAM з підключеним датчиком руху необхідно виконати кілька простих кроків [16]. Спершу забезпечити пристрій стабільним джерелом живлення (рекомендується використовувати блок живлення з вихідною напругою 5 В та силою струму не менше 1 А для уникнення нестабільної роботи камери та датчика). Після підключення живлення пристрій автоматично увімкне програму, і камера почне працювати у режимі очікування.

Підключення до мережі Wi-Fi відбувається автоматично відповідно до налаштувань, заданих у програмному забезпеченні. Для коректної роботи слід переконатися, що заданий SSID та пароль відповідають доступній мережі. Після успішного підключення до Wi-Fi, мікроконтролер виведе IP-адресу на серійний порт. Цю адресу необхідно ввести в адресний рядок браузера на комп'ютері чи смартфоні користувача для доступу до вебінтерфейсу пристрою. Результат виводу необхідної для підключення до серверу інформації в порт наведено на рисунку 4.1


```
15:13:01.087 -> Wi-Fi підключено!  
15:13:01.087 -> IP адреса: 192.168.0.206  
15:13:01.087 -> SPI-конфігурація:  
15:13:01.087 -> MISO: 12  
15:13:01.087 -> MOSI: 13  
15:13:01.087 -> SCK: 14  
15:13:01.087 -> CS: 15  
15:13:01.087 -> SD-карта готова.  
15:13:01.119 ->  Час синхронізовано: Sat Apr 19 14:13:02 2025  
15:13:01.119 -> HTTP сервер запущено.  
15:13:01.151 -> Сканування локальної мережі...  
15:13:01.151 -> Перевірка IP: 192.168.0.100  
15:13:06.120 -> Перевірка IP: 192.168.0.101  
15:13:11.145 -> Перевірка IP: 192.168.0.102  
15:13:11.181 -> Камера знайдена: 192.168.0.102  
15:13:11.181 -> Знайдено камер: 1
```

Рисунок 4.1 – Вивід необхідної інформації в порт

Вебінтерфейс дозволяє переглядати зображення в реальному часі, робити знімки вручну, а також переглядати фотографії, збережені на SD-карті. Датчик руху працює автоматично: коли він виявляє рух, камера робить знімок та зберігає його на SD-карті. У разі необхідності користувач може завантажити фотографії через вебінтерфейс та переглядати їх безпосередньо. Робота з панеллю керування наглядно представлена на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Вигляд сторінки керування камерою

Для використання SD-карти та архіву, де зберігаються фото та відео з камери, слід переконатися, що вона вставлена до початку роботи пристрою та правильно відформатована у файловій системі FAT32. У разі виникнення помилок при збереженні фотографій або якщо SD-карта не визначається, необхідно перевірити її працездатність у комп'ютері та перезавантажити ESP32-CAM. Система синхронізує час через NTP сервер, тому назви збережених файлів міститимуть поточну дату та час, що спрощує організацію.

Після натискання на номер файлу з датою в окремому вікні відкриється зображення для перегляду, яке показано на рисунку 4.3. Якщо користувач хоче змінити мережу Wi-Fi або інші параметри, перепрошивка пристрою здійснюється через програму Arduino IDE з підключенням мікроконтролера через перехідник USB-UART.



Рисунок 4.3 – Перегляд фотографії з архіву

Натиснувши в панелі керування кнопку «Почати запис відео», користувач ініціює процес відеофіксації. Після активації цієї команди пристрій автоматично розпочинає запис відео з камери у реальному часі. Весь запис зберігається на карті пам'яті, яка встановлена в модулі ESP32-CAM. Файли відео записуються у форматі AVI, що дозволяє легко переглядати їх на більшості сучасних пристроїв, таких як комп'ютери, ноутбуки, смартфони чи планшети.

Записані відеофайли зберігаються в спеціальній директорії під назвою «videos». Система автоматично надає кожному файлу назву відповідно до дати й часу створення, що значно полегшує пошук потрібного фрагмента відеозапису. Такий підхід дозволяє користувачу швидко орієнтуватися в архіві та знаходити необхідний матеріал за конкретний день або час.

Для завершення запису відео необхідно натиснути кнопку «Зупинити

запис відео». Після цього відеофіксація припиняється, і сформований відеофайл зберігається на карті пам'яті.

При натисканні кнопок «Почати запис відео» та «Зупинити запис відео», система виводить користувачу відповідні повідомлення у вигляді спливаючих вікон у браузері. Ці повідомлення повідомляють про початок чи завершення запису й підтверджують, що команда була прийнята та виконана пристроєм. Приклад таких повідомлень зображено на рисунку 4.4.

Якщо користувач бажає переглянути або зберегти відеофайл на свій пристрій, він може відкрити розділ «Архів», де відображається список усіх збережених записів. Натиснувши на потрібний файл, система автоматично ініціює процес завантаження відео на пристрій користувача – це може бути комп'ютер, ноутбук або мобільний телефон. Таким чином, користувач отримує зручний доступ до збережених записів та може переглядати їх у будь-який зручний час.

