

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

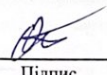
Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з
використанням мікроконтролера ESP32-CAM
Назва теми

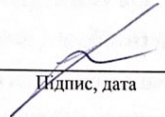
КвРКІ. 200225.20.02.01 ПЗ
Шифр

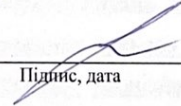
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

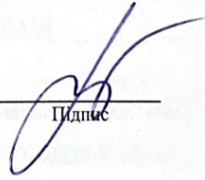
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-20-2  Я.Р. Аліфанов
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  І.О. Засорнова
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  І.О. Засорнова
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем

 Т.О. Говорущенко
Підпис Ініціали, прізвище

« 19 » червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
Освітній рівень БАКАЛАВР
Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ
Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

«10» 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Аліфанову Ярославу Руслановичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Керівник проекту (роботи) Засорнова І.О., доцент кафедри КІС

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

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

Доменна область та методи розпізнавання кольору хімічних індикаторів

Проектування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Реалізація системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

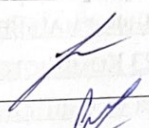



5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Структура системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів

Електрична схема

Монтажна схема

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – Доменна область та методи розпізнавання кольору хімічних індикаторів	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – Проектування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – Реалізація системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів	30.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент


Підпис

Аліфанов Я.Р.
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Засорнова І.О.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

Автор роботи: *Аліфанов Ярослав Русланович.*

Керівник роботи: *Засорнова Ірина Олександрівна.*

Пояснювальна записка: 60 с., 26 рис., 1 табл., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ, OPENCV, ХІМІЧНІ ІНДИКАТОРИ

Мета кваліфікаційної роботи: розробка системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

Об'єктом дослідження є процеси та засоби розпізнавання кольору зображень.

Предметом дослідження є система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

У сучасних хімічних лабораторіях та медичних установах часто виникає потреба у швидкому та точному розпізнаванні кольору хімічних індикаторів. Ця задача має вирішальне значення для багатьох аналітичних методів, де колірні зміни служать ключовими показниками реакцій або властивостей речовин. Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM є перспективним рішенням цієї проблеми. Ця система автоматично робить фотографії хімічних індикаторів, передає зображення на сервер для аналізу та визначення кольору, а також відображає результати на локальному LCD-дисплеї та на персональній робочій станції. Такий підхід забезпечує точність та надійність розпізнавання, мінімізує людський фактор і підвищує ефективність лабораторних процесів.

Підпис студента



Дата 19.06.2024

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	4
ВСТУП.....	5
1 ДОМЕННА ОБЛАСТЬ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ ХІМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ	7
1.1 Хімічні індикатори, короткий огляд та особливості	7
1.2 Домена область застосування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів	10
1.3 Методи розпізнавання зображень для визначення кольору	12
1.4 Апаратні засоби для розпізнавання кольору	17
1.5 Висновки. Постановка задачі	20
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ ХІМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32-CAM	22
2.1 Визначення вимог до системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM	22
2.2 Структура та принцип функціонування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM	23
2.3 Вибір апаратних засобів	26
2.4 Схема електрична принципова	35
2.5 Монтажна схема проектованої системи	38
2.6 Процес розпізнавання кольору за допомогою OpenCV	39
2.7 Оцінка вартості системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.....	42
2.8 Висновки	43

КвРКІ. 200225.20.02.01 ПЗ										
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM			Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав	Перевір.	Н.контр.	Затвер	Говорущенко Т.О.				2	60	ХНУ, КІ2-20-2

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ ХІМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32-CAM.....44

3.1 Підготовка персональної робочої станції..... 44

3.2 Реалізація серверної частини системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів 47

3.3 Реалізація прошивки для ESP32 CAM для системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів..... 51

3.4 Результати роботи запропонованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM 54

3.5 Макет системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM..... 57

3.6 Висновки 58

ВИСНОВКИ 59

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ 61

ДОДАТОК А Копія креслення «Структура системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів» 63

ДОДАТОК Б Копія креслення «Електрична схема»..... 64

ДОДАТОК В Копія креслення «Монтажна схема»..... 65

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДЖ – Джерело живлення

ІТ – Інформаційна технологія

КС – Комп'ютерна система

КФС – Кіберфізична система

ПЗ – Програмне забезпечення

РЗ – Розпізнавання зображення

API – Application Program Interface

GPIO – General Purpose Inpu Output

HTTP – HyperText Transfer Protocol

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних хімічних лабораторіях та медичних установах часто виникає потреба у швидкому та точному розпізнаванні кольору хімічних індикаторів. Ця задача має вирішальне значення для багатьох аналітичних методів, де колірні зміни служать ключовими показниками реакцій або властивостей речовин. Наприклад, у медичній діагностиці колірні індикатори використовуються для аналізу зразків крові, сечі та інших біологічних рідин, допомагаючи лікарям швидко оцінити стан пацієнта. У хімічних лабораторіях колірні зміни можуть вказувати на завершення хімічних реакцій, присутність певних елементів або сполук у зразках, а також на відповідність продуктів певним стандартам якості.

Традиційні методи визначення кольору за допомогою людського ока можуть бути суб'єктивними та схильними до помилок. Різні люди можуть по-різному сприймати кольори, що може призводити до різних інтерпретацій одного й того ж результату. Фактори, як-от умови освітлення, колірна сліпота, втома спостерігача або навіть просто різні індивідуальні особливості зору, можуть суттєво впливати на точність визначення кольору. Крім того, суб'єктивність людського сприйняття робить результати таких вимірювань менш надійними та відтворюваними.

Це створює значні ризики, особливо у випадках, коли від точності результатів залежить прийняття важливих рішень. Наприклад, у медичній діагностиці помилкове визначення кольору може призвести до неправильного діагнозу або лікування, що може мати серйозні наслідки для здоров'я пацієнта. У виробничих процесах неправильне визначення кольору може призвести до невідповідності продуктів стандартам якості, що в свою чергу може вплинути на репутацію компанії та її фінансові показники.

З огляду на ці обмеження, виникає необхідність у впровадженні автоматизованих систем, які можуть забезпечити більш об'єктивне та повторюване визначення кольору. Автоматизовані системи розпізнавання кольору, оснащені сучасними датчиками та алгоритмами обробки зображень,

здатні забезпечити високу точність та надійність вимірювань незалежно від зовнішніх умов [1-6]. Такі системи можуть швидко і точно аналізувати кольорові зміни, надаючи результати в режимі реального часу, що значно підвищує ефективність і точність лабораторних та медичних досліджень.

Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM є перспективним рішенням цієї проблеми. ESP32-CAM – це потужний та доступний мікроконтролер, оснащений вбудованою камерою, що дозволяє здійснювати високоякісну зйомку та обробку зображень [7]. Завдяки можливостям бездротового зв'язку Wi-Fi, ESP32-CAM може легко інтегруватися у мережу, надсилаючи дані на сервер для подальшої обробки.

Ця система автоматично робить фотографії хімічних індикаторів, передає зображення на сервер для аналізу та визначення кольору, а також відображає результати на локальному LCD-дисплеї та на персональній робочій станції. Такий підхід забезпечує точність та надійність розпізнавання, мінімізує людський фактор і підвищує ефективність лабораторних процесів. Завдяки інтеграції сучасних технологій обробки зображень та бездротових комунікацій, система може використовуватися в різних галузях науки і медицини, де необхідна точна оцінка кольору.

Метою роботи є розробка системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

Об'єктом дослідження є процеси та засоби розпізнавання кольору зображень.

Предметом дослідження є система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

1 ДОМЕННА ОБЛАСТЬ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ ХІМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ

1.1 Хімічні індикатори, короткий огляд та особливості

Хімічний індикатор – це будь-яка речовина, яка дає видимий знак, зазвичай у вигляді зміни кольору, про наявність або відсутність граничної концентрації хімічного виду, такого як кислота або луг у розчині. Прикладом є речовина, яку називають метилжовтим, що надає жовтий колір лужному розчину. Якщо повільно додавати кислоту, розчин залишається жовтим, доки весь луг не нейтралізується, після чого колір раптово змінюється на червоний [38].

Як і більшість індикаторів, метилжовтий видно навіть при концентрації, яка складає всього кілька частин на мільйон частин розчину. Використовувані в таких низьких концентраціях, індикатори не впливають на умови, для яких вони рекомендовані. Звичайне застосування індикаторів полягає в визначенні кінцевих точок титрування.

Колір індикатора змінюється, коли кислотність або окислювальна сила розчину, або концентрація певного хімічного виду досягає критичного діапазону значень. Тому індикатори класифікуються як кислотно-лужні, окислювально-відновні або специфічні індикатори для певних речовин, кожен індикатор у кожному класі має характерний перехідний діапазон. Метилжовтий, кислотно-лужний індикатор, є жовтим, якщо концентрація іонів водню (кислота) в розчині менша за 0.0001 моль на літр, і червоним, якщо концентрація перевищує 0.0001. Ферой 1,10-фенантролін, окислювально-відновний індикатор, змінюється з червоного на блідо-синій, коли окислювальний потенціал розчину підвищується від 1.04 до 1.08 вольт; а дифенілкарбазон, індикатор для ртутного іона, змінюється з жовтого на фіолетовий, коли концентрація ртутного іона підвищується від 0.000001 до 0.00001 моль на літр. Кожен з цих індикаторів має відносно вузький перехідний діапазон, і кожен здатен давати чутливий, чіткий індикатор завершення реакції, тобто кінцевої точки.

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Хоча видима зміна індикатора зазвичай є зміною кольору, в деяких випадках це є утворення або зникнення мутності. Якщо, наприклад, до розчину ціаніду, що містить слід йодиду, додати розчинну срібну сіль, розчин залишається прозорим, доки весь ціанід не зреагує з утворенням розчинного комплексу іона срібло-ціанід. При додаванні більшої кількості срібла розчин стає каламутним через утворення нерозчинного йодиду срібла. Йодид, таким чином, є індикатором для надлишку іона срібла в цій реакції.

Іншим видом індикатора є адсорбційний індикатор, найвідомішим представником якого є барвник флуоресцеїн. Флуоресцеїн використовується для виявлення завершення реакції іона срібла з іоном хлориду, зміна кольору відбувається наступним чином. Після додавання кількості срібла, достатньої для осадження всього хлориду, додатковий іон срібла частково адсорбується на поверхні частинок хлориду срібла. Флуоресцеїн також адсорбується і, взаємодіючи з адсорбованим іоном срібла, змінюється з жовто-зеленого на червоний.

Узагальнюючи, можна відзначити, що хімічні індикатори поділяються на кілька основних видів залежно від їхнього призначення і механізму дії. Основні види хімічних індикаторів включають:

– кислотно-лужні індикатори – змінюють колір залежно від рН розчину. Вони використовуються для визначення кінцевих точок титрування кислот і лугів. Прикладами є лакмус (рисунок 1.1): змінює колір з червоного (в кислому середовищі) на синій (у лужному середовищі); фенолфталеїн безбарвний у кислому середовищі та рожевий у лужному; метиловий оранжевий – червоний у кислому середовищі та жовтий у лужному. Зміна кольору хімічних індикаторів в залежності від середовища наведено на рисунку 1.2;

– окислювально-відновні індикатори – змінюють колір залежно від окислювально-відновного потенціалу розчину. Вони використовуються для визначення кінцевих точок окислювально-відновних реакцій. Прикладом є фероїн, який змінює колір з червоного на блідо-синій при зміні окислювального потенціалу;



Рисунок 1.1 – Хімічний індикатор лакмус (у вигляді смужок паперу)

– індикатори для специфічних речовин – реагують на наявність або концентрацію певних хімічних речовин. Прикладами є індикатори дифенілкарбазон, що змінює колір з жовтого на фіолетовий при підвищенні концентрації ртутного іона; еріохром чорний Т, використовується для комплексонометричного титрування іонів металів.

Індикатори	Нейтральне середовище	Кисле середовище	Лужне середовище
Лакмус	Фіолетовий	Червоний	Синій
Метилевий оранжевий	Оранжевий	Рожевий	Жовтий
Фенолфталеїн	Безбарвний	Безбарвний	Малиновий

Рисунок 1.2 – Зміна кольору хімічних індикаторів в залежності від середовища



Рисунок 1.3 – Індикатор дифенілкарбазон (у порошкоподібному вигляді)

– адсорбційні індикатори – ці індикатори змінюють колір при адсорбції на поверхні твердої фази, наприклад, при осадженні. Прикладом є флуоресцеїн, що використовується для визначення кінцевої точки титрування іона срібла з хлоридом і змінює колір з жовто-зеленого на червоний при адсорбції на поверхні осадженого хлориду срібла.

– індикатори осадження – ці індикатори змінюють колір або створюють помутніння при утворенні або зникненні осаду. Прикладом є йодид, який використовується для виявлення надлишку іона срібла в реакції з ціанідом, утворюючи осад йодиду срібла.

Кожен з цих видів індикаторів має своє специфічне застосування і вибирається залежно від типу реакції та умов, у яких вона проводиться.

1.2 Домена область застосування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів

Доменна область застосування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів охоплює широкий спектр галузей, де колір є критичним параметром для оцінки стану або властивостей зразків. Ці галузі включають, але не обмежуються, хімічними лабораторіями, медичними установами, виробничими процесами та екологічним моніторингом [20-34].

