

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

СИСТЕМА БЕЗПЕКИ НА БАЗІ ESP32

SECURITY SYSTEM BASED ON ESP32

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи КІс-21

Слупський Володимир

Володимирович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Гринюк Сергій Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«___» червня 2024 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Н. Черняшук

« 10 » 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Слупському Володимиру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Система безпеки на базі ESP32

Керівник роботи к.т.н., доцент Гринюк Сергій Васильович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 року № 459/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 11.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області, різні інтернет-ресурси технічного спрямування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань, дослідження існуючих мікроконтролерів , розробка програмно-апаратного пристрою,

Оцінка результатів дослідження

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналіз проблеми за темою роботи та постановка завдань дослідження</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Теоретичне дослідження та практична реалізація</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Практична реалізація системи додаток-бот</i>	<i>Гринюк С.В., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н.В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С.В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		_____%	
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Міскевич О.І., асистент</i>		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Проведення огляду літератури із досліджуваної проблеми</i>	До 15.02.2024 р.	
2.	<i>Проведення аналізу систем відеоспостереження</i>	До 15.03.2024 р.	
3.	<i>Розробка системи безпеки</i>	До 04.05.2024 р.	
4.	<i>Висновки та пропозиції</i>	До 07.05.2024 р.	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	До 10.05.2024 р.	
6.	<i>Формування додатків</i>	До 15.05.2024 р.	
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	До 20.05.2024 р.	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	До 01.06.2024 р.	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	До 04.06.2024 р.	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	До 11.06.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Слупський В.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Гринюк С.В.

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Слупський В.В. Система безпеки на базі ESP32. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 54 с.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

Перший розділ присвячено огляду предметної області, та проведений аналіз літературних джерел та розглянуто загальні відомості про системи відеоспостереження та їх класифікацію.

В другому розділі проаналізовано переваги та недоліки ESP32-CAM порівняно з іншими мікроконтролерами, а також з особливостями даного мікроконтролеру, як складової системи відеоспостереження.

В третьому розділі проведена програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного засобу. Були реалізовані функції для алгоритму та визначено необхідні компоненти для тестування системи та її майбутнього використання..

Ключові слова: мікроконтролер, відеоспостереження, датчик, скетч.

ANNOTATION

Слупський В.В. Система безпеки на базі ESP32. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024. 54 с.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, списку трьох розділів, висновків, використаних джерел, додатків.

У першому розділі проведений аналіз літературних джерел та з'ясовано загальні відомості про системи відеоспостереження та їх класифікацію.

В другому розділі проаналізовані переваги та недоліки ESP32-CAM відносно інших мікроконтролерів, а також з особливостями даного мікроконтролера, як складного відеоспостереження.

У третьому розділі проведена програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного завдання. Були реалізовані функції для алгоритму та визначено необхідність компонентів для тестування системи та її майбутнього використання..

Ключові слова: мікроконтролер, відеоспостереження, датчик, скетч.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Система безпеки «Smart Home»	8
1.2 Аналіз систем відеоспостереження.....	17
1.3 Мікроконтролери в системах відеоспостереження	24
РОЗДІЛ 2 ВИБІР АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ.....	26
2.1 Вибір мікроконтролера.....	26
2.2 Датчик руху HC-SR501	31
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	40
3.1 Підключення компонентів системи до плати ESP32-CAM.....	40
3.2 Підключення датчика руху HC-SR501 до ESP32-CAM	44
3.3 Інсталяція веб-сервера та бібліотеки для роботи з ESP32-CAM	45
3.3 Тестування системи	49
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

У сучасному світі безпека та контроль стали дуже важливими елементами в різних сферах життя, включаючи громадські місця, комерційні приміщення, офіси та навіть особисті житлові приміщення. Зростаюча потреба в ефективному моніторингу та моніторингу інцидентів призводить до розробки нових технологій, спрямованих на забезпечення безпеки та зниження ризиків.

В останні роки спостереження за допомогою відеокамер стає все більш популярним, оскільки це ефективний інструмент для моніторингу та моніторингу подій у режимі реального часу. Однак традиційні системи відеоспостереження зазвичай обмежуються відправкою відеопотоків на Відеомонітори або зберіганням записів на зовнішніх пристроях. Це може призвести до відсутності важливих подій і ускладнити аналіз зібраної інформації.

Для підвищення ефективності та зручності системи відеоспостереження в кваліфікаційній роботі використовується мікроконтролер ESP32. Мікроконтролерна система відеоспостереження ESP32-CAM – це невеликий і потужний мікроконтролер, який поєднує в собі функції Wi-Fi, камери і обробки зображень. За допомогою цього мікроконтролера ви можете створити компактну та автономну систему моніторингу, яка може надсилати сповіщення про виявлення певних подій безпосередньо на смартфон користувача.

Метою роботи є розробка мікроконтролерної системи безпеки «розумного будинку» на основі мікроконтролеру ESP32.

Об'єкт дослідження – система безпеки на базі ESP32-CAM.

Предмет дослідження – мікроконтролери та системи відеоспостереження.

Завдання, які необхідно виконати :

- дослідити системи безпеки «розумний будинок»;
- вибрати апаратне та програмне забезпечення
- розробити програмно -апаратний пристрій системи безпеки.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Система безпеки «Smart Home»

Поява концепції безпеки також може бути пов'язана з появою першого живого організму, для якого ця концепція передбачає можливість виживання. Концепція особистої безпеки, пов'язана із загрозами, що надходять від інших, виникла приблизно в той самий час, що і у перших людей. У той же час почався процес з'ясування того, як захистити і створити першу систему безпеки.

Основною причиною того, що значні розробки систем сигналізації були припинені, було поєднання двох ключових факторів: технічного рівня та навколишнього середовища. Через низький рівень технологічного розвитку стандарти того часу не дозволяли створити систему, яку ніколи не можна було побачити в більш урбанізованому середовищі.

Система охоронної сигналізації – це набір технічних заходів, що використовуються для виявлення вторгнення або спроби вторгнення, а також для видачі попереджень та попереджувальних сигналів. Для визначення факту проникнення використовуються різні датчики з різними принципами роботи, які встановлюються на захищених об'єктах в залежності від умов і місця розташування, в якому вони знаходяться на даному етапі розробки, в основному вирішується проблема видимості системи виявлення в навколишньому середовищі, і система може бути вирішена наступним чином: використовується в конкретному будинку або об'єкті, а потім використовується в інших місцях.

Незважаючи на наявність факторів, які можуть викликати помилкову тривогу у відведеному для цього відкритому просторі, таких як попередня поява тварин і погана погода [1].

У свою чергу, сигнал тривоги від пристрою виявлення повинен бути направлений безпосередньо в службу безпеки, певні будівлі, в яких знаходяться співробітники правоохоронних органів, або власнику об'єкта, що охороняється. Залежно від об'єкта, тип переданого сигналу та інформація, що міститься в

ньому, також відрізняються. Найчастіше системи безпеки встановлюються в приміщеннях, де немає необхідності надавати точну інформацію про місцезнаходження входу. Досить показати факти проникнення або втручання і послати сигнал в потрібне місце, організацію або конкретній людині.

Однак в деяких випадках необхідно з достатньою точністю вказати місце проникнення зловмисників. Для цього потрібні кращі технічні інструменти, які можуть швидко збирати, передавати, обробляти, відображати, документувати та передавати інформацію. Такі технічні засоби повинні забезпечувати виведення сигналів від чутливого пристрою в доступній для людського сприйняття формі. Прикладом такої системи є мережа датчиків руху, які розподіляються по різних кімнатах захищених об'єктів і передають інформацію на сервер, що відображається на екрані монітора, який показує кімнату, в якій було записано рух, і, можливо, кімнату, в якій він був записаний. Така система може швидко визначити причину спрацьовування системи сигналізації і при необхідності надати безпеці достатньо інформації для затримання порушників (рис. 1.1).

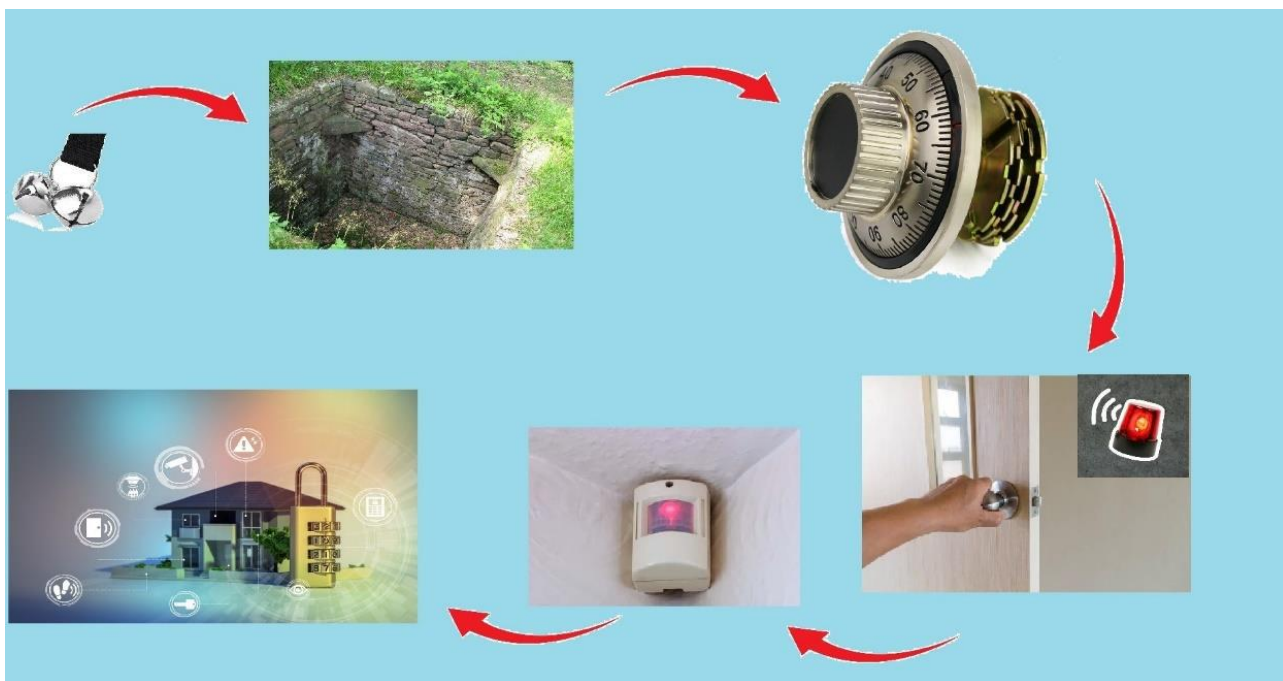


Рисунок 1.1 – Еволюція систем безпеки [1]

Список складних систем також включає системи безпеки, включаючи такі системи, як камери та пристрої запису. Камера не повністю використовується в системах, які часто вимагають безпосереднього догляду з боку людини, яка є охоронцем. Однак у більшості випадків така система підключається до наступних комп'ютерів або серверів, де дані, записані камерою, зберігаються для подальшої ідентифікації зловмисника.

У деяких випадках камера не записує безперервно, а лише в тому випадку, якщо спрацьовує інша сенсорна система, така як датчик руху або магнітний датчик на дверях. Така камера може записувати протягом деякого часу після запуску і знімати кілька кадрів, але в будь-якому випадку інформація про роботу системи недоступна. Перейдіть до зберігача або власника об'єкта, що захищається, і з його допомогою почнуть відправлятися зображення в реальному часі або кілька кадрів, за допомогою яких ви зможете виправити причини роботи системи.

Системи запису використовуються не дуже широко. Зазвичай вони використовуються як камера в поєднанні з іншою системою виявлення, яка дозволяє записувати звук того, що відбувається в кімнаті. Це дозволяє знайти зловмисника, записавши його голос у разі нападу.

В даний час розробка системи безпеки триває, ми переходимо на новий етап – систему безпеки розумного будинку. «Smart Home» як новий напрямок був повністю сформований на початку та середині століття і став частиною ХХ століття, але повноцінній формі в 60-х роках ХХ століття. Це була некомерційна система, створена як прототип, і перша спроба автоматизувати домашню систему. Тільки в 80-х роках минулого століття термін «Розумний будинок» вперше був використаний як набір минулих концепцій автоматизації домашніх процесів в будинку з винаходом і поширенням мікроконтролерів. Але така система з'явилася в суспільному надбанні тільки в кінці 90-х років минулого століття [2].

З появою перших смартфонів і їх інтеграцією в систему розумного будинку був даний новий виток розвитку розумного будинку. Це значно збільшило

можливу функціональність і зручність таких систем, а також доступ широкої громадськості. З часом і розвитком технологій системи розумного будинку продовжують розвиватися і набувати все більше і більше функцій (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 –Сучасні систем безпеки [3]

Розробка концепції «розумного будинку» в значній мірі включала концепцію системи безпеки. Спочатку система, відокремлена від основного домашнього комплексу, була швидко інтегрована, оскільки вона могла керувати кількома системами за допомогою одних і тих же датчиків [3].

Збільшуючи типи датчиків, також можна значно збільшити особливості інтегрованої системи безпеки. Таким чином, якщо система переведена в режим безпеки, система голосового управління домашньої функцією може реагувати на сторонні звуки. Датчик руху призначений для управління освітленням і може активувати систему безпеки в разі виявлення руху в межах його діапазону.