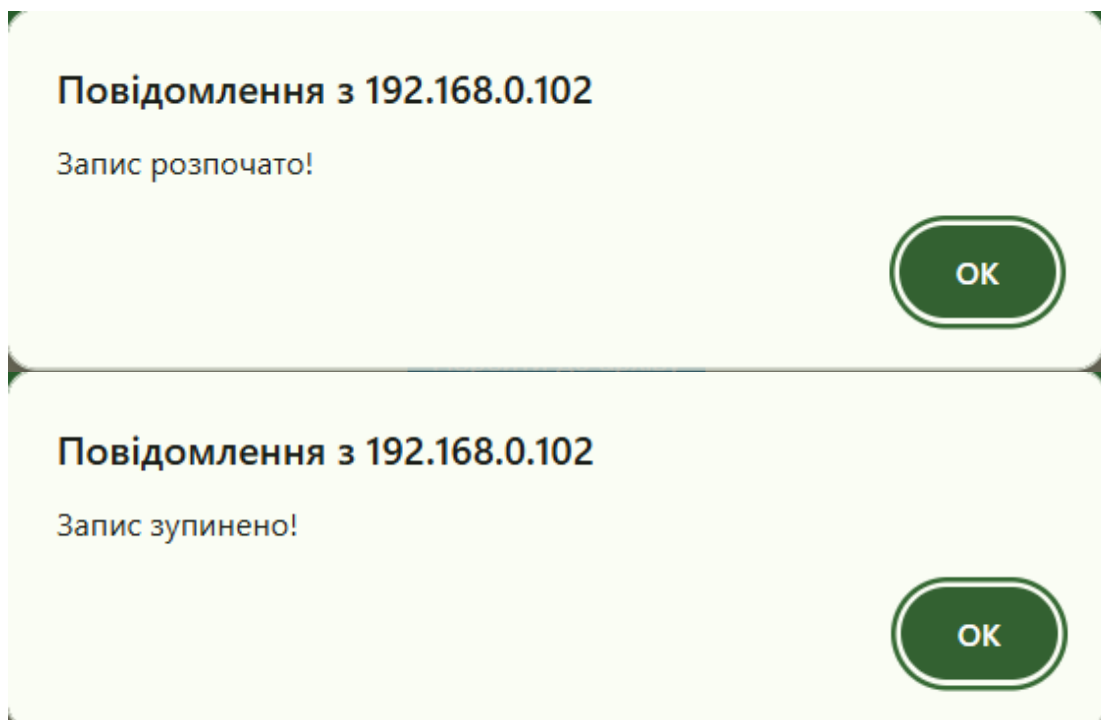


Рисунок 4.4 – Спливаючі вікна про стан запису відео

Для збільшення зручності у використанні, користувач має можливість після підключення пристрою зарезервувати IP-адресу, якщо маршрутизатор

має таку можливість. Адже у більшості випадків маршрутизатор автоматично призначає динамічну IP-адресу, яка може змінюватися після перезавантаження пристрою або самого маршрутизатора. Для цього слід відкрити браузер і у пошуковому рядку ввести IP-адресу маршрутизатора зазвичай вона дорівнює 192.168.0.1 або 192.168.1.1.

Після авторизації слід знайти розділ налаштувань DHCP або LAN Settings, де відображається список усіх пристроїв, підключених до мережі. У цьому списку потрібно знайти ESP32-CAM – зазвичай вона позначається як «ESP32» або вказується лише її MAC-адреса. Далі необхідно додати правило резервування IP-адреси (воно може називатися Address Reservation), вказати бажану адресу, наприклад, 192.168.1.50, і закріпити її за MAC-адресою ESP32-CAM. В результаті користувач побачить строку, в якій буде записано збережену адресу, як показано на рисунку 4.5. Після цього потрібно зберегти налаштування роутера і за потреби перезавантажити його. Після виконання цих дій пристрій завжди отримуватиме одну й ту саму IP-адресу, що полегшує доступ до неї через браузер.

Address Reservation

Reserve IP addresses for specific devices connected to the router.

 Add







Device Name	MAC Address	Reserved IP Address	Status	Modify
DESKTOP-UAFHK6J	4C-EB-BD-19-23-11	192.168.0.108		 
esp32-80FF70	2C-BC-BB-80-FF-70	192.168.0.102		 

Рисунок 4.5 – Меню налаштування параметрів мережі

4.2 Технічні неполадки та способи виправлення

Однією з найпоширеніших несправностей під час роботи з модулем ESP32-CAM є проблеми з живленням. Модуль ESP32-CAM надзвичайно чутливий до нестабільної або занизької напруги, особливо в момент запуску або під час активного запису відео. Якщо блок живлення або USB-перехідник не забезпечує достатнього струму (рекомендовано не менше 1A), або якщо напруга на пристрої менше 5 В, то пристрій може самовільно перезавантажуватись або взагалі не запускатись. У таких випадках часто спостерігається відсутність доступу до вебінтерфейсу або повна втрата зв'язку з пристроєм.