У хімічних лабораторіях система може бути використана для контролю якості хімічних реакцій та визначення кінцевих точок титрування. Колірні індикатори часто застосовуються в аналітичній хімії для ідентифікації специфічних іонів або молекул у зразках. Автоматичне розпізнавання кольору забезпечує об'єктивність і точність вимірювань, що є ключовим для проведення надійних і відтворюваних досліджень.

У медичних установах така система може служити для діагностичних тестів, зокрема для аналізу біологічних рідин, де колір реагентів вказує на наявність або концентрацію певних речовин. Вона також може використовуватися для тестування індикаторних смужок, які змінюють колір у відповідь на різні фізіологічні показники, такі як рН, глюкоза або білок у сечі. Завдяки автоматичному розпізнаванню кольору, медичні працівники можуть отримувати більш точні результати діагностики, що сприяє своєчасному та ефективному лікуванню пацієнтів.

У виробничих процесах система може застосовуватися для контролю якості продукції, де колір є важливим показником відповідності стандартам. Наприклад, у харчовій промисловості колір продуктів може свідчити про їхню свіжість, зрілість або правильність процесу обробки. У фармацевтичній промисловості колір таблеток або рідин може використовуватися для підтвердження їхньої відповідності специфікаціям. Автоматизація цього процесу дозволяє значно підвищити продуктивність і знизити ймовірність людських помилок.

Екологічний моніторинг є ще однією важливою областю застосування систем автоматичного розпізнавання кольору. Наприклад, вони можуть бути використані для аналізу якості води або повітря, де колір реагентів змінюється у відповідь на присутність забруднюючих речовин. Такі системи дозволяють швидко і точно оцінювати екологічний стан навколишнього середовища, сприяючи своєчасному прийняттю заходів з охорони навколишнього середовища.

Таким чином, система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів має широке застосування в різних галузях, де необхідна висока точність, об'єктивність та надійність оцінки кольору. Вона сприяє підвищенню

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ефективності та точності аналітичних процесів, забезпечуючи стандартизовані та відтворювані результати.

1.3 Методи розпізнавання зображень для визначення кольору

Методи розпізнавання зображень для визначення кольору є ключовими компонентами систем автоматичного аналізу хімічних індикаторів. Існує кілька підходів до розпізнавання кольору в зображеннях, кожен з яких має свої переваги та обмеження. Розглянемо деякі з них детальніше.

Першим і найпростішим методом є використання кольорових моделей. Кольорові моделі, такі як RGB (червоний, зелений, синій) і HSV (відтінок, насиченість, значення), дозволяють представити колір у числовому форматі, який можна обробляти алгоритмічно (рисунок 1.4).

Працюючи над обробкою зображень або завданнями комп'ютерного зору, можна відзначити, що простір кольорів RGB (червоний, зелений і синій) зазвичай є простором за замовчуванням, куди завантажуються кадри (або зображення). Це найпоширеніший простір кольорів, тривимірна модель, яка складається з трьох основних кольорів, і на основі комбінації цих кольорів створюється будь-який інший можливий колір.

Ще один популярний колірний простір – HSV, він складається з трьох компонентів: тон, насиченість і значення. Говорячи простою мовою, відтінок представляє фактичний чистий колір, який сприймається нашим оком, насиченість – це барвистість цього чистого кольору (тобто зменшення насиченості зменшує барвистість самого кольору), значення – це інтенсивність кольору, яка співвідноситься з його темністю.

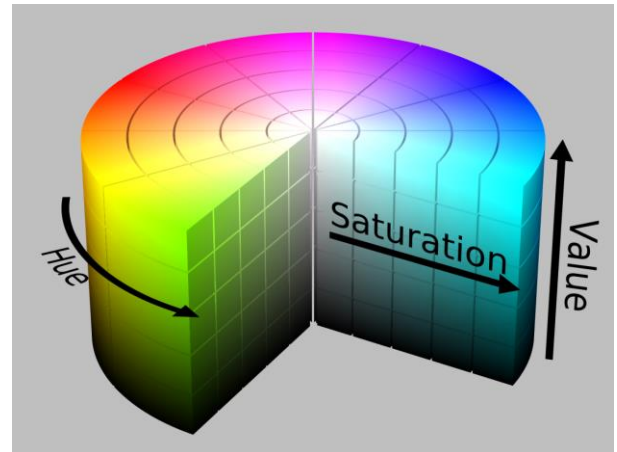
Модель HSV (відтінок, насиченість, значення) має кілька переваг над моделлю RGB (червоний, зелений, синій) у контексті розпізнавання зображень, особливо для задач визначення кольору, зокрема:

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– інтуїтивність та зручність для людини, модель HSV ближча до того, як людина сприймає кольори. Відтінок (Hue) визначає сам колір, насиченість (Saturation) показує, наскільки колір є інтенсивним чи блідим, а значення (Value) характеризує яскравість. Це полегшує інтерпретацію кольорів і робить аналіз більш зрозумілим;



а)



б)

Рисунок 1.4 – Модель представлення кольору: а) RGB; б) HSV

– менша залежність від освітлення, у моделі RGB зміни освітлення впливають на всі три компоненти (R, G, B), що може ускладнювати розпізнавання кольорів. У моделі HSV відтінок залишається відносно стабільним при змінах яскравості та насиченості, що дозволяє більш надійно розпізнавати кольори при різних умовах освітлення;

– легкість виявлення кольорів, завдяки тому, що відтінок в HSV моделі відокремлений від насиченості і яскравості, можна легко сегментувати зображення за кольорами. Наприклад, можна встановити порогові значення для відтінку, щоб виділити всі пікселі певного кольору незалежно від їх насиченості та яскравості;

– зручність при пороговому аналізі, при пороговому аналізі зображень для сегментації кольорів у моделі HSV легко визначати межі для відтінку, насиченості та яскравості. Це робить алгоритми сегментації більш простими та ефективними;

– стабільність при змінах кольору фону, в RGB моделі зміна кольору фону може суттєво впливати на компоненти R, G, B основного об'єкта. В HSV моделі колір фону менш впливає на відтінок основного об'єкта, що підвищує точність розпізнавання;

– переваги для обробки зображень, у моделі HSV можна легко маніпулювати яскравістю і насиченістю без зміни кольору, що корисно для різних операцій обробки зображень, таких як корекція освітлення, покращення контрасту тощо.

Завдяки цим перевагам модель HSV є більш придатною для задач розпізнавання кольорів у зображеннях, особливо в умовах змінного освітлення і складних фонів.

Для визначення кольору індикаторів в зображенні зазвичай використовується алгоритм обчислення середнього кольору або медіанного кольору в певній області зображення. Це дозволяє зменшити вплив шумів та локальних змін кольору. Наприклад, можна виділити центральну частину зображення, де знаходиться індикатор, і обчислити середнє значення кольорових компонентів для всіх пікселів у цій області. Отриманий середній колір можна порівняти з еталонними значеннями, щоб визначити відповідний колір індикатора.

Інший метод включає використання порогового аналізу для сегментації зображення на області різних кольорів. Цей підхід дозволяє виділити певні кольорові області, а потім провести їхній аналіз для визначення домінуючого кольору. Пороговий аналіз може бути виконаний у просторі кольорів HSV, де встановлюються порогові значення для відтінку, насиченості і яскравості, що дозволяє відокремити потрібні кольори від фону.

Для більш складних завдань, де потрібна висока точність і адаптивність, використовуються методи машинного навчання та глибокого навчання. Навчальні алгоритми, такі як нейронні мережі (рисунок 1.5), можуть бути навчені на великій кількості зображень індикаторів з різними кольорами, що дозволяє їм ефективно розпізнавати кольори навіть у складних умовах освітлення та фону. Нейронні

мережі можуть враховувати контекст зображення та особливості розподілу кольору, що робить їх дуже потужними інструментами для задачі розпізнавання кольору.

Методи машинного навчання та глибокого навчання суттєво розширюють можливості розпізнавання кольорів і зображень у цілому завдяки своїй здатності виявляти складні закономірності та адаптуватися до різних умов. Серед них найбільш популярними є згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні нейронні мережі (RNN) та різноманітні гібридні архітектури.

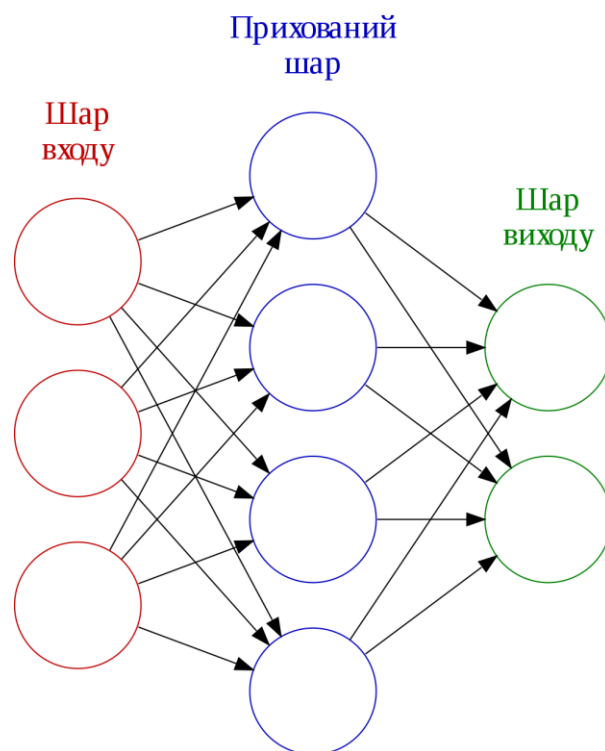


Рисунок 1.5 – Штучна нейронна мережа із одним прихованим шаром

Згорткові нейронні мережі спеціально розроблені для обробки зображень і виявлення патернів у візуальних даних. Вони використовують згорткові шари, які застосовують фільтри до вхідного зображення для виділення різноманітних ознак, таких як контури, текстури та колірні градієнти. Це дозволяє CNN ефективно розпізнавати та класифікувати об'єкти в зображеннях.

Рекурентні нейронні мережі використовуються для обробки послідовностей даних, що може бути корисним для аналізу відеопотоків або серій зображень, де важливо враховувати часовий контекст. Вони здатні зберігати інформацію про попередні кроки в серії, що робить їх придатними для задач, де контекст і послідовність мають значення.

Поєднання різних типів нейронних мереж дозволяє створювати більш потужні моделі. Наприклад, можна комбінувати CNN для вилучення ознак з зображення та RNN для аналізу тимчасової послідовності ознак. Це дозволяє системі не тільки розпізнавати об'єкти, але й аналізувати їх динаміку.

Нейронні мережі можуть обробляти кольорові зображення, використовуючи різні колірні моделі (наприклад, RGB або HSV). Вони навчаються розпізнавати кольори в контексті інших ознак зображення, таких як форма та текстура, що дозволяє більш точно визначати колірні зміни, навіть у складних умовах освітлення та фону.

Для покращення продуктивності та стійкості моделей глибокого навчання часто використовуються техніки аугментації даних. Це включає створення додаткових навчальних прикладів шляхом застосування різних перетворень до вихідних зображень (обертання, зміна яскравості, масштабування тощо). Аугментація допомагає моделі краще узагальнювати знання та бути менш чутливою до змін у вхідних даних.

Процес навчання моделей машинного навчання включає використання великих наборів даних, які містять зображення хімічних індикаторів з різними кольорами. Ці дані поділяються на навчальні та тестові набори, що дозволяє оцінювати продуктивність моделі та уникати перенавчання. Валідація моделі на тестових даних забезпечує впевненість у її здатності правильно розпізнавати кольори в реальних умовах.

Однією з ключових переваг глибокого навчання є здатність моделей адаптуватися до нових умов. Це можливо завдяки додатковому навчанню на нових даних або шляхом використання методів трансферного навчання, коли попередньо навчена модель донавчається на нових специфічних даних. Це

дозволяє системі швидко адаптуватися до нових типів індикаторів або змін у робочих умовах.

Реалізація системи автоматичного розпізнавання кольорів на основі нейронних мереж може значно підвищити точність і надійність аналізу в хімічних лабораторіях і медичних установах. Такі системи можуть використовуватися для моніторингу реакцій, контролю якості продукції, проведення діагностичних тестів тощо. Вони забезпечують високу швидкість і точність аналізу, знижують вплив людського фактора та підвищують загальну ефективність роботи.

Крім того, для підвищення точності розпізнавання кольору можуть використовуватися алгоритми корекції кольору, які компенсують вплив різних умов освітлення. Це може включати нормалізацію кольору, корекцію білого балансу і адаптацію до змін освітлення.

Таким чином, розпізнавання зображень для визначення кольору базується на поєднанні кількох методів, від простих алгоритмів обробки кольору до складних моделей машинного навчання. Вибір конкретного методу залежить від вимог до точності, швидкості та умов використання системи.

1.4 Апаратні засоби для розпізнавання кольору

Для розпізнавання кольору можна використовувати не лише програмні методи, але й спеціалізовані апаратні засоби. Одним з таких пристроїв є датчик кольору TCS230 (рисунок 1.6), який поєднує в собі налаштовувані кремнієві фотодіоди та перетворювач струм-частота на одній монолітній КМОН-мікросхемі. Повномасштажна вихідна частота цього датчика кольору може бути розширена за допомогою одного з трьох попередньо встановлених значень, що подаються через два вхідних контакти. TCS230 постачаються з цифровим входом і виходом, які дають змогу безпосередньо під'єднуватися до мікроконтролера.