Залежно від датчика чутливість системи безпеки також різна, як і її надійність.

Зазвичай немає необхідності використовувати всі сенсорні системи комплексу розумного будинку в системі безпеки. Як правило, дуже мало датчиків знаходиться в місцях, де порушення безпеки, швидше за все, відбудеться або не може бути запобігти.

Датчик руху – це сигнальний пристрій, призначений для виявлення руху об'єкта. Зазвичай він використовується для моніторингу навколишнього середовища або для запуску певних дій при корекції руху об'єкта [4].

Датчики руху можуть бути механічними або електронними. Навпаки, методи виявлення руху можуть сильно відрізнятися від датчика до датчика. Однак основний принцип роботи залишається незмінним і полягає у вимірюванні того чи іншого параметра навколишнього середовища, який може нести інформацію про рух об'єктів (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Принцип дії ультразвукового датчику руху [4]

Перший детектор руху, пристрій, в одній з підкатегорій якого знаходиться датчик руху, був винайдений німецьким вченим Генріхом Герцем, відомим своїми роботами на електромагнітних хвилях у другій половині XIX століття. Детектор базувався на радіохвилях, а потім став прототипом радара. Крім того, принцип роботи детектора був переданий на основі інших фізичних явищ, таких як звукові і теплові коливання. Перші приклади використання датчиків руху в системах сигналізації відносяться до 50-х років XX століття. Система була спроектована і створена Самуелем Баньо і була заснована на принципі Ехо-сирени. Створені нечутні датчики вловлювали ультразвукові коливання і відображення людського вуха.

Сучасні датчики руху часто використовують принцип акустичного або оптичного розпізнавання. Інші варіанти датчиків зазвичай використовуються вдома і рідше в складних і особливих ситуаціях, коли потрібен набагато вищий стандартний рівень виявлення, або коли перші два методи неможливо використовувати через умови навколишнього середовища.

Датчики руху широко використовуються в системах розумного будинку через їх універсальність. Їх можна використовувати для ввімкнення та вимкнення світла, автоматичного відкриття дверей та активації інших пристроїв у кімнаті. Але в той же час ці датчики також можуть функціонувати як домашні системи виявлення вторгнень. Такі інтегровані системи безпеки зазвичай не вимагають інших датчиків, крім вже встановлених, для забезпечення працездатності традиційних домашніх систем в комплексі розумного будинку.

Традиційні комутатори також можуть бути частиною систем безпеки розумного будинку. Крім домашніх функцій, ви можете повідомити порушників, якщо ключ активований після запуску системи безпеки.

Перемикачі – дуже поширений елемент будь-якого технічного обладнання і системи. Зазвичай це дуже просте і надійне пристрій засноване на принципі розмикання електричного кола, що забезпечує високу надійність і широке поширення.

Контактні датчики також можуть бути включені. По-перше, це дверні датчики, такі як датчики руху, які можуть бути активовані для включення/вимикання світла в кімнаті при відкритті і закритті дверей по-друге, наприклад, датчики в системах автоматичного відкривання і закривання вікон зазвичай повідомляють системі, що вікно закрито, і механізм, який змушує його закриватися, зупиняється. повинен перестати працювати. У свою чергу, в активній системі безпеки ці датчики розпізнають можливі вторгнення, повідомляючи про будь-які спроби відкрити вікна. Список варіантів використання таких датчиків обмежений тільки кількістю можливих застосувань контактних датчиків в системах розумного будинку.

Контактний датчик має досить просту конструкцію. Вони складаються з двох частин: пари контактів, які відкриваються і закриваються при переміщенні керованого корпусу, з'єднаного з рухомим контактом.

Як контактне тіло він може контактувати з невеликою кількістю ртуті в герметичній капсулі. Коли ви повертаєте лампочку, ртуть розмикає і замикає контакти. Два отвори, які закриваються і відкриваються при переміщенні тіла, до якого вони прикріплені, викликані наявністю або відсутністю поштовхів від однієї частини пари до іншої. Однак ця версія системи ненадійна, оскільки датчики можуть реагувати на статичну електрику або перекривати контакт зі сторонніми предметами.

На додаток до прикладів датчиків, вбудованих в інші системи, можуть використовуватися більш незвичайні системи, такі як інфрачервоні датчики, які можуть виявляти проходження об'єктів, датчики тиску, що спрацьовують при натисканні, датчики нахилу, які можуть виявляти зміни нахилу поверхні, подаючи відповідні сигнали, і датчики лазерного випромінювання.

Система безпеки складається з декількох елементів (рис. 1.4).

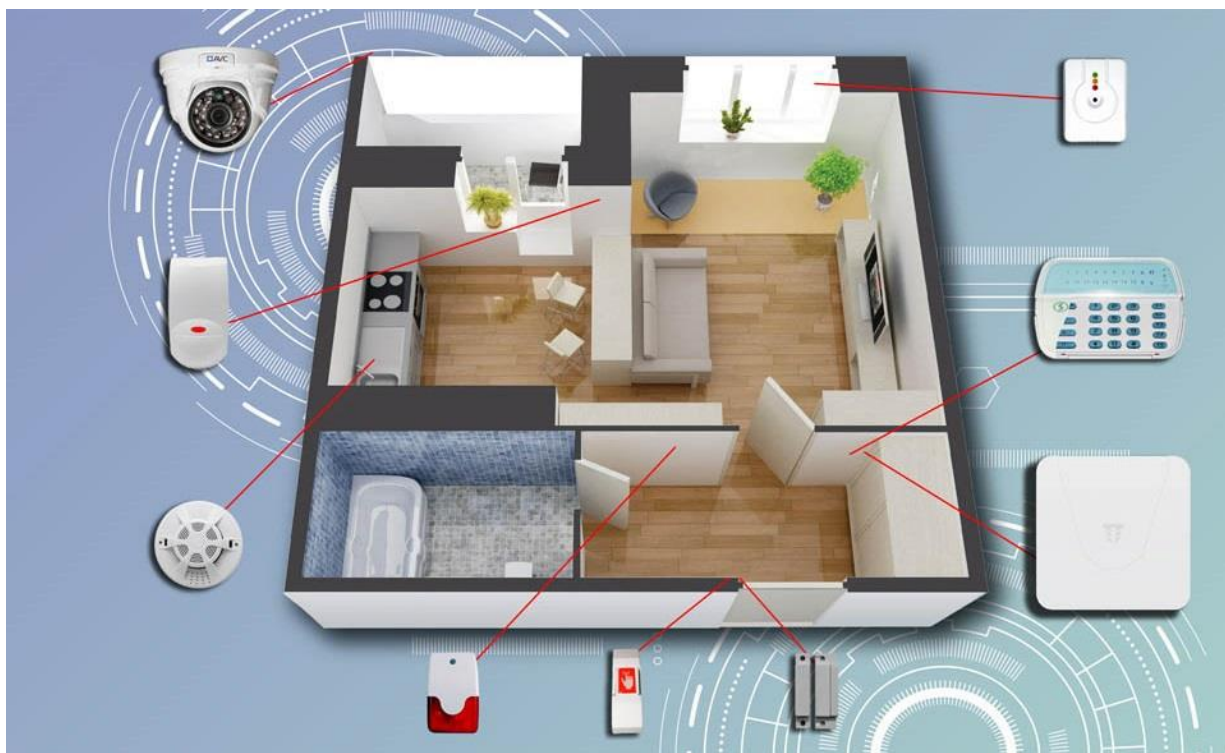


Рисунок 1.4 – Приклад комплексної системи сигналізації [5]

Для квартири це зазвичай датчик руху, розташований в коридорі перед дверима, і контактний датчик того чи іншого типу або безконтактний датчик відкривання і закривання для контролю стану вхідних дверей. До цих систем можна додати тривожну кнопку, яка дозволяє власнику будинку повідомляти охоронця про небезпечну ситуацію, навіть якщо він перебуває вдома.

В розумному будинку будь-який елемент управління може виконувати роль тривожної кнопки. Навіть якщо в комплексі системи є система розпізнавання мови, вона не викликає реакції зловмисника і дозволяє системі видавати команди для виклику служби безпеки.

Більш інтегровані системи безпеки використовують датчики руху, які зазвичай використовуються для заміни освітлювальних приладів, щоб датчики могли контактувати з дверима та вікнами. Така система не виключає використання окремих датчиків в системі безпеки, вона набагато ефективніше, особливо в приватних приміщеннях, де доступ без дверей набагато простіше під наглядом першої системи. Однак з підвищенням рівня безпеки складність зростає, і, відповідно, ймовірність збою зростає.

Більш складна версія – це система аналізу зображень і звуку. Система аналізу зображень в принципі схожа на датчик руху і використовує камеру для зйомки різких змін зображення. Навіть більш просунуті версії можуть точно розпізнавати силует людини на зображенні, незалежно від його положення, і реагувати відповідним чином.

Системи безпеки, засновані на голосовому аналізі, дуже ненадійні і занадто складні для використання при нинішньому рівні технологічного розвитку. Це пов'язано з постійним рівнем шумового забруднення, який зустрічається практично повсюдно. Іншим фактором є ймовірність того, що система відреагує на сильні звуки, що виходять за меж об'єкта безпеки, такі як блискавка. Обмеження системи тільки реакцією на людську мову неефективно.

Запуск системи безпеки розумного будинку може виконуватися паралельно з блоком домашньої системи. Наприклад, коли власник виходить із будівлі та вмикає систему безпеки, усі інші пристрої розумного будинку

блокуються, а деяке програмне забезпечення системи розумного будинку, відповідальне за функції виявлення вторгнень, починає працювати безпосередньо. Звичайний кодовий замок відповідає за включення/вимикання таких систем навіть в рамках систем розумного будинку завдяки простоті цього методу захисту, а також перевіреної десятиліттями надійності та ефективності таких систем.

Більш складна інтегрована система – це передавач, підключений до чогось подібного як в автомобілі або брелку, який видає контрольному пристрої в системі розумного будинку команду для зміни режиму роботи. Однак у такої системи є істотний недолік. Наприклад, якщо передавач загублений, ви не зможете швидко вимкнути систему безпеки. Отже, цей тип системи завжди реплікується та підтримується іншими системами.

Також можливий варіант системи, керованої за допомогою мобільного телефону. Ця опція включає всі інші варіанти і може служити панеллю керування для розумного будинку, але є й недоліки, характерні для тієї ж системи з передавачем, наприклад, ймовірність того, що власник втратить пристрій або вкраде його. Частково це компенсується можливістю установки на смартфон системи захисту і моніторингу, але не вирішує проблему повністю. Існує безліч небезпечного програмного забезпечення, яке може надати доступ до пристрою в разі недбалості власника, і при необхідності навіть добре захищений пристрій може бути зламано.

Щоб контролювати цю ситуацію, сучасні системи розумного будинку оснащені підключенням до комп'ютерів, серверів або спеціалізованим службам, які при необхідності можуть блокувати 1 або інший шлях доступу до системи. Це забезпечує більш високий рівень безпеки, створює можливість зберігання даних з камер та інших систем безпеки з підтримкою запису і надає інший спосіб доступу до системи.

1.2 Аналіз систем відеоспостереження

Системи відеоспостереження (CCTV – замкнуте телебачення) використовуються для моніторингу, моніторингу та запису подій в режимі реального часу. Активне використання цих систем з метою безпеки почалося в 1970-х роках у вигляді домашніх відеомагнітофонів. Поява винаходу дало доступ до відеозапису як приватним, так і державним системам [6].

Ці системи також зазнали швидкого розвитку відповідно до швидкого поширення. Функція камери покращилася, а потім з'явився мультиплексор – пристрій, який дозволяє одночасно відправляти зображення з декількох камер на один монітор і записувати їх на одну касету.

У 1980-х роках саме відеокамери отримали найбільший розвиток в системах відеоспостереження. Ці електронно-променеві трубки були замінені пристроями, підключеними до заряду. Дозвіл таких камер було значно нижче, але вони були значно менше за розміром і більш чутливі до світла.

Щоб замінити широко популярну аналогову систему відеоспостереження, перша цифрова система відеоспостереження почала з'являтися в 1990-х роках. Відеореєстратор з жорстким диском, який може записувати зображення по колу (безперервно, тобто коли на диску закінчується місце, відеозображення знову починає запис). Також з'явився перший детектор відеоаналізатора-запис з відеокамери відбувалася з моменту початку руху в кадрі. У 1990 роки відеоспостереження охоплювало банкомати і з'явилася нова частина сучасних комп'ютерів-веб-камери [7].

Основні компоненти систем відеоспостереження [8, 9]:

1. Камера відеоспостереження, яка захоплює відео в режимі реального часу і відправляє його в систему спостереження або запису. Залежно від типу у системах відеоспостереження використовуються різні типи камер. Основними з них є аналогові, цифрові, IP камери та бездротові камери.

2. Кабель для передачі відеосигналу від камер до систем спостереження або запису. Залежно від типу системи використовуються коаксіальні кабелі,

волоконно-оптичні кабелі або мережеві кабелі. У бездротових системах використовуються передавачі, які надсилають відеосигнали через радіохвилі.