Ще однією проблемою може бути некоректно відформатована або несправна карта пам'яті. Якщо файлова система не підтримується (наприклад, карта не відформатована в FAT32), пристрій може не записувати відео або видавати повідомлення про помилку. У разі пошкодження карти можливе створення порожніх або пошкоджених відеофайлів, які неможливо відкрити.

Крім того, якщо під час запису відео відбувається обрив живлення або перезавантаження пристрою, файл може не зберегтись повністю, або його буде неможливо відтворити. Саме тому важливо не виймати карту пам'яті безпосередньо під час запису та уникати раптового знеструмлення системи.

Також користувачі іноді стикаються з тим, що відео не завантажується з архіву на комп'ютер. Найчастіше це пов'язано або з проблемою у файловій системі карти пам'яті, або з тим, що браузер блокує завантаження через налаштування безпеки. У такому випадку рекомендується спробувати інший браузер або переконатися, що адреса пристрою не блокується антивірусом чи фаєрволом.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено прототип системи для відеоспостереження на основі мікроконтролера ESP32-CAM із підключеним датчиком руху. В ході роботи було обрано відповідну апаратну платформу, створено схему пристрою, розроблено програмне забезпечення для керування камерою, датчиком руху та збереження зображень на SD-карту, а також реалізовано функції віддаленого доступу через вебінтерфейс.

Результат роботи продемонстрував ефективність використання ESP32-CAM для побудови відповідних систем завдяки його компактності, бюджетності та інтегрованим функціям бездротового зв'язку Wi-Fi. Використання датчика руху дозволило автоматизувати процес фотографування об'єктів при русі, зменшивши навантаження на контролер. Для збереження знімків було успішно використано SD-карту, що забезпечує зручний доступ до архіву зображень.

Програмне забезпечення пристрою розроблялося з використанням середовища Arduino IDE, що спрощувало процес реалізації, тестування та налагодження. Особливу увагу було приділено стабільності роботи системи, зокрема коректному налаштуванню GPIO пінів для одночасного використання всієї необхідної периферії, а також підбирання необхідної напруги.

Розроблений пристрій є прикладом прототипу охоронної системи, що може бути використаний у побутових умовах для моніторингу приміщень або територій. Його функціонал можна розширити, інтегрувавши з хмарними сервісами для зберігання даних або системами сповіщення.

Під час реалізації проекту було отримано цінний практичний досвід роботи з мікроконтролерами, різноманітними датчиками та мережними технологіями.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Історія розвитку камер відеоспостереження. URL: <https://ajax.systems/ua/blog/when-did-security-CAMeras-come-out>
2. Official website Hikvision. URL: <https://www.hikvision.com/uk>
3. Official website Dahua. URL: <https://www.dahuasecurity.com/uk>
4. Nest CAM (outdoor or indoor, battery). URL: https://store.google.com/us/product/nest_CAM_battery?hl=en-US
5. Official website Arlo. URL: <https://www.arlo.com/en-us>
6. Official website Ring. URL: <https://www.amazon.com/stores/Ring/page/07C49E0B-A43D-4CF9-B1AF-1A37D7638B2D>
7. Офіційний сайт Westelecom™. Навіщо потрібно відеоспостереження? URL: https://westelecom.ua/blog/268_zacem-nuzno-videonabludenie.html
8. Офіційний сайт ARDUINO.UA. ІЧ датчик руху для Arduino HC-SR501. URL: <https://arduino.ua/prod193-ik-datchik-dvijeniya-dlya-arduino-hc-sr501?srsltid=AfmBOoo884H6Z4vu8LfyHI7LG0vS2SnM07XM10Mt4Mg2Gux2BХургі9r>
9. Офіційний сайт ARDUINO.CC. URL: <https://www.arduino.cc>
10. Офіційний сайт ARDUINO.UA. Модуль Wi-Fi ESP32-CAM з камерою 2MP. URL: <https://arduino.ua/prod3458-modyl-wi-fi-esp32-s-kameroi-2mp>
11. Sathish J. LEARN ESP32 WITH ARDUINO: Arduino Coding, ESP32 Coding, Circuit Diagram, IoT Projects, MQTT. Independently published, 2021. 214 p.
12. Офіційний сайт IT Master. Мікроконтролер ESP32. URL: <https://itmaster.biz.ua/directory/microcontrollers/esp32.html>
13. CAMeron N. Electronics Projects with the ESP8266 and ESP32 // Building Web Pages, Applications, and WiFi Enabled Devices.

SpringerLink. 2021. 697 p. doi.org/10.1007/978-1-4842-6336-5

14. Oner V.O. Developing IoT projects with ESP32: discover the iot development ecosystem with ESP32 to create production-grade smart devices. Packt Publishing, Limited, 2023. 578 p.

15. ESP-IDF Programming Guide – ESP32 – ESP-IDF Programming Guide v5.4.1 documentation. Technical Documents | Espressif Systems. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/index.html>

16. Офіційний сайт IT Master. Програмування в ARDUINO камери в ESP32-CAM. URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/esp32/esp32-CAM-CAMera-arduino.html>