Основними характеристиками давача TCS230:

- мікросхема: TCS230;
- напруга живлення: 3В ~ 5В;

					КвРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- оптимальна відстань для визначення кольору: 10мм;
- високоякісна конвертація інтенсивності світла в частоту;
- програмований колір і повнопаштабна вихідна частота;
- під'єднання безпосередньо до мікроконтролера;
- розміри плати 30 мм на 24 мм.



Рисунок 1.6 – Давач кольору TCS230

Ще одним давачем є давач кольору з ІЧ фільтром TCS34725 (рисунок 1.7). Даний давач дозволить електроніці в буквальному сенсі розрізняти кольори навколишніх предметів, а не тільки світлі і темні відтінки. Користувачу доступні значення таких параметрів як: кольорова температура (К), освітленість (в люксах), а також безпосередні значення червоної, зеленої та синьої складової.

ІК-фільтр дозволяє домогтися більш точної передачі кольору, блокуючи невидиму людському оку інфрачервону частину спектру. Давач володіє наступними характеристиками:

- напруга живлення модуля: 3.3 - 5В;
- споживаний струм: 235 мкА (сер.), 330 мкА (макс.);

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- час перетворень: від 2.4 мс до 700 мс (настроюється);
- швидкість інтерфейсу I2C: до 400 кбіт/с;
- адреса датчика на шині I2C: 0x29 (41);
- робоча температура: -40 ... +85 С;
- габарити: 20x20 мм;
- вага: 3.23 р.



Рисунок 1.7 – Давач кольору TCS34725

Хоча датчики кольору, такі як TCS230, мають свої переваги, використання ESP32-CAM з OpenCV пропонує численні переваги, які роблять його кращим вибором для цієї задачі [46]. Можна відзначити наступні переваги вибору ESP32-CAM із OpenCV у порівнянні із давачами:

- широкий діапазон можливостей аналізу: OpenCV дозволяє не лише розпізнавати кольори, але й виконувати складніші обробки зображень, такі як сегментація, фільтрація, виявлення контурів, ідентифікація об'єктів та багато іншого;

- налаштування під різні задачі: OpenCV можна налаштувати для роботи з різними кольоровими просторами (RGB, HSV, LAB), що дозволяє точно підлаштовуватися під конкретні умови освітлення та задачі;

- висока роздільна здатність зображень: ESP32-CAM може знімати зображення з високою роздільною здатністю, що дозволяє отримувати детальні зображення хімічних індикаторів і точніше розпізнавати колірні зміни;
- аналіз текстур та візерунків: На відміну від датчиків кольору, камера може розпізнавати не лише колір, але й текстуру, візерунки та форми, що може бути важливим для комплексного аналізу;
- легке масштабування: Система на базі ESP32-CAM з OpenCV може бути легко масштабована для аналізу кількох зразків одночасно або для інтеграції з іншими системами обробки даних;
- інтеграція з іншими програмними засобами: Відкрита природа OpenCV дозволяє інтегрувати систему з іншими програмними рішеннями, такими як машинне навчання (наприклад, TensorFlow, PyTorch) для покращення точності розпізнавання.

Хоча датчики кольору, такі як TCS230, можуть бути корисними для простих завдань розпізнавання кольору, використання ESP32-CAM з OpenCV пропонує значно ширші можливості та гнучкість. Це дозволяє створювати більш складні, точні та адаптивні системи для розпізнавання кольору хімічних індикаторів, що може бути особливо важливим у наукових та промислових застосуваннях.

1.5 Висновки. Постановка задачі

Актуальність теми “Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM” зумовлена необхідністю підвищення точності та ефективності аналізу хімічних реакцій у сучасних лабораторіях та медичних установах. Використання автоматизованих систем дозволяє зменшити суб'єктивність і помилки, пов'язані з візуальним визначенням кольору індикаторів, забезпечуючи надійніші результати в реальному часі. Інтеграція ESP32-CAM, завдяки його низькій вартості, компактності та можливостям для обробки зображень і бездротової передачі даних, робить цю технологію доступною та ефективною для широкого

					КвРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

застосування у хімічному аналізі та суміжних галузях. З цією метою для вирішення даної задачі потрібно вирішити наступні завдання:

1) дослідити принципи та алгоритми розпізнавання кольору на зображеннях;

2) визначити вимоги до системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM;

3) запропонувати структуру системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM;

4) обрати елементну базу для спроектованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM;

5) розробити схему електричну принципову для спроектованої системи;

6) виконати програмну реалізацію запропонованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ ХІМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32-CAM

2.1 Визначення вимог до системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Встановлення вимог є критично важливим етапом у проектуванні будь-якого системного або програмного проекту. Це основний крок, який забезпечує розуміння того, що потрібно створити, для кого і як система має функціонувати. На цьому кроці розробники отримують точне уявлення про функції, які система повинна виконувати.

Визначимо наступні вимоги, які ставлять до системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM:

– система повинна мати можливість здійснювати захоплення зображення за запитом користувача. Це досягається шляхом підключення кнопки до мікроконтролера ESP32-CAM. Фото повинно бути зроблене з достатньою роздільною здатністю для забезпечення точної подальшої обробки і розпізнавання кольору;

– система повинна мати можливість розпізнавання кольору зображення на якому подано хімічний індикатор. Важливо, щоб цей процес займав мінімальний час і забезпечував високу точність розпізнавання зображення;

– система повинна мати можливість відображати результат локально на lcd дисплеї, забезпечуючи користувача візуальним підтвердженням. Окрім того результат повинен відображатись на персональній робочій станції. Це забезпечить користувачеві можливість спостерігати результати розпізнавання в реальному часі як локально, так і віддалено.

Додатковими вимогами до проєктованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера

ESP32-CAM є низька вартість комплектуючих та зручність використання та масштабованість рішення.

2.2 Структура та принцип функціонування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

З огляду на поставлені вимоги було спроектовано структуру системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Система складається з двох основних компонентів: клієнтської частини та серверної частини, що представлена персональною робочою станцією (персональний комп'ютер або ноутбук). Клієнтська частина представлена головним компонентом ESP32-CAM, що задіяний для захоплення зображень та надсилання його на сервер.

Серверна частина виконує обробку зображень і відправлення результатів. Серверна частина, що працює на основі Flask, приймає зображення та обробляє його за допомогою бібліотеки OpenCV. Процес обробки включає перетворення зображення у формат HSV та аналіз кольору центрального пікселя зображення. На основі значення відтінку визначається колір індикатора. Після цього сервер публікує результат розпізнавання у вигляді текстового повідомлення у MQTT-тему.

Користувач взаємодіє з системою через простий інтерфейс на базі кнопки, при натисканні якої ESP32-CAM робить фотографію індикатора. Після захоплення зображення мікроконтролер відправляє його на сервер за допомогою HTTP-запиту.

В складі клієнтської частини, окрім мікроконтролера ESP32-CAM, присутні додаткового такі апаратні компоненти:

- активний пьезодінамік, використовується для звукового сповіщення, після створення фото;

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						23
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- Ісd дисплей, використовується для локального відображення результату розпізнавання кольору;
- джерело живлення.

На рисунку 2.1 наведено структуру системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

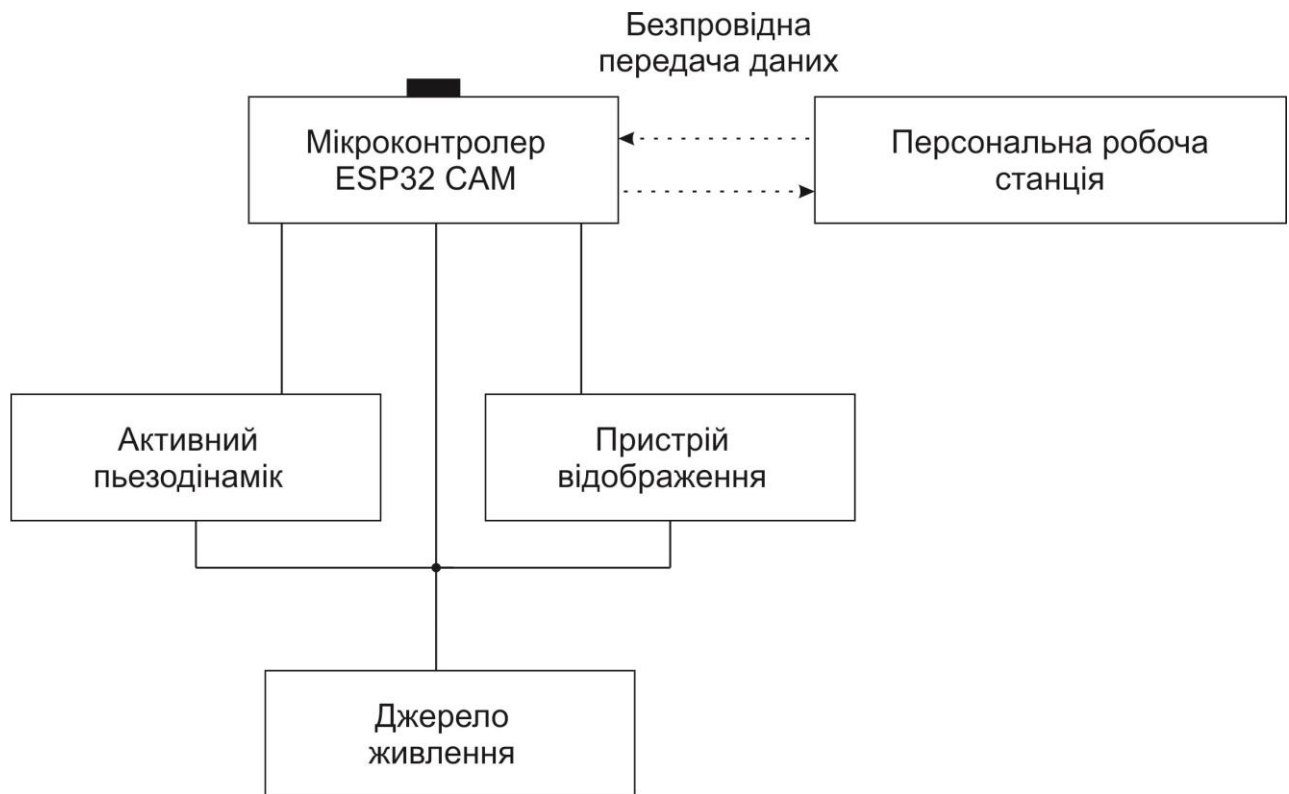


Рисунок 2.1 – Структура системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Функціонування системи передбачає можливість захоплення зображення за запитом користувача. Це досягається шляхом підключення кнопки до мікроконтролера ESP32-CAM. При натисканні на цю кнопку система реагує й ініціює процес захоплення зображення за допомогою вбудованої камери (рисунок 2.2). Після захоплення зображення, дане фото відправляється на сервер для обробки. Ця передача здійснюється через HTTP-запит. Сервер приймає зображення і використовує алгоритми комп'ютерного зору, такі як OpenCV, для аналізу зображення і визначення кольору хімічного індикатора. Алгоритм

аналізує значення пікселів у центрі зображення для точного визначення кольору. Після обробки зображення сервер надсилає результат розпізнавання кольору назад на ESP32-CAM через протокол MQTT. Мікроконтролер виконує підписку на відповідну MQTT тему colorName для отримання повідомлень про колір індикатора. Отримавши результат, ESP32-CAM відображає назву кольору на підключеному LCD дисплеї, забезпечуючи користувачу візуальне підтвердження. Окрім того, результат розпізнавання відображається на персональній робочій станції.

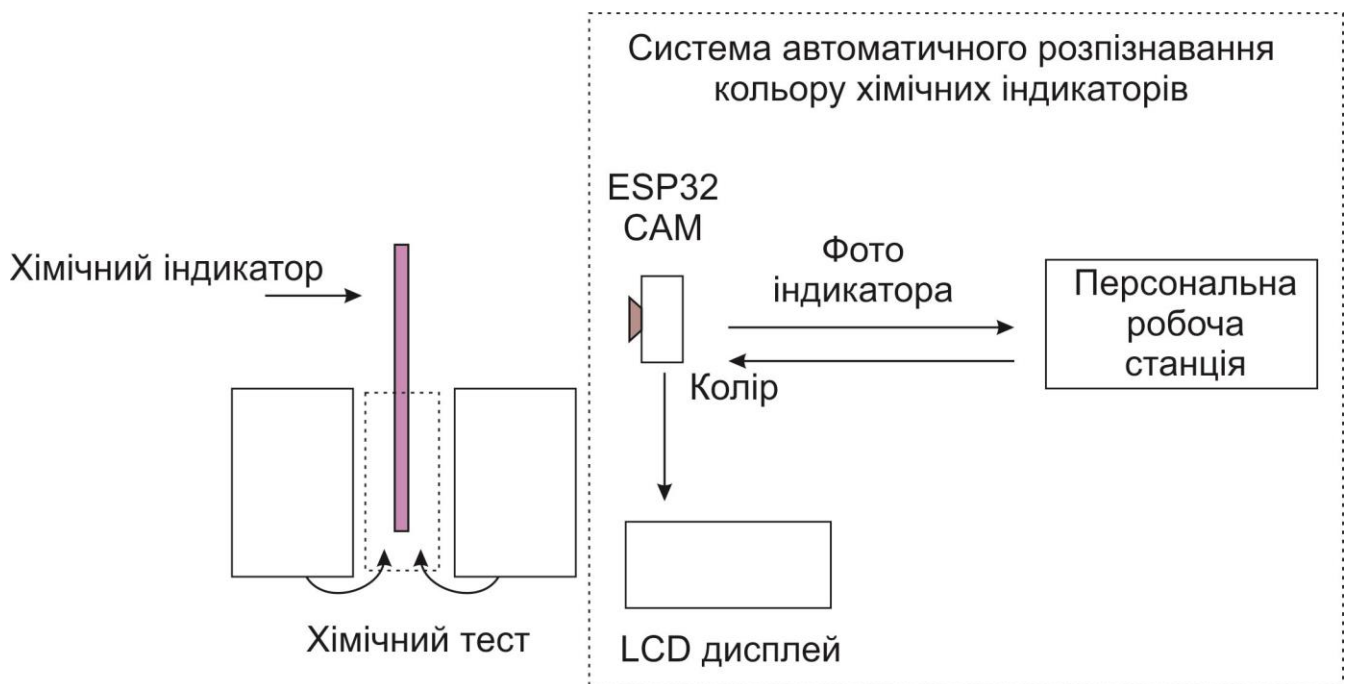


Рисунок 2.2 – Процес розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Варто відзначити, що у проєктованій системі для комунікації та обміну даними між складовими було використано два протоколи HTTP та MQTT (рисунок 2.3). MQTT протокол використовувався для підписки ESP32 CAM на тему про колір індикатора, який публікувався сервером. Тоді як протокол HTTP було використано для відправки отриманого фото хімічного індикатора на сервер.