3. Системи відеоспостереження часто мають можливість зберігати відеозаписи на носіях тривалого зберігання. Сучасні версії таких систем в якості основного носія використовують жорсткі диски, відеосервери або хмарні сховища, залежно від типу системи та потреб. Це дозволяє зберігати відеодані за певний час і використовувати їх для відновлення або аналізу.

4. Система спостереження або запису, яка отримує відео з камер і відображає його на моніторі або записує для подальшого зберігання в хмарному сховищі або на жорсткому диску. Системи спостереження можуть мати додаткові функції, такі як відеоаналітика, сповіщення про події та віддалений доступ.

5. Для відображення відеозображення з камери використовується монітор. Це монітори на контрольних пунктах, робочих місцях операторів або монітори, розташовані у віддалених місцях для дистанційного спостереження за об'єктами.

6. Системи відеоспостереження можуть містити такі функції керування, як панель керування, джойстик, програмне забезпечення для керування камерою та налаштування параметрів.

Також доступні інструменти аналітики, які забезпечують автоматичне виявлення руху, розпізнавання обличчя, відстеження об'єктів тощо. Протягом історії системи спостереження також розвивалися. Розробка почалася у формі аналогових систем, які поступово вдосконалювалися та замінювалися цифровими системами з часом. На даний момент розвиток не зупинився, а цифрові системи додатково стали поділятися на IP-системи, бездротові та хмарні. Відповідно до даної класифікації, необхідно визначитись з ключовими особливостями та перевагами даних систем одна над одною:

1. Аналогова система – це традиційний тип системи відеоспостереження, в якій аналогова камера знімає відео та перетворює його на

аналоговий сигнал. Коаксіальний кабель до аналогового записуючого пристрою (DVR - цифровий відеореєстратор) [10].

Типова схема побудови такої системи наведена на рисунку 1.5. DVR діє як центральний пристрій. Він отримує аналоговий відеосигнал від камери та перетворює його в цифровий формат для запису, збереження або відображення відеозображень на екрані монітора. Відеореєстратори можуть бути оснащені різною кількістю входів для підключення камер, можливостями запису в реальному часі, функціями аналітики та простим керуванням.



Рисунок 1.5 – Схема побудови типової аналогової системи відеоспостереження [10]

Основними особливостями при використанні цієї системи є: аналогова система проста в установці та налаштуванні. Вартість необхідного обладнання порівняно невисока. Цей тип системи простий. Він більш сумісний, ніж інші типи, і може використовуватися зі старими версіями систем відеоспостереження.

При здійсненні невеликого спостереження найкраще використовувати аналогову систему відеоспостереження.

До основних недоліків цього типу можна віднести досить обмежені можливості виконання аналізу та реалізації віддаленого доступу до даної системи [10].

2. Цифрові системи використовують цифрові камери, які використовують датчики для захоплення відео та перетворення його в цифрові сигнали. Цифровий сигнал надсилається через мережевий кабель (наприклад, Ethernet) на цифровий записуючий пристрій (NVR - мережевий відеореєстратор). Потім пристрій записує та зберігає отримані відеозображення на жорсткому диску. Однак перегляд отриманих відеозображень і подальша їх обробка та використання вимагає використання спеціального програмного забезпечення, яке зазвичай постачається разом із самим NVR [11]. Цифрові системи пропонують вищу якість зображення та кращі функції, такі як віддалений доступ і аналіз, але можуть потребувати більшої пропускної здатності мережі. На рисунку 1.6 показано приклад такої конфігурації системи.

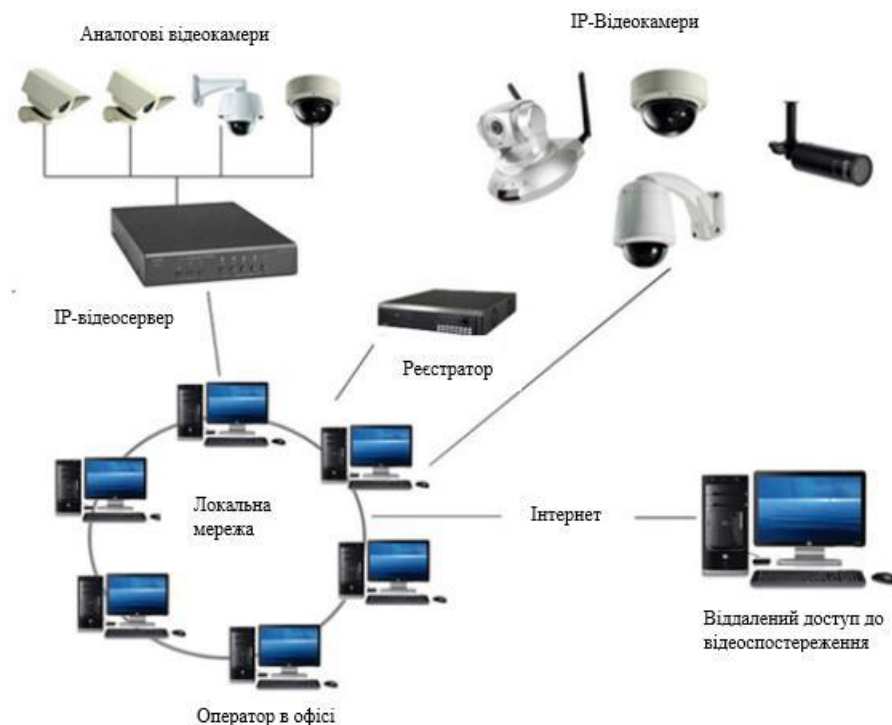


Рисунок 1.6 – Компоненти та їх порядок з'єднань у цифрових системах відеоспостереження [11]

Такі основні характеристики відрізняють даний тип системи відеоспостереження від інших систем: Ці системи відрізняються високою якістю та високою роздільною здатністю. Ці системи є більш гнучкими в конфігурації, а також надають доступ до більших можливостей у реалізації кращого контролю параметрів камери. Обробка даних є набагато кращою та швидшою порівняно з іншими, розширюючи аналітичні можливості та розширюючи можливості систем, які їх використовують. На відміну від аналогових систем, цим типом, показаним нижче, можна керувати дистанційно через мережу.

Однак основним недоліком цієї системи є те, що вона вимагає використання мережі з кращою пропускну здатністю, а також вимагає використання більш якісного обладнання [12].

3. Систему IP можна вважати розширеною версією цифрової системи, де камери безпосередньо підключаються до мережі через IP-адресу. У той же час кожна камера має власну IP-адресу, тому такі камери іноді називають IP-камерами, і вони можуть надсилати відео та аудіосигнали на ваш NVR або комп'ютер через мережу Ethernet, WiFi або інші аналогові сигнали. IP-системи пропонують гнучкість, масштабованість і високу якість зображення на додаток до підтримки різноманітних додаткових функцій і численних протоколів, які можна використовувати з системою. Серед інших згаданих типів систем відеоспостереження варто відзначити наявність розширених функцій: роздільна здатність і якість одержуваного відеозображення є конкурентоспроможними в порівнянні з цифровими системами відеоспостереження за допомогою цього типу; цей тип системи дуже розширюваний і має достатній потенціал для майбутнього розширення залежно від інфраструктури та функцій, необхідних користувачеві; ці системи дуже прості у використанні, оскільки відеодані можуть бути легко доступні через мережу.

Під час використання цих систем побоювання щодо безпеки передачі та зберігання відеоданих усуваються, оскільки вони забезпечують високий рівень безпеки та надійне шифрування даних.

Головним недоліком цієї системи є те, що вона потребує високошвидкісного підключення до Інтернету та спеціалізованого мережевого обладнання [12].

Перевагою цієї системи перед цифровими системами є можливість передачі даних на великі відстані, що розширює можливості використання таких систем. Приклад компонентів такої системи та їх з'єднання наведено на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Компоненти та порядок з'єднань компонентів IP-систем відеоспостереження [12]

4. У бездротових системах використовуються бездротові камери, які передають отримані відеосигнали на пристрої запису через радіочастоту, WLAN або інші бездротові технології. У більшості випадків ці системи використовують технологію Wi-Fi. Це тому, що технологія Wi-Fi може забезпечити швидшу та стабільнішу передачу даних на відстані в межах певної бездротової мережі. Потім приймач або записуючий пристрій приймає радіосигнали, отримані від камери, і зберігає відеозапис. Пристрій також можна використовувати для перегляду відео, а також має внутрішній жорсткий диск для зберігання відео.

Такими системами зазвичай керують за допомогою систем віддаленого доступу або мобільних додатків. Бездротові системи є зручним варіантом для встановлення в місцях, де дротове підключення неможливе або практичне. Незважаючи на те, що він пропонує мобільність і легкість налаштування, він може бути чутливим до перешкод і обмеженням діапазону передачі [13].

5. Характеристики даного типу системи суттєво не відрізняються від характеристик IP-камери. Загалом, єдиною відмінністю є ідентичні вимоги до підключення до Ethernet із високошвидкісними сигналами та пропускну здатністю та необхідність використання високоякісних радіосигналів залежно від використовуваного варіанту, на відміну від систем IP [14].

6. Найсучаснішим підходом до систем відеоспостереження є використання хмарних систем. У цій системі відеозаписи зберігаються на хмарних серверах, обробляються на вимогу та доступні через Інтернет. Хмарні системи забезпечують зручний віддалений доступ, обмін відео та резервне копіювання даних. Крім того, використання хмарних серверів забезпечує, серед іншого, найвищу масштабованість і надійність. Приклад такої системи показано на рисунку 1.4. Подібно до бездротової системи, хмарною системою також можна керувати віддалено через мобільний додаток. Однак головна особливість цих систем полягає в тому, що їх можна адаптувати під кожного користувача.

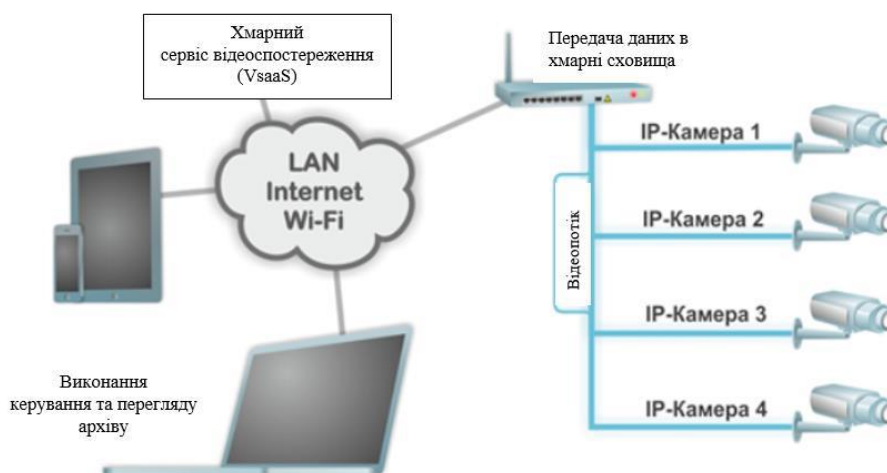


Рисунок 1.4 – Приклад виконання обробки та збереження даних хмарної системи відеоспостереження [15]

Цей тип системи добре інтегрується з іншими системами, не пов'язаними з відеоспостереженням, а також підтримує детальний аналіз відеозображень шляхом пошуку та порівняння облич і використання нових методів на відеозображеннях [15].

Однією з особливостей цієї системи є те, що вона використовує хмарний сервер для віддаленого доступу до збережених відеоданих. Крім того, обсяг збережених даних настільки великий, що локальне зберігання не потрібне. Цей тип системи може серйозно конкурувати з бездротовими та IP-системами в області безпеки зберігання даних, але на відміну від них, цей тип використовує інші хмарні інтеграції для зберігання інформації в хмарі, яку можна обробляти, не надсилаючи її за межі вашого місця розташування. Тому такі системи також потребують стабільного та високошвидкісного підключення до Інтернету [15].

1.3 Мікроконтролери в системах відеоспостереження

У системах відеоспостереження мікроконтролери можуть виконувати різноманітні функції, надаючи їм повний контроль над тим, що відбувається в системі. Доступні наступні функції:

1. Можливість керувати рухом камери та змінювати параметри, такі як масштабування, фокус, експозиція, панорамний перегляд і обертання камери. Вони дозволяють керувати камерою програмно та виконувати певні дії залежно від потреб вашої системи.

2. Обробка та аналіз відеоданих. Інші функції, такі як виявлення руху, відстеження об'єктів, розпізнавання образів, розпізнавання обличчя та вимірювання відстані, можна реалізувати за допомогою мікроконтролера. Ви можете запускати алгоритми обробки в реальному часі та приймати рішення на основі аналізу відеоданих.

3. Управління процесом запису та збереження відеоданих у пам'яті також може бути реалізовано за допомогою мікроконтролера. Серед можливих місць зберігання – SD-карта або відеосервер. Тому що вони зазвичай можуть

бути оброблені мікроконтролером. Однак це може відрізнятись залежно від моделі або вимог користувача. Ви можете встановити параметри запису, розмір файлу, мітку часу та іншу інформацію, пов'язану зі збереженням відеоданих.