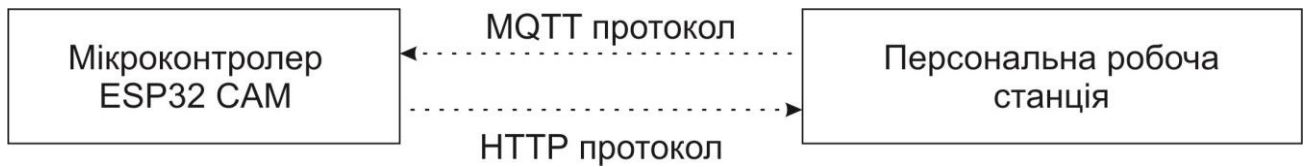


Рисунок 2.3 – Протоколи комунікації між складовими проєктованої системи

Такий підхід із використанням HTTP і MQTT протоколів має декілька переваг:

- ефективність передачі даних: HTTP добре підходить для передачі великих обсягів даних, таких як фотографії, що забезпечується високою швидкістю та надійністю передачі. Таким чином, можна легко передавати фотографії з ESP32-CAM на сервер для подальшої обробки;

- асинхронна комунікація: MQTT протокол є ідеальним для асинхронної комунікації між пристроями IoT. Використання MQTT дозволяє ESP32-CAM ефективно споживати енергію та передавати або отримувати дані при потребі, зменшуючи навантаження на мережу.

Отже, комбінація HTTP і MQTT протоколів забезпечує ефективну та гнучку систему зв'язку між ESP32-CAM та сервером, що дозволяє забезпечити надійну передачу даних та асинхронну взаємодію між пристроями.

2.3 Вибір апаратних засобів

Наступним етапом проєктування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM є вибір апаратних засобів, що будуть використані для забезпечення функціонування та виконання поставлених раніше вимог.

Основними компонентами проєктованої системи є мікроконтролер ESP32 CAM, активний п'єзодинамік, дисплей та модуль джерела живлення. Розглянемо детальніше обрані апаратні компоненти.

ESP32-CAM – це модуль з камерою, що базується на мікроконтролері ESP32 від компанії Espressif Systems. Він поєднує в собі потужність

мікроконтролера ESP32 з функціональністю камери, що дозволяє створювати різноманітні проекти, пов'язані з обробкою зображень, відеоспостереженням, системами розпізнавання обличчя тощо.

Серцем ESP32-CAM є система на кристалі (System on a chip – SoC) ESP32-S від Ai-Thinker. Будучи SoC, чіп ESP32-S містить цілий комп'ютер – мікропроцесор, оперативну пам'ять, накопичувач і периферійні пристрої – на одному кристалі. Хоча можливості кристалу досить вражаючі, плата розробки ESP32-CAM додає ще більше функцій. Розглянемо кожен компонент окремо.

ESP32-CAM оснащено модулем друкованої плати поверхневого монтажу ESP32-S від Ai-Thinker. Він еквівалентний модулю ESP-WROOM-32 Espressif (той самий форм-фактор і загальні характеристики).

ESP32-S містить мікропроцесор Tensilica Xtensa® LX6 з двома 32-розрядними ядрами, що працюють на частоті 240 МГц. Саме це робить ESP32-S придатним для таких інтенсивних завдань, як обробка відео, розпізнавання облич і навіть використання штучного інтелекту.

Пам'ять має першорядне значення для виконання складних завдань, тому ESP32-S має повні 520 кілобайт внутрішньої оперативної пам'яті, яка знаходиться на тому ж кристалі, що й інші компоненти чіпа (рисунок 2.4).

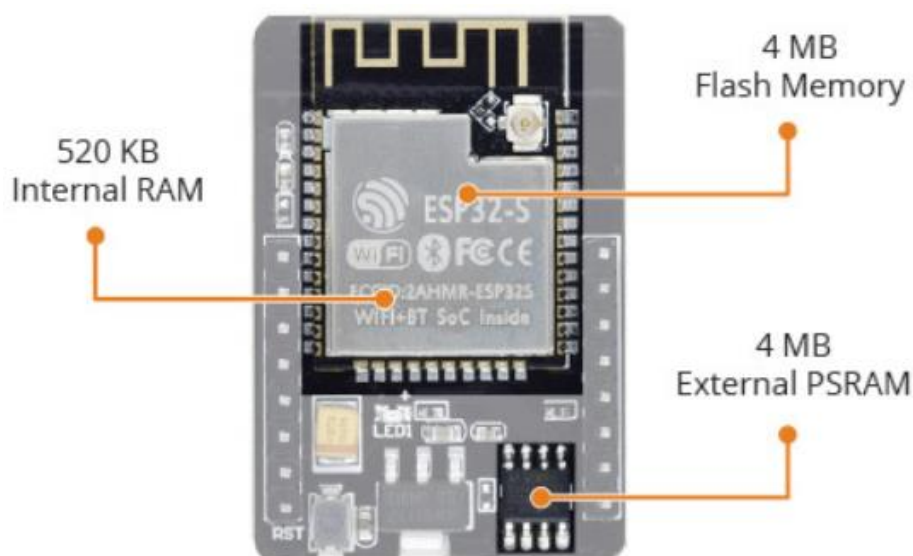


Рисунок 2.4 – Пам'ять ESP32 CAM

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Її може бути недостатньо для завдань із інтенсивним використанням оперативної пам'яті, тому ESP32-CAM включає 4 МБ зовнішньої PSRAM (псевдостатичної оперативної пам'яті) для збільшення обсягу пам'яті. Цієї оперативної пам'яті достатньо, особливо для інтенсивної обробки аудіо чи графіки. Разом із тим плата ESP32-S також містить 4 МБ вбудованої флеш-пам'яті.

Камера в ESP32-CAM є одним з ключових компонентів модуля, що дозволяє виконувати різноманітні завдання з обробки зображень і відео. Найчастіше в комплекті з ESP32-CAM поставляється камера моделі OV2640 (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Камера OV2640 для ESP32 CAM

Основні характеристики камери OV2640:

- роздільна здатність, камера підтримує роздільну здатність до 2 мегапікселів (1600 x 1200 пікселів);
- формати зображень, підтримка різних форматів зображень, таких як JPEG, RGB, YUV, і RAW;
- інтерфейс підключення, камера підключається до ESP32 через інтерфейс SCCB (Serial Camera Control Bus), який є різновидом інтерфейсу I2C;

- відео, може знімати відео з різною частотою кадрів залежно від вибраної роздільної здатності;
- фокусна відстань, фіксований фокус об'єктива, що дозволяє знімати об'єкти на певній відстані;
- автоматичне керування, підтримка автоматичної експозиції, балансу білого, контролю насиченості та інших параметрів, що підвищують якість зображення.

Камера OV2640 інтегрується з ESP32 через певні GPIO пінів, що дозволяє мікроконтролеру керувати зйомкою фото і відео, а також обробкою зображень. Ось як це реалізовано в загальних рисах:

- ініціалізація камери, в програмному коді потрібно налаштувати параметри камери, такі як роздільна здатність, формат зображення, налаштування SCCB інтерфейсу;
- зйомка зображень і відео, використовуючи бібліотеки та API для ESP32, можна зробити фото або записати відео, зберегти їх у внутрішню пам'ять, на карту microSD або відправити через Wi-Fi на віддалений сервер;
- обробка зображень, зображення можна обробляти безпосередньо на ESP32 або передавати їх на більш потужні обчислювальні пристрої для складнішої обробки. Обробка може включати в себе розпізнавання об'єктів, обличчя, кольорів та інші аналітичні завдання.

Антенa в ESP32-CAM відповідає за забезпечення бездротового зв'язку через Wi-Fi. Завдяки вбудованому модулю Wi-Fi, ESP32-CAM може підключатися до бездротових мереж, що дозволяє передавати дані (такі як зображення та відео) на інші пристрої або сервери через Інтернет. Це особливо важливо для додатків, де необхідна мобільність і відсутність проводів.

ESP32-CAM може мати різні типи антен (рисунок 2.6):

- вбудована антена, деякі модулі ESP32-CAM мають вбудовану антену на друкованій платі. Це зручно для компактних застосувань, де потрібна простота і мінімальна кількість компонентів.

– зовнішня антена, інші модулі можуть мати роз'єм для підключення зовнішньої антени (наприклад, типу IPEX). Зовнішні антени можуть забезпечити кращу якість сигналу і більший радіус дії, що є корисним у ситуаціях, коли потрібне стабільне з'єднання на великій відстані або в умовах з перешкодами.

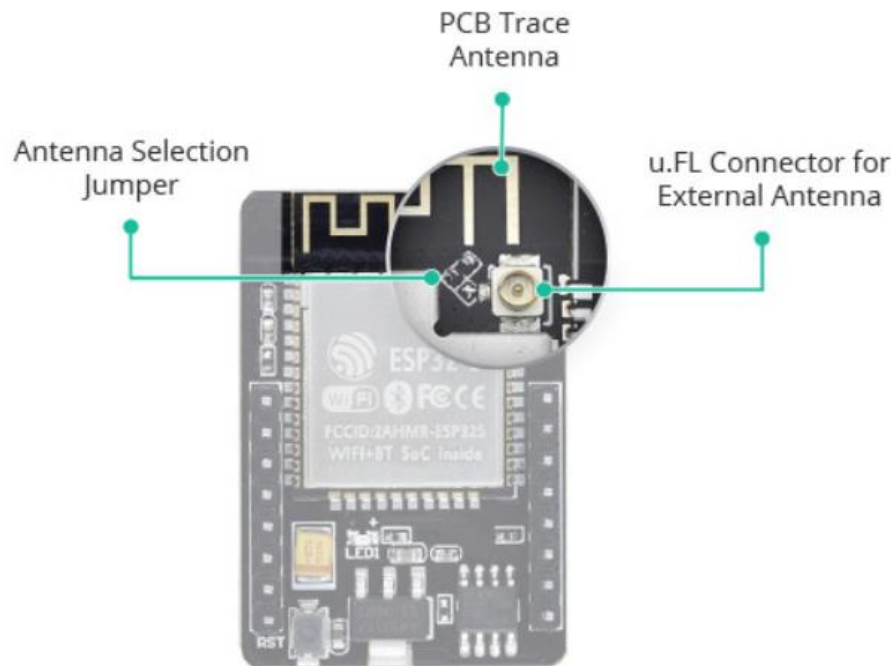


Рисунок 2.6 – Антена в ESP32 CAM

Підводячи підсумок, ESP32-CAM має такі характеристики:

- двоядерний 32-розрядний мікропроцесор LX6 Xtensa, що працює на частоті 240 МГц і продуктивності до 600 DMIPS;
- співпроцесор наднизького енергоспоживання (ULP);
- 520 КБ SRAM 4 МБ зовнішньої пам'яті PSRAM 4 МБ внутрішньої флеш-пам'яті;
- Wi-Fi: 802.11 b/g/n Bluetooth: v4.2 BR/EDR і BLE (спільний канал із Wi-Fi);
- 2-мегапксельний сенсор OV2640;
- розмір масиву UXGA 1622×1200;
- вихідні формати включають YUV422, YUV420, RGB565, RGB555 і 8-бітні стислі дані;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- швидкість передачі зображення від 15 до 60 кадрів в секунду;
- вбудований світлодіодний спалах;
- підтримка багатьох датчиків камери;
- підтримка карта microSD;
- підтримка стандартних функції безпеки IEEE 802.11, включаючи WPA, WPA/WPA2 і WAPI;
- безпечне завантаження;
- флеш-шифрування 1024-бітний OTP, до 768-бітний;
- криптографічне апаратне прискорення: AES, SHA-2, RSA, еліптична криптографія (ECC), генератор випадкових чисел (RNG).

Енергоспоживання ESP32-CAM залежить від того, для чого його використовувати. Воно коливається від 80 мАг, коли не транслюється відео, до приблизно 100~160 мАг, коли передається потокове відео; з увімкненим спалахом енергоспоживання може досягати 270 мАг.

Загалом ESP32-CAM має 16 контактів. Для зручності контакти зі схожими функціями згруповані разом (рисунок 2.7).