4. Взаємодія з іншими системами для виконання функцій. Приклади: доступ до мережі, передача даних на сервери, управління системами сигналізації та безпеки. Ви можете надсилати сповіщення, керувати перемикачами та виконувати інші дії в залежності від умов і вимог вашої системи відеоспостереження.

5. Управління живленням систем відеоспостереження. Ви можете керувати режимами сну, вмикати та вимикати пристрої, керувати функціями енергозбереження та виконувати інші завдання, які зменшують енергоспоживання та підвищують доступність системи.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ

2.1 Вибір мікроконтролера

На даний момент одним з найпопулярніших мікроконтролерів з підтримкою Wi-Fi є ESP32. У даній кваліфікаційній роботі планується реалізувати систему, з компонентів, які взаємодіють через об'єкт управління, роль якого виконуватиме мікроконтролер.

ESP8266 – мікроконтролер від китайського виробника Espressif Systems з інтерфейсом Wi-Fi. Крім Wi-Fi, у мікроконтролері відсутня флеш пам'ять в SoC, програми користувача запускаються із зовнішньої флешпам'яті з інтерфейсом SPI [16]. Мікроконтролер привернув увагу в 2014 році завдяки випуску перших продуктів на його основі за надзвичайно низькою ціною. Навесні 2016 року почалося виробництво ESP8285, що поєднує ESP8266 і 1 Мб флеш-пам'яті. Восени 2015 року Espressif презентував розробку лінійки – чіп ESP32 та модулі на його основі:

- мікроконтролер 80 МГц;
- 32-розрядний процесор Tensilica;
- можливий розгін до 160 МГц;
- Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n;
- підтримка WEP і WPA/WPA2;
- 14 портів вводу-виводу (11 з яких можна використовувати), SPI, I²S, UART, 10-розрядний АЦП. I²C можливий лише за допомогою біт-банг;
- блок живлення 2,2 ... 3,6 В;
- споживання - до 215 мА в режимі передачі, 100 мА - в режимі прийому, 70 мА - в режимі очікування;
- підтримка трьох режимів низької потужності, всі без підключення до точки доступу: режим сну модему (15 мА), легкий режим сну (0,4 мА),

- глибокий сон (15 мА);
- мікроконтролер не має власної енергонезалежної пам'яті на чіпі.

Виконання програми здійснюється із зовнішнього SPI ROM шляхом динамічного завантаження необхідних частин програми в кеш інструкцій.

Завантаження апаратне, прозоре для програміста;

- підтримка до 16 МБ зовнішньої пам'яті програм. Можливий стандартний, подвійний або чотириразовий інтерфейс SPI.

Джерело програми ESP8266 встановлюється станом портів GPIO0, GPIO2 і GPIO15 в кінці сигналу скидання (тобто джерела живлення). Два найбільш цікавих режими: виконання коду з UART (GPIO0 = 0, GPIO2 = 1 і GPIO15 = 0) і із зовнішнього ПЗУ (GPIO0 = 1, GPIO2 = 1 і GPIO15 = 0).

Інструменти розробки. Інструменти розробки програмного забезпечення (програмний пакет розробника, SDK) складаються з: Компілятори. Компілятор Xtensa LX106 входить до пакету компілятора GNU Compiler Collection. Компілятор має тексти з відкритим вихідним кодом. Різні пакети SDK можуть містити різні збірки цього компілятора, які дещо відрізняються від підтримуваних параметрів. Бібліотеки для роботи з периферією контролера, стеками WiFi, TCP/IP.

Засоби завантаження виконуваного файлу в пам'ять програм мікроконтролера. Додаткова IDE. Espressif вільно поширює свій набір розробників. Цей набір включає компілятор GCC, бібліотеки Espressif та утиліту завантаження ХТСОМ. Бібліотеки представлені у вигляді скомпільованих бібліотек, без вихідного коду. Espressif підтримує дві версії SDK: одна на основі ОСРВ, інша на основі зворотного виклику. Крім офіційного SDK, існує ряд альтернативних проєктів SDK [8]. Ці пакети SDK використовують бібліотеки Espressif або пропонують власний еквівалент бібліотек Espressif, отриманих за допомогою методів зворотної інженерії. "esp-open-sdk". Покращена версія Expressif SDK. Включає компілятор GCC та деякі бібліотеки Expressif. Тільки Linux [16].

Мережева інфраструктура. Типове використання ESP8266 як апаратної основи Інтернету речей часто передбачає встановлення в будинках або офісах. У цьому випадку підключення до домашньої/офісної локальної мережі з доступом до Інтернету здійснюється через роутер. Користувач пристрою може керувати ним за допомогою планшета або комп'ютера через локальну мережу або віддалено через інтернет.

Плата ESP32 – покращена версія попереднього мікроконтролера ESP8266. Незважаючи на недавній випуск оновленої плати, розробники віддають перевагу саме їй, оскільки в ній покращено ядро з швидшим Wi-Fi, Bluetooth 4.2 і різними входами/виходами (аналоговими/цифровими) [17]. Існує чимало відмінностей між цими двома платами (рис. 2.1). Одним з основних недоліків плати ESP8266 є мала кількість контактів на платі [18]. У версії ESP32 це було покращено, і самі піни стали набагато більше, і вони також стали багатофункціональними.

У таблиці 2.1 наведено основні технічні характеристики обох мікроконтролерів, що дозволяють оцінити доцільність використання ESP32-CAM у складі розроблюваної системи відеоспостереження.

Таблиця 3.1 – Порівняльні технічні характеристики мікроконтролерів ESP8266 та ESP32

Параметр	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa Single-Core 32-bit L106	Xtensa Dual-Core 32-bit LX6, 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	Так, HT20	Так, HT40
Bluetooth	Відсутній	Bluetooth 4.2 та нижче
Типова тактова частота	80 MHz	160 MHz
SRAM	160 kB	512 kB
Flash-пам'ять	SPI Flash до 16 MB	SPI
GPIO	17	36
PWM (апаратний / програмний)	Відсутній / 8 каналів	1 / 16 каналів
SPI / I ² C / I ² S / UART	2 / 1 / 2 / 2	4 / 2 / 2 / 2
ADC	10-бітний	12-бітний
CAN-шина	Відсутня	1
Ethernet MAC інтерфейс	Відсутній	Є
Датчик дотику	Відсутній	Є
Датчик температури	Відсутній	Є
Діапазон робочих температур	-40°C ... +125°C	-40°C ... +125°C

У свою чергу, ESP32 – це серія недорогих, малопотужних чіпів від Espressif Systems. Це чіп-система з інтегрованими радіоконтролерами Wi-Fi, Bluetooth і Thread. Серії ESP32 і ESP32-S використовують ядра процесора з архітектурою Tensilica, а серії ESP32-C і ESP32-H використовують ядра з відкритим ядром з архітектурою RISC-V. Мікросхема має вбудований радіочастотний тракт: балансувальний трансформатор, вбудовані антенні перемикачі, радіочастотні компоненти, малошумний підсилювач, підсилювач потужності, фільтри та модулі керування потужністю. ESP32 був розроблений і розроблений компанією з Шанхаю і виробляється TSMC за технологією 40нм і 28нм. Серія є наступником чіпів ESP8266.

Популярні версії ESP32:

1. ESP32-CAM – трохи відрізняється від інших плат і базується на модулі ESP32-S. Він включає в себе такі інтерфейси, як SPI, UART, I2C, PWM. Модуль може завантажувати зображення через Wi-Fi і підтримує тактову частоту до 160 МГц. Він має на борту 10 портів GPIO (рис.2.1). З підтримкою камери OV2640. На самій платі є слот для карти microSD. Відмінний мікроконтролер для моніторингу території. Для підключення доцільно використовувати роз'єми Dupont.

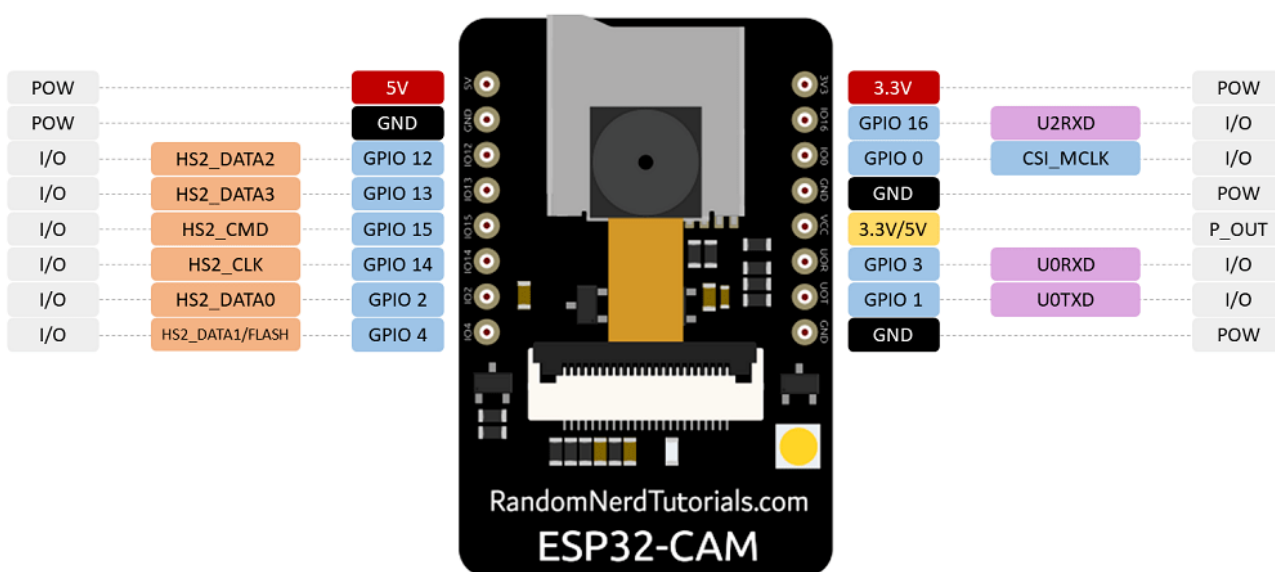


Рисунок 2.1 – ESP32-CAM [19]

2. Node-MCU-32S – мікроконтролер оснащений підключенням Bluetooth і Wi-Fi, CP2102 і ключами. Головна особливість плати полягає в тому, що пінні ESP-WROOM-32 I/O доступні через заголовки розширення (extension headers). Вони також є відкритими і підтримують кілька вихідних кодів. Він добре підходить для великих проєктів і має 32 МБ флеш-пам'яті.

3. ES32-DevKitC - дуже компактна плата. Вхідний і вихідний контакти розділені на контактні заголовки з обох сторін. Це зроблено для полегшення взаємодії. Ви можете підключитися до плати через периферію за допомогою перемичок(jumpers), або макетної плати. Перевага плати не тільки в її розмірах, але і в низькому енергоспоживанні.

4. Adafruit ESP32 Feather – ця плата заснована на ESP32 від Adafruit. Плата оснащена схемою регулятора напруги та інтерфейсом USB-UART. Дуже приємною особливістю цієї плати є те, що на ній є роз'єм для акумулятора LiPo. Це хороший варіант для портативних проєктів з батарейним живленням. Збірка від Adafruit завжди якісна. Також ця компанія має багато документації для якісної розробки.

Модуль ESP32-CAM OV2640. На борту цього модуля є спеціальна камера OV2640. За допомогою цієї камери будуть зроблені знімки кімнати, де вона розташована, з роздільною здатністю 2 МПкс. Цього буде достатньо, щоб чітко відображати об'єкти, які будуть на виду і залишатися в фокусі, без появи артефактів у вигляді пікселяції або розмиття.

ESP32-CAM – це невеликий модуль камери з чіпом ESP32-S. На додаток до камери OV2640 і кількох GPIO для підключення периферійних пристроїв, він також має слот для карти MicroSD, який може бути корисним для зберігання зображень, зроблених камерою, або для зберігання файлів для подальшого використання для користувача.

Підсистема I2S в ESP32 також забезпечує високошвидкісну шину, підключену безпосередньо до оперативної пам'яті для прямого доступу до пам'яті, тобто це надає можливість налаштувати підсистему I2S ESP32 для надсилання або отримання паралельних даних під апаратним керуванням [20].

Характеристики модуля ESP32-CAM наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики модуля ESP32-CAM

Найменший модуль	SoC 802.11b / g / n Wi-Fi BT
Центральний процесор	32 біти
Тактова частота	160 МГц
Пам'ять	520 КБ SRAM
Інтерфейси	UART / SPI / I2C / ШІМ / АЦП / ЦАП
Камера	OV2640 та OV7670
Завантаження зображень	Через WiFi
Стандарт карт пам'яті	TF
Підтримка режиму сну	Так!
Підтримка стеків	Lwip та FreeRTOS
Режими робот	STA / AP / STA + AP
Функції підключення до пристрою	Smart Config / AirKiss
Оновлення «по повітрю»	FOTA

Джерело [21]

2.2 Датчик руху HC-SR501

Коли людина потрапляє в зону огляду датчика, її присутність фіксується. Принцип роботи модуля HC-SR501 полягає в реєстрації інфрачервоного випромінювання рухомих об'єктів [22]. Чутливим елементом є піроелектричний датчик 500BP, який складається з двох елементів. Чутливий елемент закритий білим куполом, або лінзою Френеля. Особливістю лінзи Френеля є те, що інфрачервоне випромінювання від рухомого об'єкта спочатку потрапляє на один елемент датчика 500BP, потім на інший. Електроніка модуля HC-SR501 записує змінні входні сигнали від двох елементів конфігурації 500BP, і коли рух фіксується, вихідна схема модуля формує логічний сигнал.