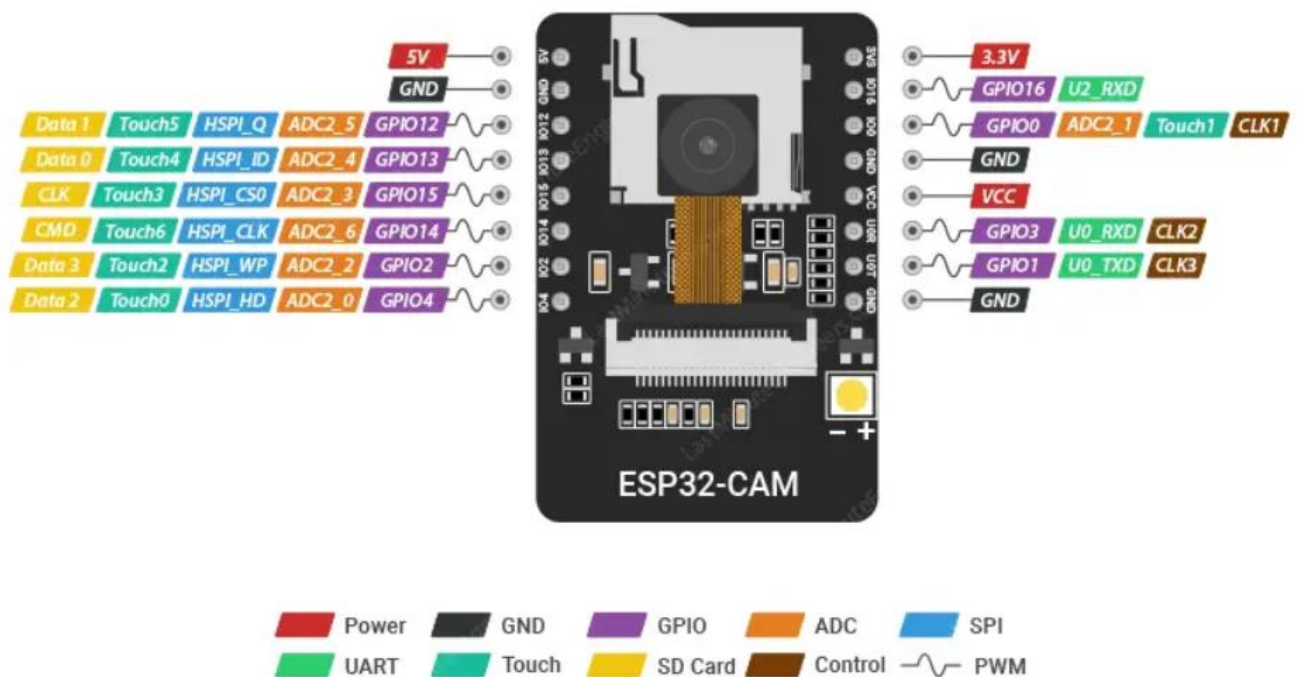


Рисунок 2.7 – Призначення пінів ESP32 CAM

Стосовно живлення, то є два контакти живлення: 5V і 3V3. ESP32-CAM можна живити через контакти 3,3 В або 5 В. Оскільки багато користувачів повідомляли про проблеми під час живлення пристрою від 3,3 В, рекомендується, щоб ESP32-CAM завжди живився через контакт 5 В. Вивід VCC зазвичай видає 3,3 В від вбудованого регулятора напруги. Однак його можна налаштувати на виведення 5 В за допомогою нульового з'єднання біля контакту VCC.

Програмування ESP32-CAM може бути непростим, оскільки він не має вбудованого порту USB. Через це дизайнерське рішення користувачам потрібне додаткове обладнання для завантаження програм із середовища розробки Arduino. Щоб запрограмувати цей пристрій, найчастіше використовують адаптер адаптер FTDI або адаптер програматора ESP32-CAM-MB (рисунок 2.8).

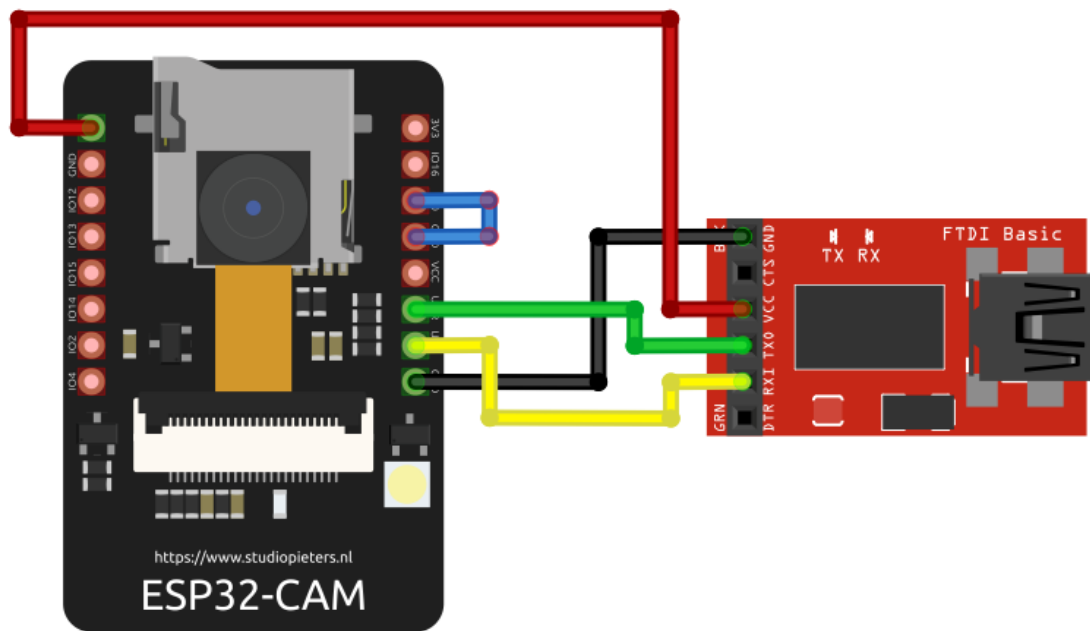


Рисунок 2.8 – Програматор для ESP32 CAM

Алгоритм прошивки ESP32 CAM за допомогою FTDI адаптера складатиметься із наступних кроків:

- встановити перемикач живлення FTDI адаптера в режим 5V (якщо він має такий перемикач), тому що ESP32-CAM працює від 5V;
- з'єднати наступні контакти: GND (ESP32-CAM) до GND (FTDI адаптер); 5V (ESP32-CAM) до VCC (FTDI адаптер) (деякі адаптери мають окремий контакт

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

для 5V, якщо немає, використовуйте VCC); U0R (ESP32-CAM) до TX (FTDI адаптер); U0T (ESP32-CAM) до RX (FTDI адаптер);

– встановити ESP32-CAM в режим завантаження. З цією метою слід підключити контакт GPIO0 (ESP32-CAM) до GND. Це необхідно для переходу в режим завантаження прошивки;

– підключити FTDI адаптер до USB порту комп'ютера.

Таким чином ESP32-CAM було обрано завдяки його унікальним можливостям та перевагам, які роблять його ідеальним для задачі автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів. Він оснащений вбудованою камерою та потужним мікроконтролером, що дозволяє здійснювати захоплення та обробку зображень без необхідності в додатковому обладнанні. ESP32-CAM також підтримує Wi-Fi та Bluetooth, що забезпечує легку інтеграцію з іншими пристроями та мережами для передачі даних. Крім того, цей модуль є доступним за ціною та має компактний розмір, що робить його відмінним вибором для створення портативних та автономних систем розпізнавання кольорів.

Ще одним компонентом у даній системі є модуль активного п'єзодинаміку (рисунок 2.9).

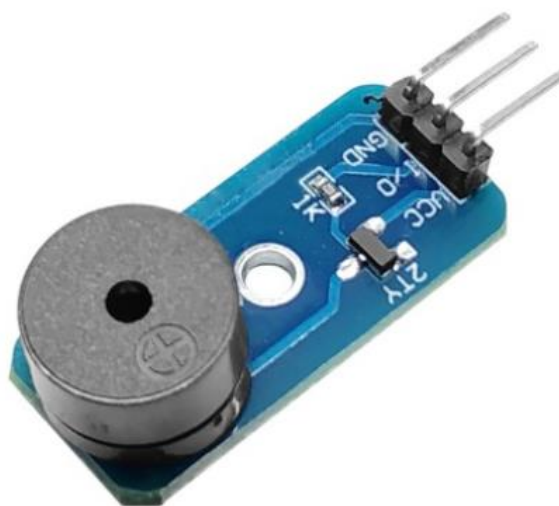


Рисунок 2.9 – Модуль активного п'єзодинаміку

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

У системі автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM активний п'єзодинамік виконує функцію звукової індикації. Основна його роль полягає у забезпеченні аудіовідповіді на події системи, що дозволяє користувачеві отримувати зворотний зв'язок без необхідності постійного візуального контролю. Зокрема, активний п'єзодинамік використовується сигналізація про успішне захоплення зображення. Коли користувач натискає кнопку для захоплення зображення, п'єзодинамік може видавати короткий звуковий сигнал, що підтверджує успішне виконання цієї дії.

Основними його характеристиками є:

- напруга живлення: 5 В;
- струм: до 32 мА;
- частота звуку: 2300 Гц;
- діаметр корпусу: 12 мм;
- висота корпусу: 9,6 мм.

Для живлення системи використано модуль живлення MB102 3.3 V 5V для Arduino і макетних плат (рисунок 2.10).

Модуль являє собою стабілізатор постійної напруги з двома виходами, що формують дві фіксовані вихідні напруги на кожному виході. Цей пристрій відомий під назвами MB102 або MB-V2.

Пристрій досить легко встановлюється на макетні плати Arduino EIC-102 або Arduino EIC-402 без пайки. Розміри макетної плати складають 165 x 55 мм. Модуль живлення Breadboard Power Supply MB102 можна використовувати для постачання електроживленням пристроїв, які живляться від USB порту. Стабілізацію напруги забезпечують дві мікросхеми AMS1117-5.0 та AMS1117-3.3, що включені послідовно. Ці мікросхеми мають захист від перевантаження по струму та перегріву. Якщо стабілізатор 5 В відключений, стабілізатор 3,3 В також припиняє роботу. Для індикації включення на платі встановлений світлодіод, який живиться напругою 5 В, і натискний тумблер включення.

Основні характеристики даного модуля включають:

- вхідна постійна напруга: 6,7 – 9 В;

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- вихідні напруги: 3,3 і 5 В;
- максимальний сумарний струм навантаження двох стабілізаторів: 0,7 А;
- розміри: 53 x 32 x 23 мм.

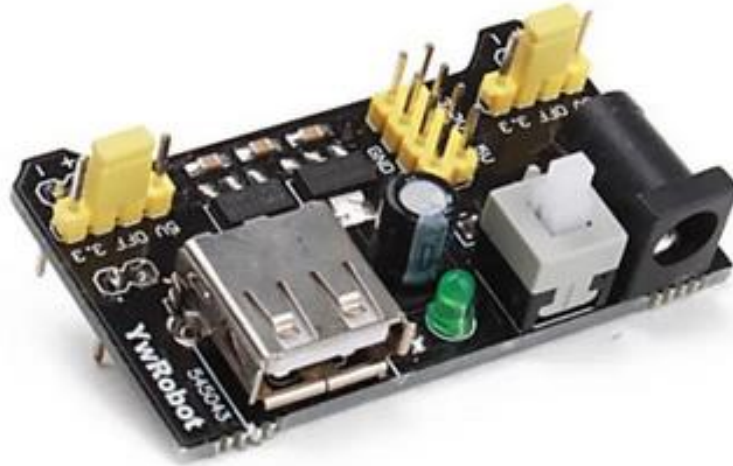


Рисунок 2.10 – Модуль живлення MB102 3.3 V 5V для Arduino і макетних плат

2.4 Схема електрична принципова

Електричні схеми є основою будь-якого електронного проекту, забезпечуючи правильне підключення та живлення всіх компонентів системи. У випадку проектування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM, електричні схеми відіграють ключову роль у забезпеченні стабільної роботи та точної інтеграції всіх модулів. Розглянемо детально важливість електричних схем для цього проекту. Правильне проектування електричних схем гарантує, що всі компоненти отримують необхідну напругу і струм. Недостатнє або нестабільне живлення може призвести до некоректної роботи або пошкодження компонентів. Включення захисних елементів, таких як резистори, діоди, конденсатори та запобіжники, допомагає захистити компоненти від перенапруги, короткого замикання та інших електричних збоїв. Коректне підключення GPIO пінів забезпечує правильну передачу сигналів між мікроконтролером та периферійними

пристроями, такими як датчики та двигуни. Це важливо для синхронізації роботи всіх частин системи.

У проєктованій системі автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM присутні наступні компоненти:

- ESP32-CAM: основний модуль для зйомки та обробки зображень;
- модуль активного п'єзодинаміка використовується для сигналізації;
- модуль живлення MB102, використовується для забезпечення стабільного живлення всієї системи;
- I2C дисплей: для виведення інформації.

Розглянемо детальніше підключення компонентів системи.

Модуль MB102 використовується для забезпечення стабільного живлення 5V для всіх компонентів. Вхід живлення (DC IN) модуля MB102 підключено до джерела живлення, що представлено батареєю 9V. Тоді як вихід 5V і GND використовується для живлення всіх компонентів у системі.