Датчик руху HC-SR501 (рис. 2.2) використовується в системах безпеки для включення вентиляції і дозволяє контролювати освітлення в приміщеннях без вікон. Разом з фотореле вони використовуються для управління садовим і вуличним освітленням. Використання камери або датчика відеокамери може дати цікаві результати.



Рисунок 2.2 – Датчик руху HC-SR501 [22]

PIR sensor перекладається з англійської як pyroelectric (passive) infrared sensor – піроелектричний (пасивний) інфрачервоний датчик. Перемички визначають функціональність модуля. Існує два режими: режим Н і режим L.

Mode Н – у цьому режимі високий логічний рівень залишається на виході (OUT), коли датчик активується кілька разів поспіль.

Режим L – у цьому режимі на виході з’являється ще один імпульс кожного разу, коли спрацьовує датчик.

Після включення живлення пристрій готовий до використання протягом хвилини. Протягом цього часу буде виконано автоматичне калібрування. При виборі місця установки необхідно уникати суміщення датчика з відкритим

джерелом світла. Датчик руху HC-SR501 необхідно встановити так, щоб рух рухомого об'єкта відбувалося по площині плати модуля.

Характеристики модуля HC-SR501 (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Характеристики модуля HC-SR501

Напруга живлення	DC 4.5-20V
Струм на OUT	<60uA
Напруга на виході	Високі та низькі рівні у 3.3V TTL логіці
Дистанція виявлення	3 - 7м (налаштовується), за замовчуванням 7 м
Кут виявлення	до 110 °, на відстані 7 м 120 °
Тривалість імпульсу при виявленні	5 - 200сек. (налаштовується)
Час блокування до наступного вимірювання	2.5сек. (але можна змінити заміною SMD-резисторів)
Робоча температура	-20 +80 ° C
Режим роботи	L - одиночний захоплення, H - повторювані виміри
Розміри	3.2см x 2.4см x 2.8см
Напруга живлення	DC 4.5-20V

Джерело [22]

Не розміщуйте датчик PIR у місці з різкими змінами температури. У результаті датчики не можуть виявити появу людей у контрольованій зоні, що призводить до частих помилкових тривог. Підключати модуль до мікроконтролера (або іншої мікросхеми) рекомендується (але не обов'язково) через транзистор і підтягуючий резистор 10кОм.

2.3 Вибір камери

Як зазначалося в раніше мікроконтролер ESP32 CAM підтримує дві моделі камер: OV2640 і OV7670.

Тому нам необхідно порівняти обидва варіанти і вирішити, яка модель камери найкраще підходить для реалізації функцій, необхідних для поставленого завдання.

Почнемо з аналізу моделі OV7670 (рис. 2.3), а точніше її технічних характеристик [23]:

- максимальна роздільна здатність камери OV7670 становить 640 x 480 пікселів (VGA);
- модель OV7670 підтримує різноманітні вихідні формати, включаючи YUV/YCbCr 4: 2: 2, RGB565/555 і 8-бітні стислі формати;
- камери мають широкий динамічний діапазон і можуть захоплювати деталі як у світлих, так і в темних областях зображення;
- камера може знімати зображення з різною частотою кадрів, включаючи 30 кадрів/с (кадрів за секунду) для роздільної здатності VGA та до 60 кадрів/с для нижчої роздільної здатності;
- камера підтримує інтерфейси паралельного зв'язку, такі як SCCB (послідовна шина керування камерою) та I2C (інтегральна схема) для передачі даних і керування камерою.
- камера має можливість регулювати такі параметри зображення, як експозиція, контраст, насиченість і баланс білого;
- камера працює від напруги джерела живлення від 2,7 В до 3,3 В;
- Фізичні розміри камери OV7670 складають приблизно 32 x 32 мм.

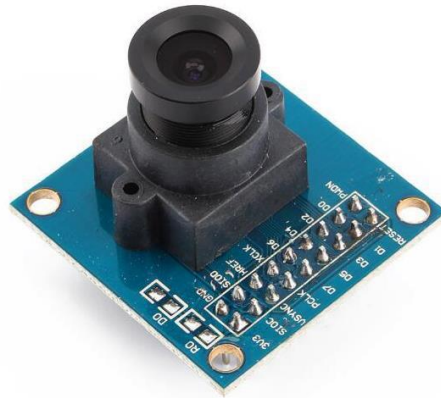


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд камери OV7670 [23]

Для повного порівняння також необхідно зрозуміти технічні характеристики моделі OV2640 (рис. 2.4):

- Матриця зображення: 1/4 дюйма CMOS;
- роздільна здатність: 2 мегапікселі (1600 × 1200 пікселів);
- розмір пікселя: приблизно 2,2 мкм;
- залежно від конфігурації та інтерфейсу частота кадрів може досягати 60 кадрів за секунду (FPS) при роздільній здатності 320x240 пікселів;
- підтримка форматів зображень JPEG і YUV;
- підтримує різні режими роботи, включаючи запис відео, захоплення зображення, режим попереднього перегляду тощо;
- підтримка паралельних, послідовних і двонаправлених інтерфейсів зв'язку, таких як SCCB, SPI і DVP;
- камера дозволяє керувати різними параметрами зображення, такими як експозиція, баланс білого, розмір зображення, насиченість і контраст;
- підтримка апаратного стиснення зображень у форматі JPEG;
- вбудований автоматичний баланс білого, автоматична експозиція та алгоритми автофокусування для покращення якості зображення.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд камери OV2640 [24]

Згідно з цією інформацією, важливо відзначити, що кожна з цих камер має свої сильні та слабкі сторони в порівнянні одна з одною, щоб краще зрозуміти, яка камера найкраще підходить для завдання, яке вам потрібно. Почнемо з переваг моделі OV7670: сама камера зазвичай є дешевим варіантом і часто використовується в проектах з обмеженим бюджетом через її низьку ціну, тому цю камеру можна легко знайти в багатьох магазинах електроніки продано в Набагато менші фізичні розміри камери полегшують її інтеграцію в різні пристрої та системи.

Але недоліком є її технічні характеристики. Іншими словами: максимальна роздільна здатність камери OV7670 дуже низька і може бути недостатньою для деяких програм або вимог до якості отриманого зображення.

Набір функцій цієї моделі дуже обмежений, що значно обмежує можливості використання цієї камери. Варіанти налаштування камери та параметрів її зображення також дуже обмежені і можуть не відповідати необхідним параметрам вашого проекту. Зауважте, що на відміну від функціональності камери OV7670, камера OV2640 має прямо протилежні функції: Максимальна роздільна здатність 2-мегапіксельної камери дозволяє отримувати зображення набагато вищої якості та більше деталей, ніж традиційні камери.

Набір функцій камери також набагато багатший, ніж інші моделі, включаючи автоматичний баланс білого, автоматичну експозицію та підтримку

різних режимів фокусування, що робить цю модель гнучкою для різних застосувань і потреб.

Однак, перш ніж вирішите використовувати цю модель, майте на увазі, що вона дорожча, ніж OV7670. Це необхідно враховувати при активному виробництві систем з камерами OV2640 в якості компонентів. Крім того, його дуже великі розміри ускладнюють інтеграцію в деякі пристрої, і він може бути непридатним для використання там, де обмежений простір.

Після аналізу характеристик наведених вище моделей для кращого виконання завдання з обох моделей камер було обрано варіант камери OV2640.

Незважаючи на те, що цей вибір значно знижує доступність цього алгоритму та може ускладнити його реалізацію через великий розмір камери, ця модель має набагато кращу функціональність, тому ми реалізуємо функції, які дозволяють не лише покращити відеоспостереження, а й покращити якість нашої роботи та доповнити існуючий функціонал потрібного алгоритму новими функціями.

2.4 Програмне забезпечення

Програмне забезпечення Arduino з відкритим кодом (IDE) (рис. 2.5) дозволяє легко писати та завантажувати код на плату [18]. Програми IDE підходять для різних операційних систем, таких як Windows, Mac OS X і Linux. Підтримує мови програмування C і C++. Програми, створені за допомогою програмного забезпечення Arduino (IDE), називаються скетчами.

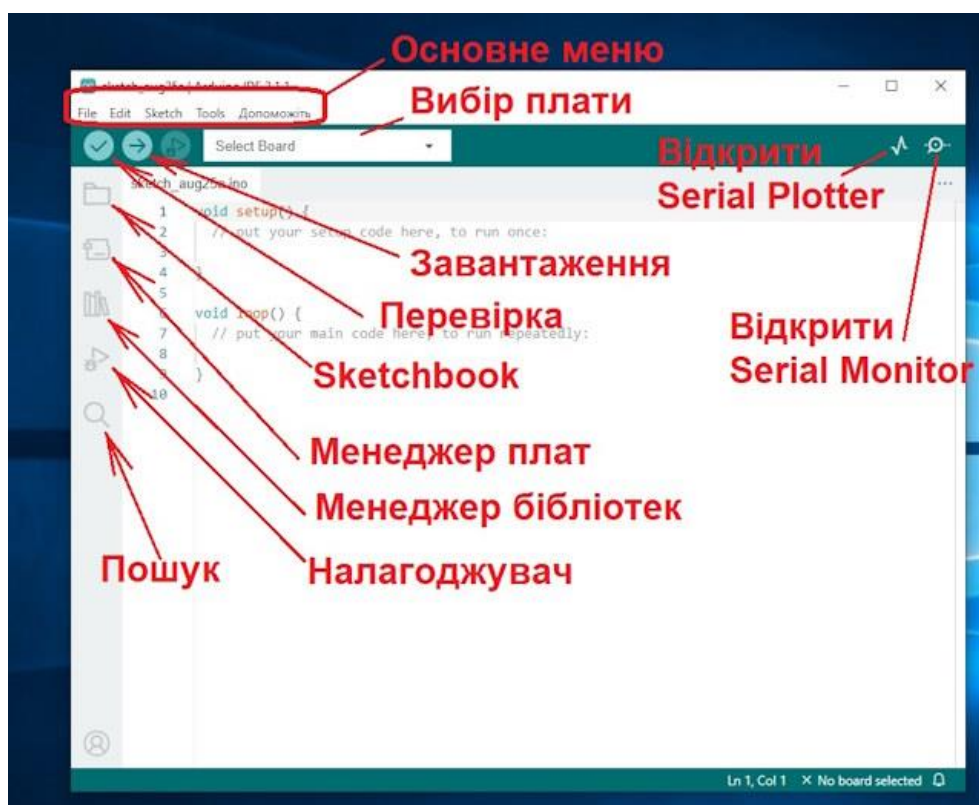


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд Arduino IDE [18]

Програми, написані за допомогою програмного забезпечення Arduino (IDE), називаються скетчами. Ці мініатюри зберігаються в текстовому редакторі та з розширенням `.ino`. Редактор має функції для вирізання/вставки та пошуку/заміни тексту. Область повідомлень забезпечує зворотний зв'язок під час збереження та експорту, а також відображає помилки. Консоль відображає текст, який відображається програмним забезпеченням Arduino (IDE), включаючи повні повідомлення про помилки та іншу інформацію. Налаштована плата та послідовний порт відображаються в нижньому правому куті вікна. Кнопки панелі інструментів дозволяють перевіряти та завантажувати програми, створювати, відкривати та зберігати скетчи, а також відкривати послідовний монітор.

Бібліотеки надають додаткову функціональність для використання в ескізах, наприклад, робота з обладнанням або маніпулювання даними. Щоб використовувати бібліотеку в ескізі, треба обрати її в меню Скетч → Імпорт бібліотеки. Це вставить один або кілька операторів `#include` у верхній частині

ескізу та компілює бібліотеку із скетчем. Оскільки бібліотеки завантажуються на мікроконтролер разом із скетчем, вони збільшують обсяг місця, який він займає. Якщо скетчу більше не потрібна бібліотека, є можливість видалити його оператори `#include` у верхній частині коду.

У довідці є список бібліотек . Деякі бібліотеки входять до програмного забезпечення Arduino. Інші можна завантажити з різних джерел або за допомогою Менеджера бібліотеки. Починаючи з версії 1.0.5 IDE, з'явилася можливість імпортувати бібліотеку з zip-файлу та використовувати її у відкритому скетчі.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Організація під'єднання елементів системи до ESP32-CAM

Для програмування плати ESP32-CAM за допомогою Arduino IDE необхідно попередньо встановити саму Arduino IDE та додати до неї пакет підтримки плат ESP32. Оскільки плата ESP32-CAM не має вбудованого USB-інтерфейсу для живлення та передачі даних, її підключення до комп'ютера здійснюється через послідовний перетворювач – наприклад, FTDI або USB-to-TTL адаптер.