Для підключення ESP32-CAM до інших компонентів, було виконайте наступне.

Контакт VCC мікроконтролера ESP32-CAM з'єднано із 5V виходом модуля живлення MB102, а пін GND з'єднано із контактом GND на модулі MB102 для забезпечення живлення. Контакт GPIO 14 на ESP32-CAM підключено до контакту SDA I2C дисплея, а контакт GPIO 15 – до контакту SCL I2C дисплея для встановлення комунікації. Нарешті, контакт GPIO 13 на ESP32-CAM з'єднано із позитивним контактом модуля активного п'єзодинаміка, використовуючи обмежуючий резистор.

У модулі активного п'єзодинаміка позитивний контакт підключено до GPIO 13 ESP32-CAM (через резистор). Негативний контакт підключено до GND MB102.

На рисунку 2.11 наведено схему електрична принципова для системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

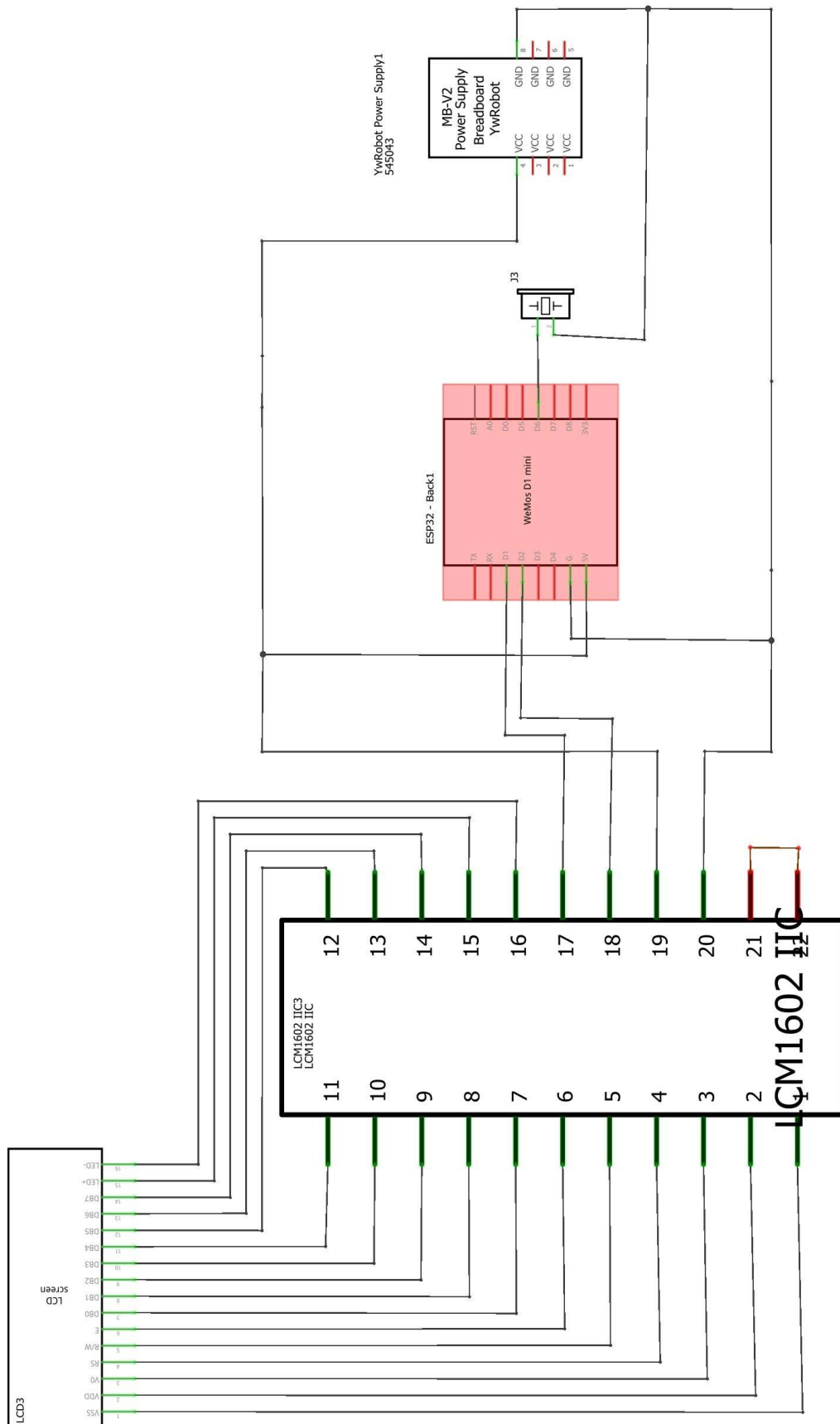


Рисунок 2.11 – Схема електрична принципова

2.5 Монтажна схема проектованої системи

Монтажну схему проектованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM було створено у середовищі Fritzing.

Для створення монтажної схеми у Fritzing для системи з ESP32-CAM, бузером, модулем живлення MB102 і I2C дисплеєм, було виконано ряд кроків.

Монтажну схему автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM подано на рисунку 2.12.

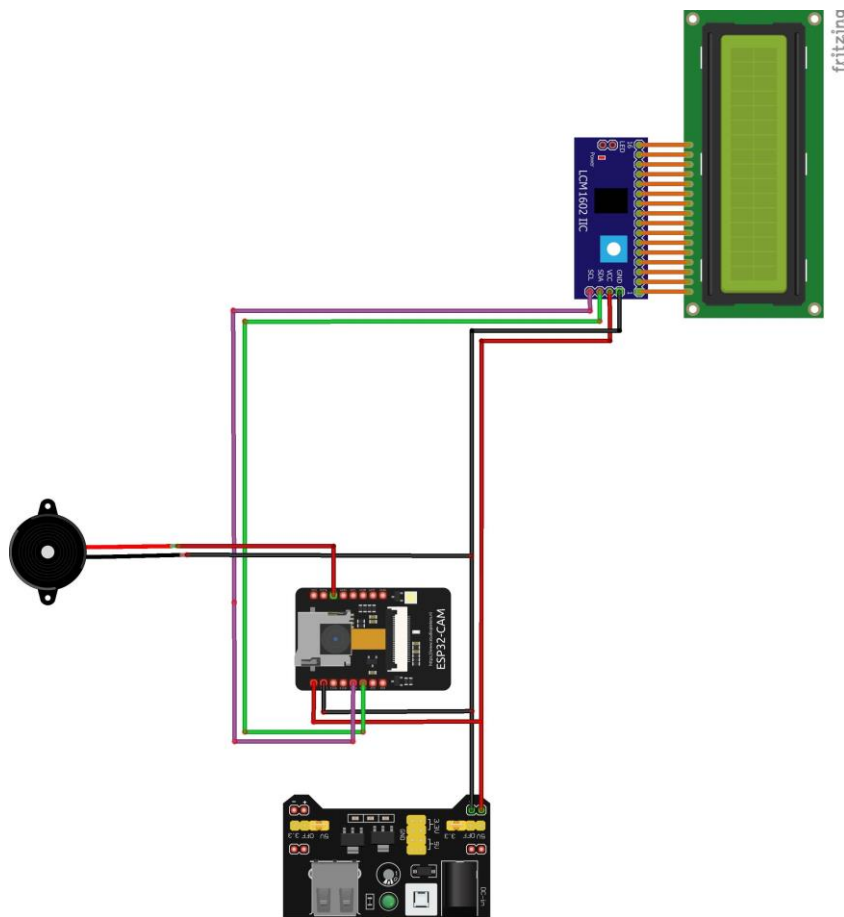


Рисунок 2.12 – Монтажна схема системи розпізнавання кольору хімічних елементів

Спочатку було розташовано на макетній платі модуль живлення MB102 і підключено його до джерела живлення (батареї). Від MB102 виконано з'єднання

для забезпечення 5V і GND до ESP32-CAM, дисплея і активного п'єзодинаміка. Далі, було підключено ESP32-CAM до MB102: пін VCC на ESP32-CAM з'єднано з виходом 5V на MB102, а пін GND – з GND на MB102. Для комунікації I2C дисплея з ESP32-CAM з'єднано пін SDA дисплея з GPIO 14 на ESP32-CAM, а пін SCL дисплея – з GPIO 15 на ESP32-CAM. Нарешті, підключено бузер до ESP32-CAM, з'єднавши його позитивний контакт з GPIO 13 на ESP32-CAM, а негативний контакт з GND на MB102.

Такиим чином створення монтажно́ї схеми у Fritzing допоможе візуалізувати підключення, розташувати компоненти на макетній платі та забезпечити правильне з'єднання всіх елементів системи.

2.6 Процес розпізнавання кольору за допомогою OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – це відкрита бібліотека для комп'ютерного зору та машинного навчання, яка містить понад 2500 оптимізованих алгоритмів. Вона широко використовується в різних галузях, включаючи робототехніку, аналіз зображень, розпізнавання облич, відстеження руху, обробку відео та багато іншого. Основні можливості OpenCV включають:

- фільтрація: підтримка різних методів фільтрації для покращення якості зображень (розмиття, різкість, гауссове розмиття тощо);
- перетворення кольорів: конвертація зображень між різними кольоровими просторами (RGB, HSV, Grayscale тощо);
- геометричні перетворення: масштабування, обертання, віддзеркалення та інші геометричні маніпуляції із зображеннями;
- аналіз зображень: виявлення контурів, сегментація, морфологічні операції та інші методи аналізу зображень;
- виявлення облич: використання алгоритмів каскадів Хаара або глибокого навчання для виявлення облич на зображеннях;
- розпізнавання облич: ідентифікація та верифікація облич, включаючи відстеження облич у реальному часі;

- розпізнавання тексту (OCR): використання методів оптичного розпізнавання тексту для витягування тексту з зображень;
- виявлення об'єктів: використання різних алгоритмів (наприклад, YOLO, SSD) для виявлення та класифікації об'єктів на зображеннях та відео;
- відстеження руху: відстеження об'єктів у реальному часі за допомогою алгоритмів відстеження, таких як KLT (Kanade-Lucas-Tomasi), MedianFlow та інші;
- відстеження кольорових об'єктів: відстеження об'єктів за допомогою їх кольорових характеристик, що особливо корисно для хімічних індикаторів;
- захоплення зображень та відео: підключення та робота з камерами для захоплення відео та зображень у реальному часі;
- обробка потокового відео: обробка відеопотоків, включаючи відео з мережевих камер та інших джерел.

Використання OpenCV для розпізнавання кольору хімічних індикаторів включає в себе виконання наступних етапів:

- захоплення зображень, використовуючи ESP32-CAM, здійснюється захоплення зображення хімічних індикаторів у реальному часі. OpenCV підтримує підключення до камер та захоплення зображень для подальшої обробки;
- попередня обробка зображень. Включає в себе два етапи – конвертація кольорового простору та фільтрацію. Конвертація кольорового простору здійснюється з метою перетворення зображення з формату RGB у HSV або LAB для точнішого аналізу кольору. Використання різних фільтрів здійснюється із метою покращення якості зображення, зменшення шуму та підвищення контрасту;
- розпізнавання кольору, використання методів сегментації кольору для виділення областей з певними кольорами. Наприклад, можна встановити порогові значення для кожного кольорового каналу в просторі HSV, щоб виділити області, що відповідають кольору хімічного індикатора. Далі здійснюється обчислення

середнього значення кольору в заданій області для точного визначення кольору хімічного індикатора;

– відображення результатів включає візуалізацію та збереження результатів. Відображення оброблених зображень та результатів аналізу виконується у реальному часі на дисплеї або веб-інтерфейсі. Збереження зображень та результатів аналізу здійснюється із метою подальшого аналізу або документації.

Узагальнений процес розпізнавання кольору за допомогою OpenCV представлено на рисунку 2.13.