CP2102 є таким USB-UART перетворювачем (USB to UART Bridge), який дозволяє здійснювати обмін даними між комп'ютером і пристроями з TTL-логікою. Його можна використовувати не лише для прошивки та налагодження Arduino-сумісних контролерів, а й для отримання інформації з будь-яких пристроїв, що мають послідовний інтерфейс. Крім того, CP2102 часто застосовується для налагодження одноплатних комп'ютерів, які не мають відеовиходу, таких як NanoPi NEO, Orange Pi Zero чи Orange Pi R1. У системі Windows цей модуль створює віртуальний COM-порт (VCP), який розпізнається як звичайний COM-порт. (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – CP2102 USB TO TTL

З одного боку модуля розташовано USB-роз'єм, а з іншого – 6 контактів (pin-висновків): +3.3V, GND, +5V, TXD (TX), RXD (RX) та DTR. На друкованій платі також передбачено додаткові монтажні отвори з функціями DCD, D3R, RTS, CTS, SUS, R1 та RST. Крім цього, плата оснащена трьома світлодіодами: червоним POWER для індикації живлення та двома індикаторами RX і TX, які блимають під час передавання й приймання даних.

Далі здійснюється підключення самої плати ESP32-CAM. Контакти GPIO 1 (TX) та GPIO 3 (RX) виконують функції послідовного інтерфейсу UART. Оскільки плата не має вбудованого програматора, саме через ці контакти здійснюється обмін даними з зовнішнім USB-TTL адаптером під час завантаження прошивки. У подальшому ці ж контакти можна використовувати для підключення інших периферійних пристроїв, однак у разі їх зайнятості відкриття послідовного монітора (Serial Monitor) буде неможливим.

Живлення плати може здійснюватися від будь-якого джерела постійного струму – батареї, блоку живлення або USB-порту комп'ютера. У цій конфігурації подача живлення відбувається через порт USB за допомогою адаптера USB-to-TTL, який одночасно виконує роль програматора та джерела живлення. (рис. 3.2, 3.3).

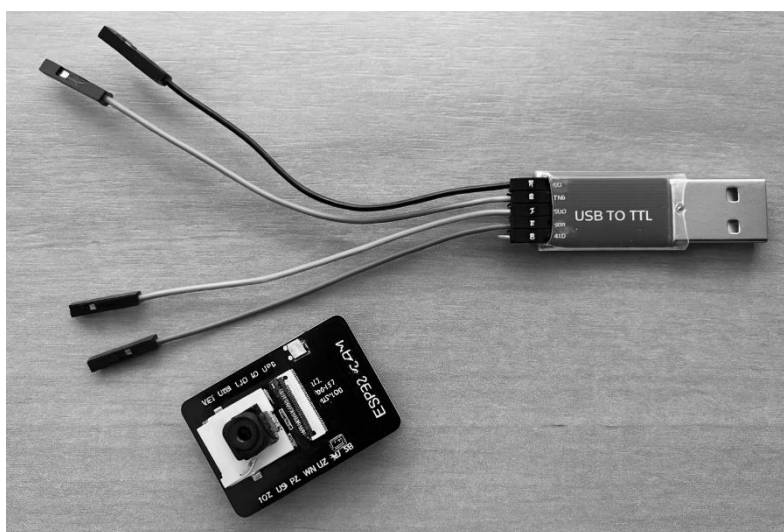


Рисунок 3.2 – Живлення, що подається від програматора CP2102

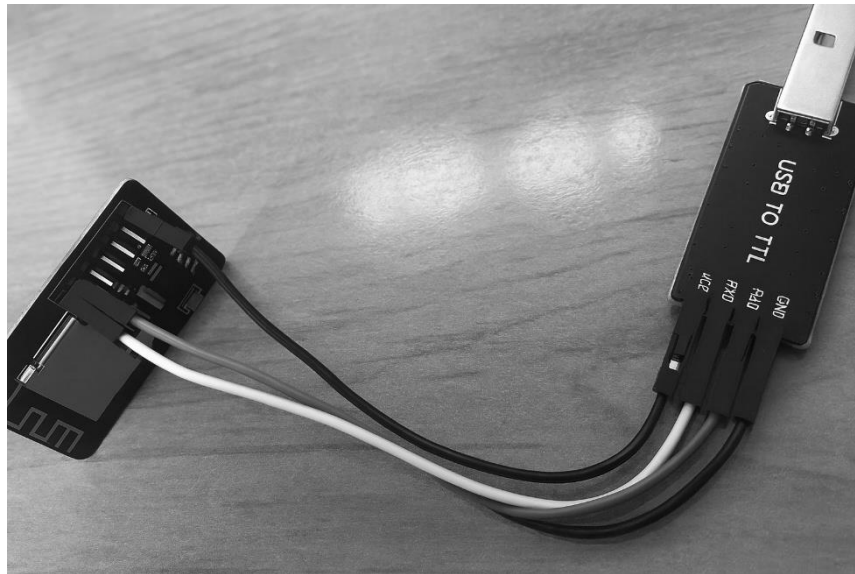


Рисунок 3.3 – Підключення до плати

Під'єднання плати ESP32-CAM до комп'ютера здійснюється за допомогою програматора CP2101 відповідно до наведеної принципової схеми підключення. (рис.3.4).

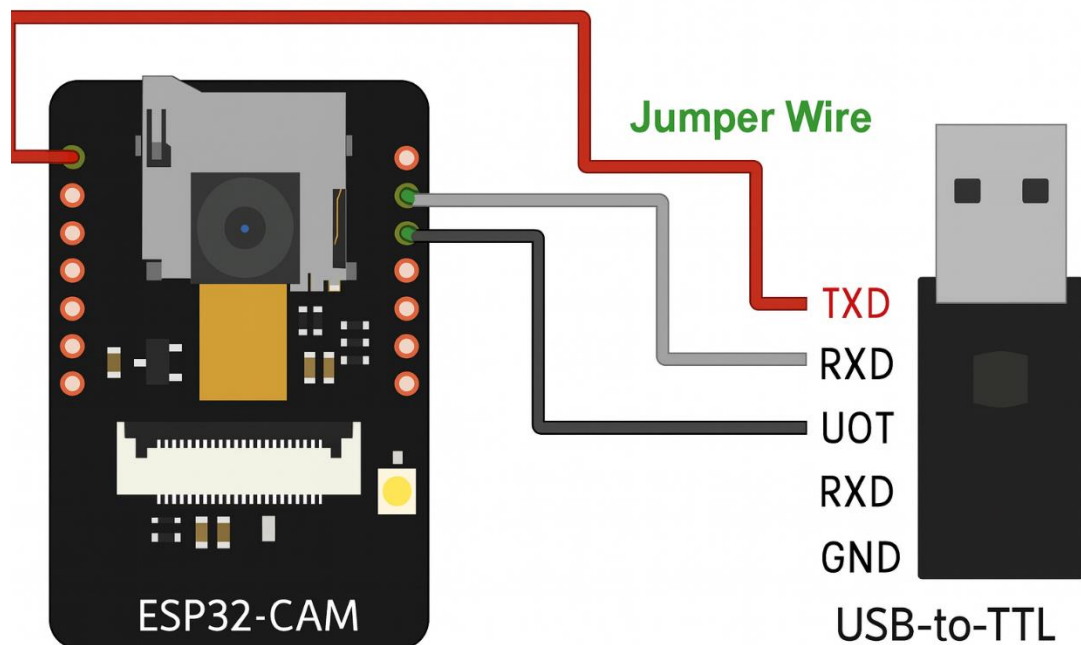


Рисунок 3.4 – Схема підключення модуля ESP32-CAM до програматора

Під'єднання пінів програматора і плати (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – З'єднання пінів

ESP32-CAM	ESP32-CAM
FTDI Programmer	FTDI Programmer
GND	GND
GND	GND
5V	5V
VCC (5V)	VCC (5V)

Важливо зазначити, що для завантаження прошивки на плату ESP32-CAM контакт GPIO 0 необхідно під'єднати до GND, оскільки це переводить модуль у режим програмування. Нижче подано функціональну схему з'єднання програматора з модулем ESP32-CAM, яка демонструє основні лінії живлення та передавання даних між пристроями. (рис. 3.5).

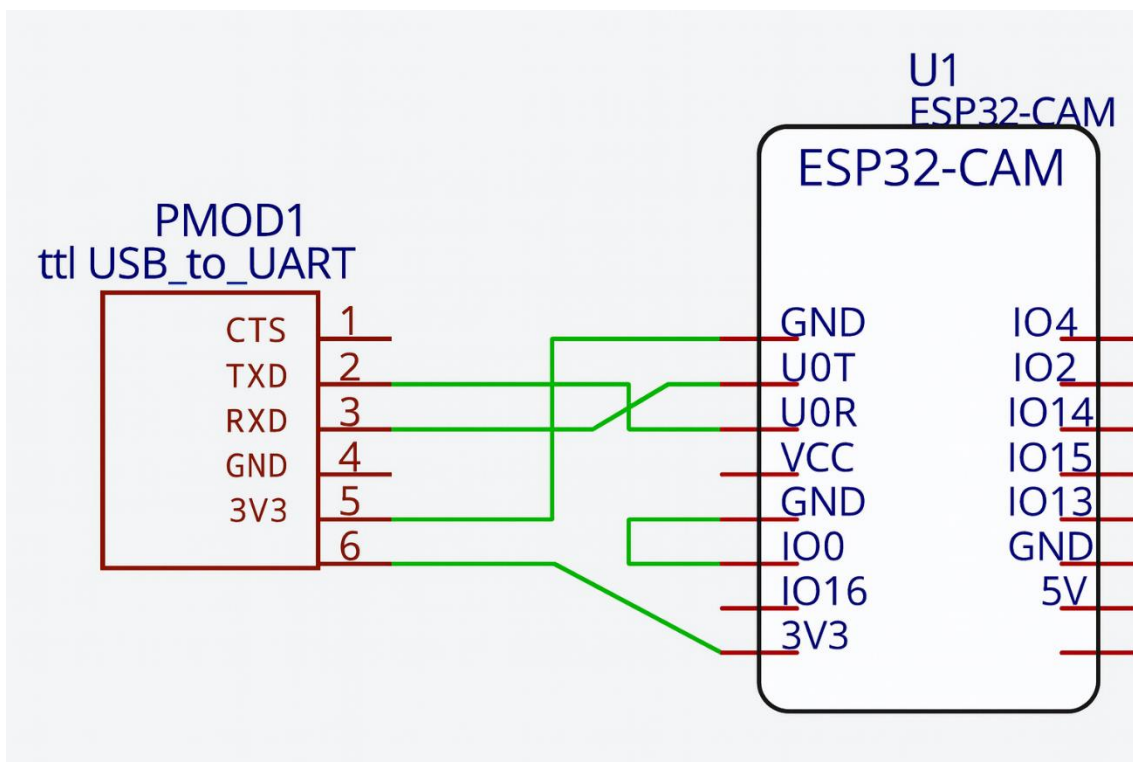


Рисунок 3.5 – Функціональна схема підключення модуля ESP32-CAM

3.2 Під'єднання сенсора руху HC-SR501 до плати ESP32-CAM

На наступному етапі слід під'єднати інфрачервоний датчик руху (PIR HC-SR501) до плати ESP32-CAM. Для базового підключення необхідно забезпечити живлення датчика від контакту 5V, під'єднати GND до спільної “землі”, а вихідний контакт даних з'єднати з GPIO 15 плати ESP32-CAM. (рис. 3.7).

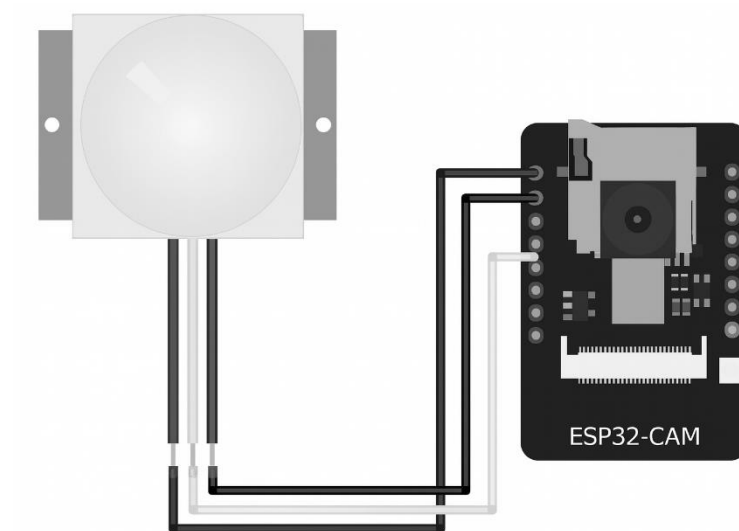


Рисунок 3.7 – Схема підключення датчику PIR до ESP32-CAM

У підсумку було розроблено схему апаратно-програмного модуля системи оповіщення, побудовану на основі плати ESP32-CAM, датчика руху HC-SR501 та інтеграції з Telegram Bot API для передачі повідомлень користувачу.

Принципову схему створено в середовищі Fritzing, що дозволило наочно відобразити всі необхідні з'єднання між апаратними компонентами системи. На рисунку 3.8 представлено принципову схему апаратно-програмного модуля системи оповіщення, яка демонструє взаємодію між сенсором руху, мікроконтролером та засобами мережевої комунікації.