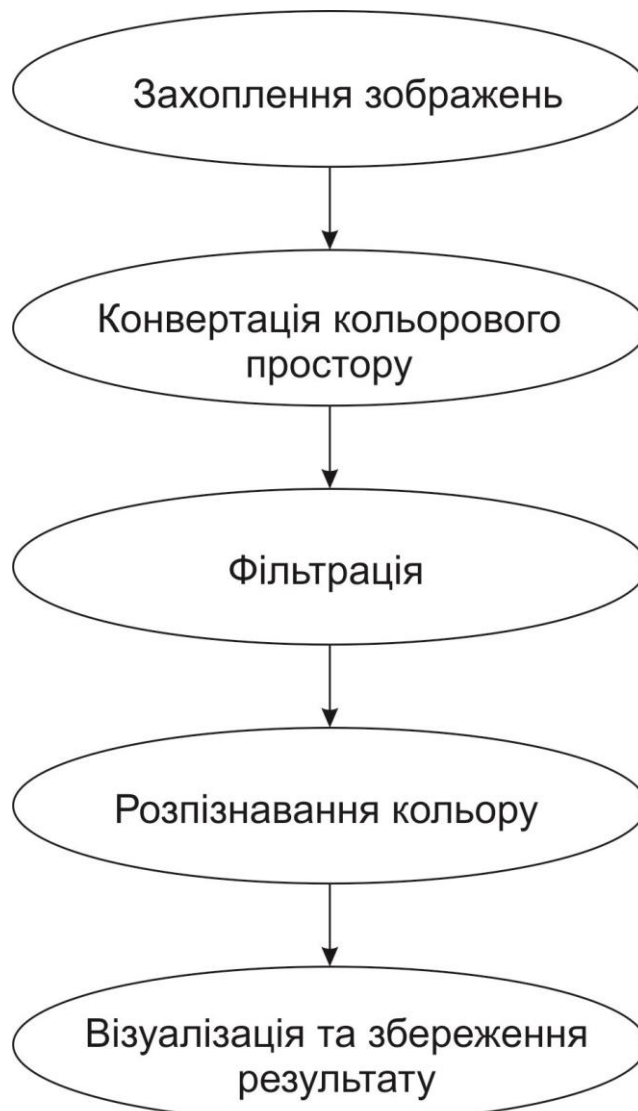


Рисунок 2.13 – Узагальнений процес розпізнавання кольору

2.7 Оцінка вартості системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Після проектування структури системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM та вибору апаратних компонентів було виконано оцінку вартості спроектованої системи. Оцінка вартості компонентів проекрованої системи наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Оцінка вартості компонентів проекрованої системи

№	Обладнання	Кількість, од	Ціна од, грн
1.	Мікроконтролер ESP32 CAM [7]	1	320
2.	Модуль активного п'єзодинаміка (buzzer), 5 В [8]	1	20
3.	LCD дисплей 16x2 із адаптером [9]	1	126
4.	Модуль живлення для макетної плати MB-102 [10]	1	32
5.	Додаткові компоненти (провідники, перемикач, конденсатори, резистори, тощо)	-	100

Виходячи із таблиці 2.1 загальна вартість всіх необхідних компонентів складає 598 гривень. Мікроконтролер ESP32-CAM, який є основним елементом системи, коштує 320 гривень, що становить значну частину від загальної суми. Інші важливі компоненти включають модуль активного п'єзодинаміка (buzzer), вартістю 20 гривень, і LCD дисплей 16x2 з адаптером, вартістю 126 гривень.

Загалом, інвестиції в апаратну частину системи є відносно невеликими, що робить цей проект доступним для реалізації у багатьох лабораторіях та медичних установах. З огляду на невисоку вартість та доступність компонентів, впровадження цієї системи може значно підвищити точність та ефективність

аналізу хімічних індикаторів, зменшивши ризик суб'єктивних помилок і підвищуючи надійність отриманих результатів.

2.8 Висновки

Запропоновано систему, яка складається із двох основних компонентів: клієнтської частини та серверної частини, що представлена персональною робочою станцією (персональний комп'ютер або ноутбук).

Клієнтська частина представлена головним компонентом – мікроконтролером ESP32-CAM, що задіяний для захоплення зображень та надсилання його на сервер.

Серверна частина виконує обробку зображень і відправлення результатів. Серверна частина, що працює на основі Flask, приймає зображення та обробляє його за допомогою програмного засобу OpenCV. Приведено узагальнений процес розпізнавання кольору за допомогою бібліотеки OpenCV. Для клієнтської частини було проведено вибір апаратних компонентів та проведено наближений розрахунок їх вартості. Приведено схеми монтажу та електричну принципову для клієнтської частини спроектованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

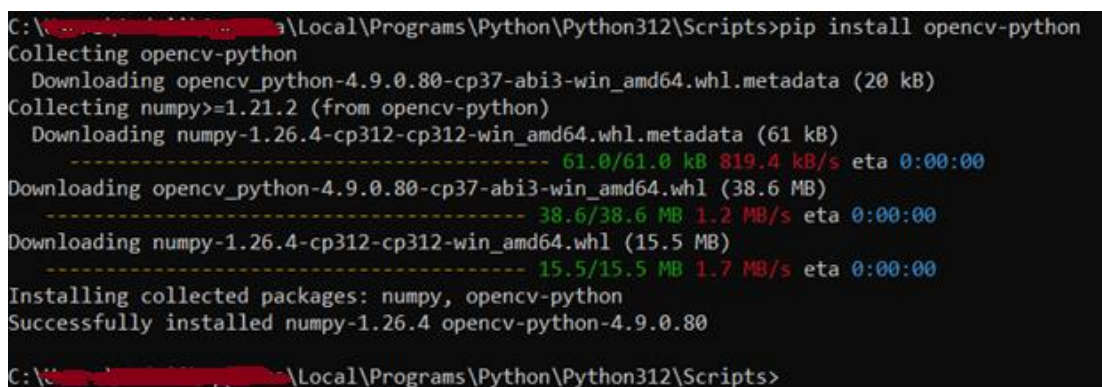
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ КОЛЬОРУ ХІМІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32-CAM

3.1 Підготовка персональної робочої станції

Для підготовки персональної робочої станції для системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM необхідно виконати кілька кроків. Це включає налаштування програмного забезпечення та інструментів, які забезпечать коректну роботу системи і взаємодію з ESP32-CAM.

Робоча станція має мати встановлений Python. Для цього було завантажено інсталятор з офіційного сайту Python та виконані інструкції по встановленню. Після встановлення Python необхідно встановити необхідні бібліотеки за допомогою pip (менеджера пакетів Python). Основні бібліотеки включали Flask для створення веб-сервера, OpenCV для обробки зображень (рисунок 3.1) і paho-mqtt для взаємодії з MQTT брокером. Для цього у терміналі було виконано наступні команди:

```
pip install flask  
pip install opencv-python  
pip install paho-mqtt
```



```
C:\Users\user\AppData\Local\Programs\Python\Python312\Scripts>pip install opencv-python  
Collecting opencv-python  
  Downloading opencv_python-4.9.0.80-cp37-abi3-win_amd64.whl.metadata (20 kB)  
Collecting numpy>=1.21.2 (from opencv-python)  
  Downloading numpy-1.26.4-cp312-cp312-win_amd64.whl.metadata (61 kB)  
----- 61.0/61.0 kB 819.4 kB/s eta 0:00:00  
Downloading opencv_python-4.9.0.80-cp37-abi3-win_amd64.whl (38.6 MB)  
----- 38.6/38.6 MB 1.2 MB/s eta 0:00:00  
Downloading numpy-1.26.4-cp312-cp312-win_amd64.whl (15.5 MB)  
----- 15.5/15.5 MB 1.7 MB/s eta 0:00:00  
Installing collected packages: numpy, opencv-python  
Successfully installed numpy-1.26.4 opencv-python-4.9.0.80  
C:\Users\user\AppData\Local\Programs\Python\Python312\Scripts>
```

Рисунок 3.1 – Встановлення пакунків opencv

Для розробки програмного коду для прошивки ESP32 CAM використано середовище Arduino IDE (рисунок 3.2). Arduino IDE (Integrated Development Environment) – це програмне середовище, створене для написання, компіляції та завантаження коду в мікроконтролери Arduino та сумісні з ними плати. Воно забезпечує зручний інтерфейс для розробників, де можна писати код на мові програмування, схожій на C++, і легко завантажувати його на плату через USB-з'єднання. Arduino IDE включає в себе велику кількість бібліотек та прикладів, що дозволяють швидко розпочати роботу з різними датчиками, модулями та іншими електронними компонентами. Це програмне середовище є відкритим та доступним для всіх, що сприяє популяризації електроніки та програмування серед аматорів та професіоналів.

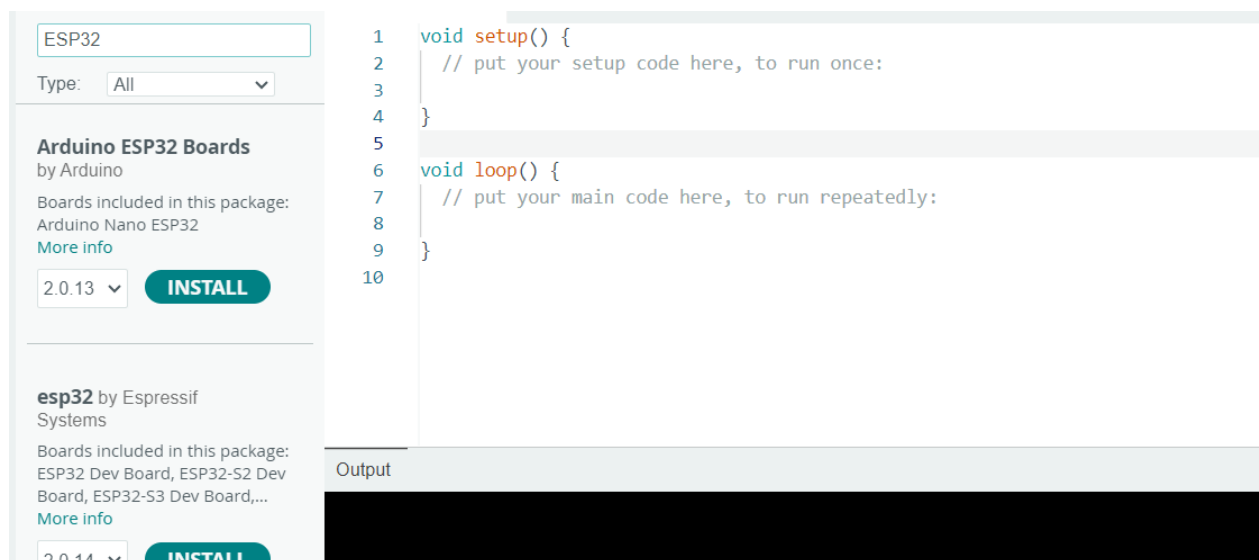


Рисунок 3.2 – Інтерфейсне вікно середовища Arduino IDE

Код для мікроконтролерів Arduino, написаний у середовищі Arduino IDE, має чітко визначену структуру, яка забезпечує правильне виконання програми. Основні компоненти структури коду включають функції `setup()` і `loop()`.

Функція `setup()` виконується один раз при запуску програми. У ній зазвичай розміщують ініціалізацію налаштувань, таких як встановлення режиму роботи пінів (входи чи виходи), налаштування серійного зв'язку та інші параметри, необхідні для початку роботи мікроконтролера.

Функція loop() виконується циклічно після виконання setup(). Код, розміщений у цій функції, виконується постійно, забезпечуючи безперервну роботу програми. Це основне місце, де реалізуються основні функції програми, наприклад, зчитування даних з датчиків, обробка інформації та керування виконавчими пристроями.

Окрім того на персональній робочій станції було встановлено брокер Mosquitto, за допомогою якого буде організовано публікацію та підписку назви кольору хімічного індикатора.

Mosquitto – це легкий відкритий брокер повідомлень, який реалізує протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). MQTT – це протокол обміну повідомленнями, який використовується для зв'язку між пристроями в мережах з обмеженими ресурсами, таких як Інтернет речей (Internet of Things – IoT). Mosquitto забезпечує передачу повідомлень між клієнтами MQTT, що робить його ідеальним для використання в системах з багатьма пристроями, які повинні обмінюватися інформацією в режимі реального часу.

Mosquitto підтримує основні функції протоколу MQTT, включаючи публікацію та підписку на теми, управління сесіями клієнтів, забезпечення якості обслуговування повідомлень і зберігання останніх повідомлень для нових підписників. Він може працювати на різних платформах, включаючи Windows, macOS, Linux та інші операційні системи, що робить його універсальним рішенням для розробників.

Брокер mosquitto часто використовується в IoT-проектах для збору даних з датчиків, управління пристроями, автоматизації домашніх систем, моніторингу промислового обладнання та багатьох інших застосувань, де потрібна ефективна передача невеликих обсягів даних у реальному часі. Основними перевагами даного брокера є простота налаштування, висока швидкість передачі повідомлень і підтримка різних рівнів якості обслуговування, що забезпечує надійний обмін даними навіть у нестабільних мережах.

3.2 Реалізація серверної частини системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів

З метою реалізації серверної частини системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів на персональній робочій станції створено додаток на базі Flask.

Flask – це мікрофреймворк для створення веб-додатків на мові програмування Python. Він надає розробникам інструменти та можливості для створення веб-серверів і обробки HTTP-запитів, що дозволяє швидко та ефективно створювати веб-сайти та API.

Flask досить легкий і мінімалістичний, але при цьому досить потужний для реалізації складних веб-додатків. Він не нав'язує жорстких структур чи шаблонів, тому розробники мають велику свободу у виборі способів реалізації функціоналу. Завдяки цьому Flask підходить як для невеликих проєктів, так і для великих веб-додатків.

Основні компоненти Flask включають маршрутизацію URL, яка дозволяє визначати, які функції обробляють певні запити, і шаблони, що допомагають динамічно створювати HTML-сторінки. Flask також легко інтегрується з іншими бібліотеками та інструментами, що робить його гнучким і розширюваним. Flask часто використовується для створення RESTful API, інтеграції з базами даних, реалізації автентифікації користувачів та багатьох інших веб-завдань. Завдяки простоті використання та добре документованим функціям, Flask є популярним вибором серед розробників Python.

Основна функція сервера полягає у отриманні фото від клієнта (ESP32-CAM), обробки його для визначення кольору центрального пікселя і відправки результатів назад на ESP32 через протокол MQTT.

Спочатку було імпортовано необхідні бібліотеки: Flask для створення веб-сервера, OpenCV для обробки зображень, NumPy для маніпуляції масивами та paho.mqtt.client для взаємодії з MQTT.

Далі визначався Flask-додаток і задавалась IP-адреса MQTT-брокера та тема для надсилання повідомлень. Визначено функцію зворотного виклику для підключення до MQTT-брокера, яка виводить на екран результат підключення. Функція для підключення до MQTT-брокера ініціалізує MQTT-клієнта, встановлює зворотний виклик і підключається до брокера.