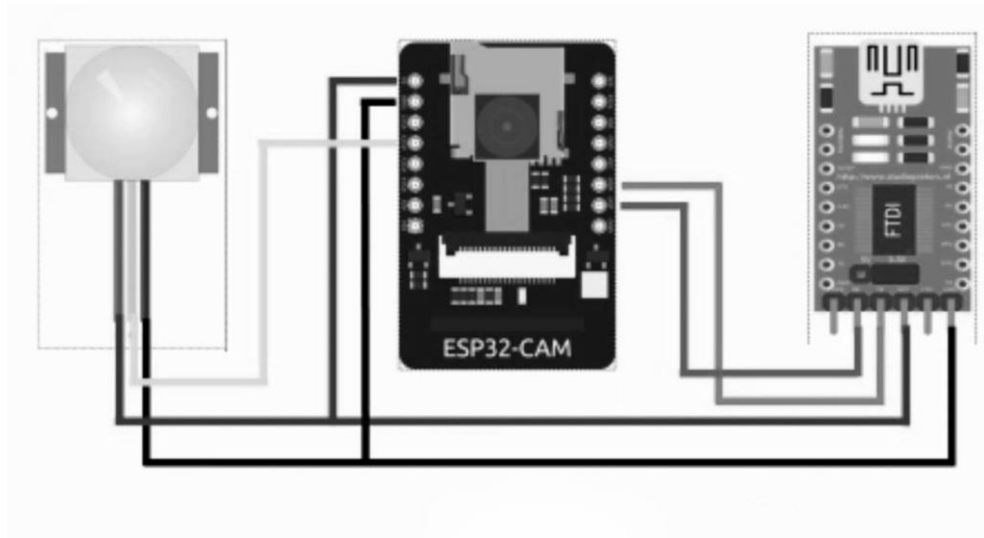


Рисунок 3.8 – Принципова схема пристрою

3.3 Налаштування вебсервера та підключення бібліотек для ESP32-CAM

Для розгортання веб-сервера на модулі ESP32-CAM використовується середовище Arduino IDE із додатковими бібліотеками, що забезпечують роботу з камерою, мережею Wi-Fi та сервером.

На першому етапі налаштування вебсервера для модуля ESP32-CAM необхідно забезпечити підтримку даної плати у середовищі Arduino IDE. Для цього у головному меню середовища розробки обирають пункт File – Preferences, після чого у полі Additional Boards Manager URLs (рис. 3.9) вказується посилання на офіційне сховище пакетів від компанії Espressif System.

Додавання цього посилання дозволяє системі отримати доступ до репозиторію, що містить усі необхідні конфігураційні файли та бібліотеки для роботи з платформами на базі мікроконтролера ESP32. Після внесення змін необхідно підтвердити налаштування та відкрити менеджер плат через меню Tools – Board – Boards Manager..., у якому здійснюється пошук пакета ESP32 by Espressif Systems. Після його виявлення розпочинається процес інсталяції, який забезпечує інтеграцію нової плати в Arduino IDE.

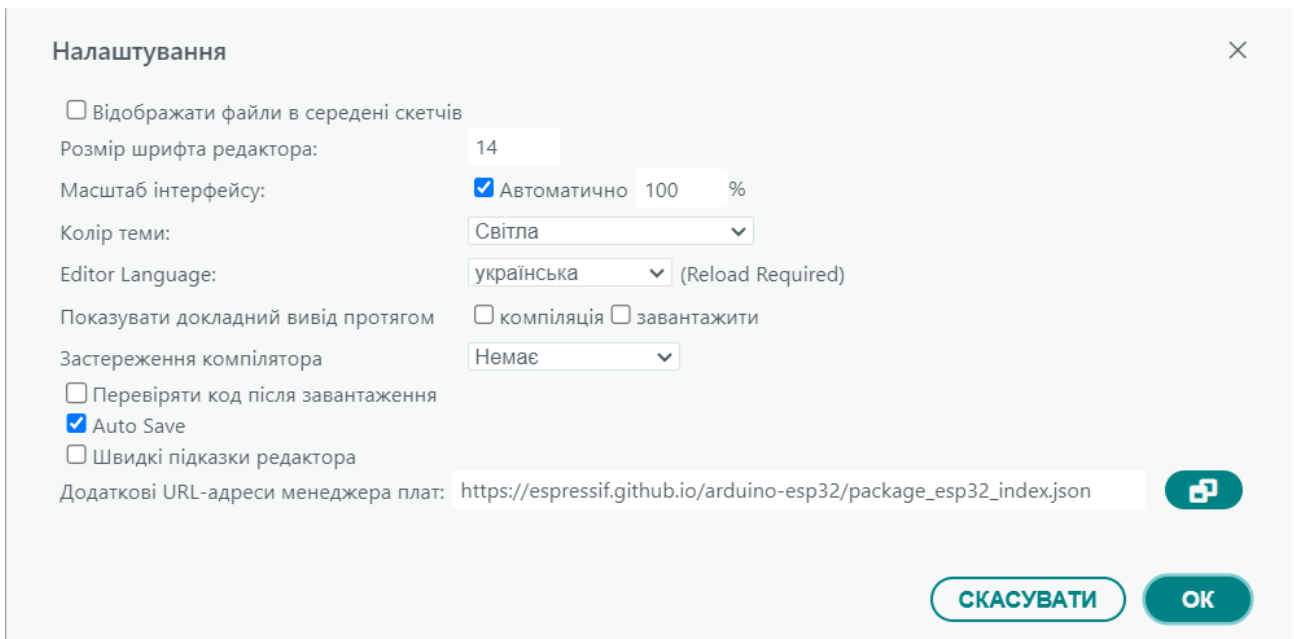


Рисунок 3.9 – Підключення бібліотеки ESP32-CAM з Arduino IDE

У результаті виконаних дій середовище розробки отримує можливість компілювати та завантажувати скетчі безпосередньо на модуль ESP32-CAM, що створює основу для подальшої розробки та тестування вебсерверних застосунків на цій платформі.

На другому етапі виконується вибір плати ESP32-CAM (рис. 3.10) та налаштування її основних параметрів у середовищі Arduino IDE, що забезпечує коректну компіляцію та подальше завантаження прошивки на модуль.

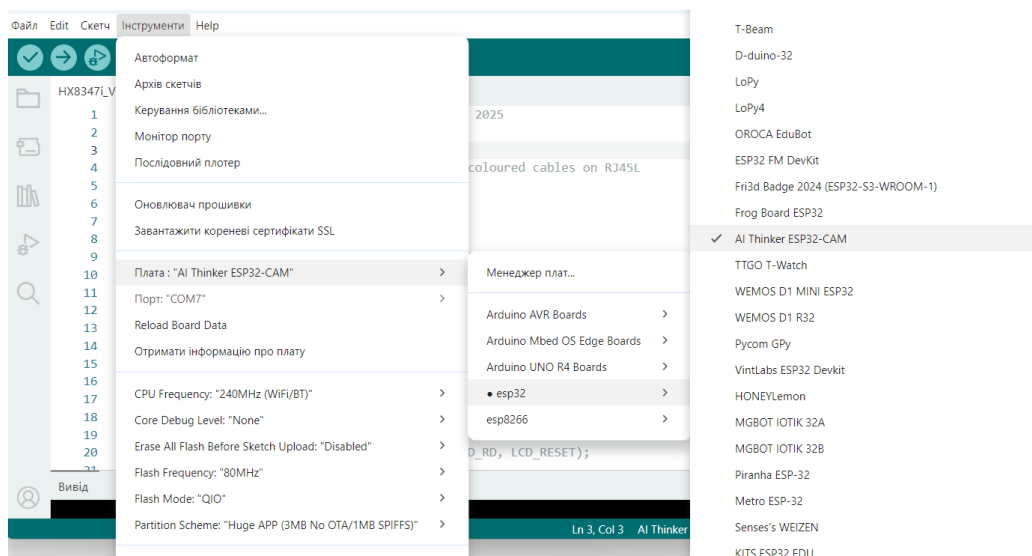


Рисунок 3.10 – Вибір плати ESP32-CAM у середовищі Arduino IDE нарисуй

Після встановлення пакета підтримки плат ESP32 користувач переходить у меню Tools – Board, де із доступного списку обирає варіант AI Thinker ESP32-CAM – саме ця конфігурація відповідає апаратній специфікації плати, обладнаної камерою OV2640.

На цьому етапі також задаються ключові параметри роботи системи, зокрема швидкість передавання даних (Upload Speed) – 115200 бод, яка забезпечує стабільний обмін інформацією під час прошивки. Режим доступу до флеш-пам'яті (Flash Mode) устанавлюється як QIO, що відповідає типовим характеристикам мікроконтролера ESP32. Для забезпечення достатнього обсягу пам'яті під програмний код обирається схема розділення пам'яті (Partition Scheme) типу Huge APP, що дозволяє розміщувати розширені програми, зокрема з використанням функцій обробки зображень.

Перед початком завантаження прошивки необхідно перевести модуль у режим програмування. Це досягається тимчасовим замиканням контактів GPIO0 і GND, після чого натискається кнопка RESET або здійснюється подача живлення. Таке підключення активує режим прийому даних із програматора, що забезпечує успішне завантаження коду на мікроконтролер.

На третьому етапі формується встановлення бібліотек, необхідне для підняття HTTP-сервера на модулі ESP32-CAM у середовищі Arduino IDE. Базова реалізація вебфункцій у стеку ESP32 надається безпосередньо через ядро «ESP32 by Espressif Systems» і містить синхронний серверний інтерфейс WebServer.h, мережевий стек WiFi.h та допоміжні модулі для TCP/IP. Їх встановлення відбувається разом із пакетом плати, тому після інсталяції «ESP32 by Espressif Systems» додаткових дій для мінімального вебсервера не потрібно: достатньо підключити заголовки у скетчі та ініціалізувати обробники маршрутів. Така конфігурація придатна для простих інформаційних сторінок, REST-ендпойнтів низької інтенсивності запитів і демонстраційних застосунків із послідовною, блочною обробкою HTTP-подій у головному циклі.

Для задач, що потребують асинхронної обробки клієнтських з'єднань, підтримки вебсокетів, стримінгу з камери або роздачі статичних ресурсів зі

зменшеними затримками, доцільною є інсталяція бібліотеки ESPAsyncWebServer, яка реалізує неблокувальну модель зворотних викликів поверх подій мережевого стеку. Зазначена бібліотека залежить від AsyncTCP, яка забезпечує асинхронні примітиви TCP для ESP32. Інсталяція здійснюється через вбудований менеджер бібліотек Arduino IDE: після відкриття інтерфейсу пошуку виконується інсталяція ESPAsyncWebServer, після чого IDE автоматично пропонує встановити залежність AsyncTCP. У разі використання локальних архівів обидві бібліотеки розміщують у каталозі користувацьких бібліотек середовища (папка libraries у робочому каталозі Arduino), після чого IDE перезапускають для індексації заголовків і джерельних файлів.

Коректність інсталяції перевіряється тестовою компіляцією проєкту, у якому підключаються відповідні заголовки (`#include <WebServer.h>` для синхронного сервера або `#include <ESPAsyncWebServer.h>` разом із `#include <AsyncTCP.h>` для асинхронного). Під час компіляції лінкер має знайти реалізації символів HTTP-ендпойнтів та мережевих класів без попереджень про відсутність залежностей. Якщо планується розміщення статичних ресурсів (HTML/JS/CSS) у флеш-пам'яті, доцільно активувати файлову систему LittleFS або SPIFFS, що входить до складу пакета плати ESP32; у такому разі забезпечується мапінг HTTP-маршрутів на файлові дескриптори та коректне встановлення MIME-типів відповіді. Для великих застосунків важливо узгодити вибір схеми розділення флеш-пам'яті (наприклад, «Huge APP») із потребами у файловому розділі, оскільки обсяг доступної пам'яті безпосередньо впливає на можливість додавання сторінок інтерфейсу, шрифтів та скриптів.

З огляду на апаратні обмеження ESP32-CAM, інсталяція асинхронної зв'язки дозволяє мінімізувати затримки обробки запитів і знизити ризик пропусків кадрів під час роботи драйвера камери esp32-camera. У науково-практичному аспекті це пов'язано з розділенням потоків виконання: мережеві події обслуговуються колбек-механізмом без блокування головного циклу, тоді як задачі збору зображення та кодування кадрів виконуються паралельно в межах RTOS-розкладувача. Вибір між синхронною (WebServer) і асинхронною

(ESPAsyncWebServer) реалізаціями визначається профілем навантаження: для низької інтенсивності HTTP-звернень та простих REST-операцій синхронний сервер забезпечує достатню передбачуваність і мінімальний обсяг коду, тоді як для потокового відео, одночасних клієнтів або інтерактивних панелей керування доцільною є асинхронна модель через її кращу масштабовність і вищу пропускну здатність.

Після успішної інсталяції бібліотек та перевірки складання доцільно зафіксувати конфігурацію середовища (версію пакета плати, ревізії бібліотек і параметри компілятора), оскільки стабільність вебсервера та відтворюваність експериментів у подальших розділах напряму залежать від консистентності інструментарію. У підсумку третій крок забезпечує повноцінне програмне підґрунтя для реалізації HTTP-інтерфейсу ESP32-CAM і створює умови для подальшої інтеграції функцій потокової трансляції, керування периферією та взаємодії з клієнтом через вебзастосунок.

3.4 Експериментальна перевірка роботи системи

На даному етапі виконаємо підняття HTTP-сервера на модулі ESP32-CAM із використанням синхронної бібліотеки WebServer.h. Методологічно цей приклад показує повний життєвий цикл вебсервера: ініціалізацію мережевого інтерфейсу, реєстрацію маршрутів, запуск прослуховування порту 80/TCP та обслуговування запитів у головному циклі програми. Мережеве підключення встановлюється у режимі клієнта Wi-Fi (STA), після чого модуль отримує IP-адресу від DHCP-сервера точки доступу. Далі створюється екземпляр WebServer, функції-обробники маркуються як колбеки для конкретних HTTP-шляхів, а головний цикл loop() періодично викликає server.handleClient(), що забезпечує покрокову обробку запитів без окремого мережевого потоку (рис. 3. 11).

```

#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

constexpr char SSID[] = "YourWiFi";
constexpr char PASS[] = "YourPass";

// Синхронний HTTP-сервер на порту 80
WebServer server(80);

// Обробник кореневого маршруту: повертає просту HTML-сторінку
void handleRoot() {
    const char html[] =
        "<!doctype html><html><head><meta charset='utf-8'>"
        "<title>ESP32-CAM</title></head>"
        "<body><h2>ESP32-CAM: вебсервер активний</h2></body></html>";
    server.send(200, "text/html; charset=utf-8", html);
}

// Обробник для запитів на невідомі ресурси
void handleNotFound() {
    String msg = "Resource not found: " + server.uri() + "\n";
    server.send(404, "text/plain; charset=utf-8", msg);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.begin(SSID, PASS);

    // Очікування асоціації з точкою доступу та отримання адреси від DHCP
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(300);
        Serial.print('.');
    }
    Serial.print("\nConnected. IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP()); // Адреса для доступу з браузера

    // Маршрути HTTP
    server.on("/", HTTP_GET, handleRoot);
    server.onNotFound(handleNotFound);

    // Запуск прослуховування сокетів (80/TCP)
    server.begin();
    Serial.println("HTTP server started");
}

void loop() {
    // Кооперативна (синхронна) обробка HTTP-запитів
    server.handleClient();
}

```

Рисунок 3.11 – Програмний код запуску простого вебсервера на модулі ESP32-CAM

На завершальному етапі реалізації проводиться тестування працездатності вебсервера, розгорнутого на модулі ESP32-CAM, з метою перевірки коректності

взаємодії апаратної та програмної частин системи. Після успішного завантаження прошивки необхідно розімкнути контакти GPIO0 і GND, які використовувались для переходу модуля у режим програмування, та натиснути кнопку RESET або здійснити короткочасне відключення й повторне підключення живлення. Це переведе пристрій у штатний режим виконання користувацької програми.

Під час ініціалізації відбувається встановлення з'єднання з точкою доступу Wi-Fi, параметри якої (SSID і пароль) попередньо задані у програмному коді. У процесі підключення модуль отримує динамічну IP-адресу від DHCP-сервера маршрутизатора. Дана адреса автоматично виводиться у монітор послідовного порту середовища Arduino IDE, що підтверджує успішну асоціацію пристрою в бездротовій мережі. З науково-технічної точки зору це свідчить про завершення мережевої ініціалізації стеку TCP/IP та готовність пристрою до обслуговування HTTP-запитів.

Отриману IP-адресу можна використати для тестування роботи вебсервера. Для цього у веббраузері вводиться адреса у форматі `http://<IP_ESP32-CAM>`, після чого браузер ініціює TCP-з'єднання через порт 80, а мікроконтролер повертає HTTP-відповідь, сформовану у функції `handleRoot()`. На сторінці користувач бачить підтвердження активності вебсервера («ESP32-CAM: вебсервер активний»), що свідчить про правильність оброблення запитів, відповідність структури HTML-виходу стандартам протоколу HTTP/1.1 та відсутність збоїв у передачі даних.

Такий тест має не лише демонстраційний, а й діагностичний характер: він дозволяє перевірити працездатність модуля Wi-Fi, наявність стабільного живлення (5 В при споживанні до 300 мА у пікових режимах) та коректність конфігурації параметрів з'єднання. Відображення IP-адреси у моніторі порту є ключовим індикатором готовності системи до подальшого розгортання повнофункціональних вебсервісів, інтеграції із серверами обробки даних або сервісами IoT.

Після натискання кнопки RESET на модулі ESP32-CAM у моніторі послідовного порту відобразиться IP-адреса пристрою та номер порту вебсервера, за якими можна отримати доступ до системи (рис. 3.12).

```

st:0xc (SW_CPU_RESET), boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
onfigsip: 0, SPIWP:0xe
lk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00
ode:DIO, clock div:1
oad:0x3fff0018,len:4
oad:0x3fff001c,len:1216
o 0 tail 12 room 4
oad:0x40078000,len:9720
oad:0x40080400,len:6352
ntry 0x400806b

WiFi connected
Starting web server on port: '80'
Starting stream server on port: '81'
Camera Ready! Use 'http://192.168.43.226' to connect

```

Рисунок 3.12 – Вивід IP-адреси та параметрів вебсервера ESP32-CAM у моніторі порту Arduino IDE

Для перегляду відеопотоку з камери OV2640 необхідно скопіювати IP-адресу модуля ESP32-CAM у рядок адреси веббраузера. Після переходу за цією адресою відкриється інтерфейс трансляції, вигляд якого наведено на рисунку 3.13.

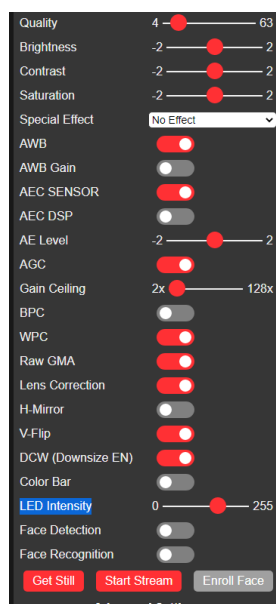


Рисунок 3.13– Інтерфейс керування параметрами камери OV2640 у вебдодатку ESP32-CAM

Щоб розпочати потокову передачу відео, необхідно натиснути кнопку «Start Stream» у вебінтерфейсі керування камерою. Для реалізації функції розпізнавання обличчя за допомогою модуля ESP32-CAM попередньо потрібно зареєструвати зразок обличчя в базі даних зображень пристрою. Один із можливих способів виконання такої процедури наведено на рисунку 3.14



Рисунок 3.14 – Налаштування інтерфейсу розпізнавання та реєстрації обличчя в системі ESP32-CAM

У параметрах системи активуються функції виявлення обличчя (Face Detection) та розпізнавання обличчя (Face Recognition). Для їх активації необхідно натиснути кнопку «Enroll Face», що ініціює процес реєстрації обличчя у вбудованій базі даних. Щоб сформувати якісний профіль, процедуру рекомендується повторити кілька разів, змінюючи положення голови для охоплення різних ракурсів.

Після успішного збереження зразка система автоматично ідентифікує його як «Subject 0», де числовий індекс позначає порядковий номер зареєстрованого об'єкта. У разі використання серверного підключення можливе завантаження зображень із власними іменами користувачів, які надалі відображатимуться під час розпізнавання в інтерфейсі системи відеоспостереження.

ВИСНОВКИ

У межах цієї кваліфікаційної роботи було здійснено дослідження та аналітичний огляд сучасних систем відеоспостереження із застосуванням мікроконтролера ESP32-CAM. У процесі дослідження проведено аналіз наукових і технічних джерел, розглянуто принципи побудови систем відеоспостереження, їхню класифікацію та особливості інтеграції мікроконтролерів у такі системи.

Особливу увагу приділено технічним характеристикам мікроконтролера ESP32-CAM і його складовим елементам. У ході порівняльного аналізу було розглянуто можливість використання альтернативного сенсора OV7670, однак визначено, що базова камера OV2640 є оптимальним вибором для реалізації поставленого завдання, забезпечуючи вищу якість зображення та стабільність роботи.

Для більш глибокого розуміння функціональних можливостей обраного мікроконтролера проведено порівняння ESP32-CAM з іншими мікроконтролерами, визначено його переваги, обмеження та особливості як складової апаратно-програмних комплексів відеоспостереження.

У третьому розділі роботи реалізовано практичну частину — розробку, програмування та тестування апаратно-програмного засобу. Створено алгоритм роботи системи, визначено необхідні компоненти для її функціонування та експериментальної перевірки. Особливу увагу приділено можливостям подальшої оптимізації алгоритму і підвищення ефективності системи.

Основною метою дослідження було створення інтелектуальної системи відеоспостереження з функцією оповіщення на основі ESP32-CAM. Отримані результати підтвердили, що даний мікроконтролер є високопродуктивним, енергоефективним та доцільним для використання в сучасних системах відеоспостереження.

У результаті виконання роботи було розроблено функціональний апаратно-програмний комплекс, який може застосовуватися як у побутових, так і в промислових системах моніторингу, забезпечуючи надійну передачу відеоінформації та можливість масштабування для розширення функціональності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Системи безпеки. URL: <http://bk.com.ua/index.php?page=14&cid=121>.
(дата звернення: 20.02.2024).
2. Розумний будинок. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D1%96%D0%BC
(дата звернення: 20.02.2024).
3. Про охоронні системи Ajax і не тільки: види, особливості та переваги. URL: https://luxpro.ua/ua/articles/326-pro_ohoronni_sistemi_ajax_i_ne_tilki_vidi_osoblivosti_ta_perevagi
(дата звернення: 25.02.2024).
4. Види датчиків руху. URL: <https://oxorona.com/motion-sensor-types/> (дата звернення: 28.02.2024).
5. Все про сучасні системи сигналізації: види, принцип роботи. URL: <https://vencon.ua/ua/articles/vse-o-sovremennyh-sistemah-signalizacii-vidy-princip-raboty> (дата звернення: 28.02.2024).
6. Системи відеоспостереження та їх використання. URL: <https://valtek.com.ua/ua/system-integration/security-control-system/video-surveillance/video-surveillance-employment>. (дата звернення: 01.03.2024).
7. Історія відеоспостереження. URL: <https://zhuk.ua/istoriyi-ta-fakty/istoriia-videosposterezhennia>. (дата звернення: 01.03.2024).
8. З чого складається система відеоспостереження?. URL: <https://ott.net.ua/ua/z-choho-skladayetsya-systema-videosposterezhennya>. (дата звернення: 01.03.2024).
9. Що входить до комплекту відеоспостереження?. URL: www.volynnews.com/news/all/shcho-vkhodyt-do-komplektu-videosposterezhennia.
(дата звернення: 01.03.2024).

10. Відеоспостереження: типи систем і застосування. URL: <https://vv24.in.ua/videosposterezhennya-typu-system.php?lang=1>. (дата звернення: 01.03.2024).
11. Цифрові IP камери відеоспостереження або аналогові відеокамери безпеки?. URL: <https://smartel.ua/ua/articles/ip-kamery-videonablyudeniya-analogovye-videokamery-bezopasnosti>. (дата звернення: 01.03.2024).
12. Аналогове чи цифрове відеоспостереження – що вибрати?. URL: <http://www.golos.com.ua/news/177774>. (дата звернення: 01.03.2024).
13. Як працює бездротова камера відеоспостереження?. URL: <https://pravda.if.ua/kak-rabotaet-besprovodnaya-kamera-videonablyudeniya>. (дата звернення: 01.03.2024).
14. Переваги бездротових систем відеоспостереження. URL: <https://odessa-life.od.ua/article/promo/preimushhestva-besprovodnyh-sistem-videonabljudeniya>. (дата звернення: 01.03.2024).
15. Хмарне відеоспостереження. URL: <https://alliancesafety.com.ua/uk/blog-ukr/hmarne-videosposterezhennja>. (дата звернення: 01.03.2024).
16. Internet of Things with ESP8266. URL: <https://www.packtpub.com/product/internet-of-things-with-esp8266/9781786468024>. (дата звернення: 01.04.2024).
17. Electronics Projects with the ESP8266 and ESP32: Building Web Pages, Applications, and WiFi Enabled Devicesю. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-6336-5>. (дата звернення: 01.04.2024).
18. Офіційний сайт Arduino. URL: <https://www.arduino.cc>. (дата звернення: 21.04.2024).
19. ESP32-CAM. URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/esp32-cam-without-camera-modul-bez-kamery_195113.html (дата звернення: 21.04.2024).
20. Sayak Boral. Article: What is ESP32 and Why Is It Best for IoT Projects? URL: <https://www.iottechrends.com/what-is-esp32/>. (дата звернення: 21.04.2024).

21. Getting Started with the Internet of Things: Connecting Sensors And Microcontrollers To The Cloud. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Getting_Started_with_the_Internet_of_Thi.html?id=PXpQvMukmh8C&redir_esc=y. (дата звернення: 21.04.2024).
22. Датчик руху HC-SR501. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-dvizheniya-infrakrasniy-pir-sensor-hc-sr501>. (дата звернення: 28.04.2024).
23. Motion Sensor. URL: <https://www.safewise.com/resources/motion-sensor-guide/> (дата звернення: 29.04.2024).
24. Камера OV2640. URL: https://fpga.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=97 (дата звернення: 10.05.2024).