Основна частина коду визначає маршрут Flask-сервера для обробки POST-запиту. Коли на сервер надходить запит на адресу '/upload', з нього витягується зображення у вигляді потоку байтів. Це зображення декодується у формат, придатний для обробки OpenCV.

Після цього зображення конвертується у колірний простір HSV для легшого визначення кольору. Визначається центральний піксель зображення і його значення відтінку (hue). Залежно від значення відтінку визначається колір (червоний, оранжевий, жовтий, зелений, синій або фіолетовий).

На зображення додаються графічні елементи для візуалізації кольору, зокрема, прямокутник з назвою кольору і коло на центральному пікселі. Потім зображення виводиться на екран для перегляду.

Нарешті, назва визначеного кольору надсилається на ESP32 через MQTT-тему. Після цього сервер відповідає клієнту повідомленням про успішне отримання і обробку фото.

Програмний код функції розпізнавання кольору хімічного індикатора із використанням opencv наведено на наступному лістингу:

```
def upload_file():  
    # Отримання фото з POST-запиту  
    img_stream = np.frombuffer(request.files['photo'].read(), np.uint8)  
    frame = cv2.imdecode(img_stream, cv2.IMREAD_COLOR)  
    # Обробка фото  
    hsv_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)  
    height, width, _ = frame.shape  
    cx = int(width / 2)  
    cy = int(height / 2)
```

```

# Вибір значення пікселя
pixel_center = hsv_frame[cy, cx]
hue_value = pixel_center[0]
# Встановлення відповідності кольору
color = "Undefined"
if hue_value < 5:
    color = "RED"
elif hue_value < 22:
    color = "ORANGE"
elif hue_value < 33:
    color = "YELLOW"
elif hue_value < 78:
    color = "GREEN"
elif hue_value < 131:
    color = "BLUE"
elif hue_value < 170:
    color = "VIOLET"
else:
    color = "RED"
pixel_center_bgr = frame[cy, cx]
b, g, r = int(pixel_center_bgr[0]), int(pixel_center_bgr[1]),
int(pixel_center_bgr[2])
cv2.rectangle(frame, (cx - 220, 10), (cx + 200, 120), (255, 255, 255), -1)
cv2.putText(frame, color, (cx - 200, 100), 0, 3, (b, g, r), 5)
cv2.circle(frame, (cx, cy), 5, (25, 25, 25), 3)
cv2.imshow("Frame", frame)
client.publish(mqtt_topic, color)
return "Photo received and processed successfully"

```

Узагальнений алгоритм серверної частини для визначення кольору хімічного індикатора наведено на рисунок 3.3.

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.3 – Узагальнений алгоритм серверної частини для визначення кольору хімічного індикатора

3.3 Реалізація прошивки для ESP32 CAM для системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів

Програма для мікроконтролера ESP32-CAM реалізує систему автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів. Основні етапи її роботи полягають у з'єднанні із WiFi, захопленні зображення за допомогою камери, відправці цього зображення на сервер для аналізу, та отриманні результатів через MQTT-протокол із подальшим відображенням інформації на LCD дисплеї.

Після ініціалізації необхідних бібліотек і налаштувань WiFi, програма підключається до вказаної WiFi мережі та встановлює MQTT-з'єднання з брокером. Для роботи з дисплеєм використовується бібліотека LiquidCrystal_I2C, яка ініціалізує LCD дисплей та встановлює його початковий стан.

Камера ESP32-CAM конфігурується за допомогою структури camera_config_t, де визначаються параметри підключення та якості захоплення зображень. Ця структура визначає всі необхідні параметри для ініціалізації та налаштування камери, такі як пін-коди, частота тактового сигналу, формат пікселів, розмір кадру тощо. У випадку виявлення зовнішньої пам'яті (PSRAM), вибирається вища якість зображення.

Основний цикл програми, що представлений функцією loop, перевіряє підключення до MQTT брокера і реагує на натискання кнопки користувачем. При натисканні кнопки здійснюється звуковий сигнал за допомогою п'єзодинаміка, після чого захоплюється зображення з камери. Отримане зображення відправляється на сервер за допомогою протоколу HTTP і POST запиту. Результати цього запиту виводяться в серійний монітор для діагностики.

Після відправки зображення на сервер, ESP32-CAM публікує повідомлення в MQTT-темі, що фото було зроблено. Коли сервер відправляє зворотне повідомлення із назвою кольору, функція зворотного виклику (callback) обробляє це повідомлення і відображає назву кольору на LCD дисплеї.

Таким чином, програма дозволяє автоматично розпізнавати кольори хімічних індикаторів і відображати результати на екрані з мінімальним втручанням користувача. Узагальнений алгоритм головної функції для мікроконтролера ESP32 CAM подано на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Узагальнений алгоритм головної функції для мікроконтролера ESP32 CAM

Програмний код прошивки головної функції для мікроконтролера ESP32 CAM представлений наступним лістингом:

```
void loop() {
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();

  if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

    camera_fb_t * fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) {
      Serial.println("Camera capture failed");
      return;
    }
    HTTPClient http;
    http.begin(server_address);
    http.addHeader("Content-Type", "image/jpeg");
    int httpResponseCode = http.POST(fb->buf, fb->len);
    if (httpResponseCode > 0) {
      Serial.printf("[HTTP] POST request sent, response code: %d\n",
httpResponseCode);
    } else {
      Serial.printf("[HTTP] POST request failed, error: %s\n",
http.errorToString(httpResponseCode).c_str());
    }
    http.end();
  }
}
```

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

```

client.publish(mqtt_topic, "Photo captured");
esp_camera_fb_return(fb);
}
}

```

Також було реалізовано функцію `initCamera`. Дана функція призначена для ініціалізації камери, підключеної до мікроконтролера ESP32-CAM. У ній було створено структуру конфігурації `camera_config_t`, в якій задано параметри для налаштування камери.

Спочатку встановлюються значення для різних пінів, які використовуються камерою для передачі даних і сигналів, таких як дані зображення, тактовий сигнал і синхронізація. Також задаються параметри для каналів і таймерів PWM, які використовуються для управління сигналами камери.

Далі перевіряється наявність зовнішньої пам'яті (PSRAM). Якщо вона є, камера налаштовується для зйомки з високою роздільною здатністю (UXGA) з високою якістю JPEG і використовує два фреймбуфери. Якщо ж PSRAM відсутня, використовується менша роздільна здатність (SVGA) з трохи нижчою якістю JPEG і лише один фреймбufer.

Після цього викликається функція `esp_camera_init()`, яка ініціалізує камеру з вказаними параметрами. Якщо ініціалізація проходить успішно, камера готова до використання. Якщо виникає помилка, вона виводиться на серійний порт для діагностики.

3.4 Результати роботи запропонованої системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

З метою перевірки ефективності роботи системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM було проведено експерименти із використанням різнокольорових кубиків. Були обрані кубики різних кольорів. Кожен кубик представляв один з

базових кольорів: червоний, жовтий, зелений та синій. Кубики були по черзі розміщені перед камерою ESP32-CAM на відстані, яка дозволяла камері чітко фіксувати їх колір. Камеру було налаштовано так, щоб центральна частина кадру захоплювала кубик.

Після того як система була підключена і готова до роботи на персональній робочій станції був запущений сервер, що очікував на зображення для їх подальшої обробки за допомогою OpenCV. Також був запущений MQTT брокер для комунікації між сервером та ESP32-CAM. Кожного разу при натисканні кнопки на ESP32-CAM відбувалося захоплення зображення кубика. Зображення передавалося на сервер через HTTP-запит. Сервер приймав зображення і обробляв його. Сервер використовував бібліотеку OpenCV для конвертації зображення з формату BGR у HSV. Потім визначався колір центрального пікселя зображення і відповідно до значення Hue обирався назва кольору. Визначений колір передавався через MQTT брокер назад на ESP32-CAM. ESP32-CAM отримував назву кольору і виводила її на LCD дисплей.

Результати роботи системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM наведено на рисунку 3.5.

Варто відзначити, що у випадку відсутності кольору система розпізнавання видавала результат “orange”, що було визначено в системі як колір за замовчуванням. Даний колір легко можна змінити, вказавши інше числове значення у відповідному місці коду. Це було зроблено з метою запобігання помилок у випадках, коли система не може визначити колір через слабе освітлення, перешкоди або інші фактори, які можуть вплинути на якість зображення.



Рисунок 3.5 – Результати роботи системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

3.5 Макет системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Було спроектовано макет системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM який представлений у формі пластикового корпусу. Пластиковий корпус забезпечує захист усіх електронних компонентів від зовнішніх впливів, таких як пилю, волога та механічні пошкодження. Це подовжує термін служби системи і забезпечує її надійну роботу в різних умовах. Окрім того такий корпус забезпечує ергономічність системи, роблячи її зручною для щоденного використання в лабораторних умовах. У корпусі передбачені отвори для всіх необхідних інтерфейсів, таких як кнопки, LCD дисплей, камера та роз'єми для живлення.

Всі компоненти системи, включаючи мікроконтролер ESP32-CAM, LCD дисплей, п'єзодинамік та допоміжні елементи, розміщені в компактному корпусі. Це дозволяє легко переносити і розміщувати систему на робочих місцях, де простір може бути обмеженим.

Окрім того корпус забезпечений отворами для вентиляції, що запобігає перегріванню електронних компонентів під час тривалої роботи. Це особливо важливо для забезпечення стабільної роботи камери та мікроконтролера.

На передній панелі коробки розміщений LCD дисплей, який чітко показує результати розпізнавання кольору. Також передбачені отвори для кнопок, що дозволяє користувачеві легко запускати процес захоплення зображення. Розташування компонентів на передній панелі робить роботу з системою інтуїтивно зрозумілою і зручною.

Корпус також має роз'єми для підключення до зовнішніх джерел живлення і мережевих інтерфейсів, що дозволяє легко інтегрувати систему в існуючу лабораторну інфраструктуру.

Пропонований макет системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів подано на рисунку 3.6.

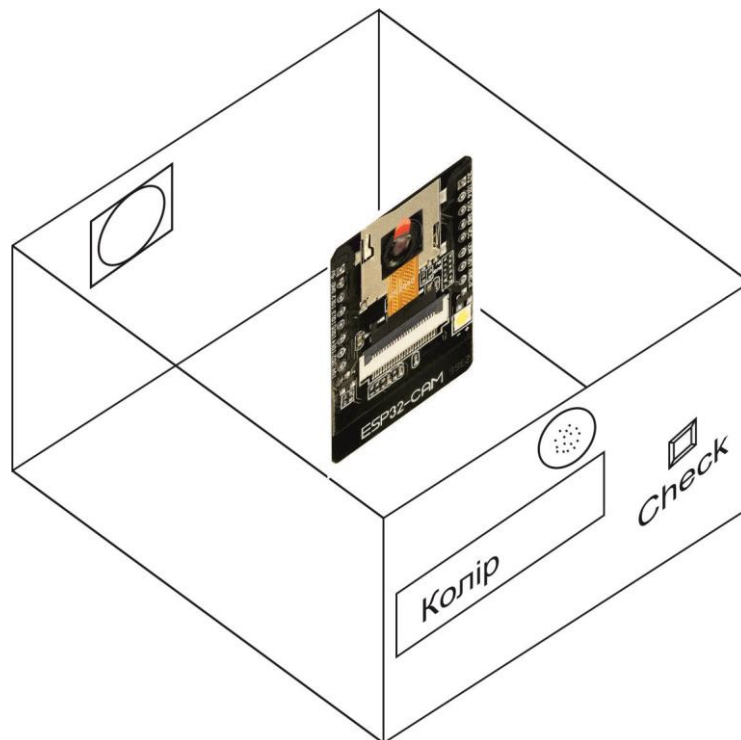


Рисунок 3.6 – Пропонований макет системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів

3.6 Висновки

Проведено програмну реалізацію системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Запропонована система складається із серверної частини, що представлена персональною робочою станцією, та клієнтської частини на базі мікроконтролера ESP32 CAM. З метою реалізації серверної частини системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів на персональній робочій станції створено додаток на базі Flask. Основна функція сервера полягає у отриманні фото від клієнта ESP32-CAM, обробки його для визначення кольору центрального пікселя і відправки результатів назад на ESP32 через протокол MQTT. Процес розпізнавання кольору хімічного індикатора реалізовано за допомогою бібліотеки OpenCV.

ВИСНОВКИ

Відомі та традиційні методи визначення кольору хімічних індикаторів за допомогою людського ока можуть бути суб'єктивними та схильними до помилок. Різні люди можуть по-різному сприймати кольори, що може призводити до різних інтерпретацій одного й того ж результату. Умови освітлення, колірна сліпота, втома спостерігача або навіть просто різні індивідуальні особливості зору, можуть суттєво впливати на точність визначення кольору. Крім того, суб'єктивність людського сприйняття робить результати таких вимірювань менш надійними та відтворюваними. Це створює значні ризики, особливо у випадках, коли від точності результатів залежить прийняття важливих рішень. Наприклад, у медичній діагностиці помилкове визначення кольору може призвести до неправильного діагнозу або лікування, що може мати серйозні наслідки для здоров'я пацієнта. У виробничих процесах неправильне визначення кольору може призвести до невідповідності продуктів стандартам якості, що в свою чергу може вплинути на репутацію компанії та її фінансові показники.

З огляду на ці обмеження було спроектовано систему автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

У першому розділі розглянуто загальні поняття про хімічні індикатори, проведено короткий огляд та особливостей. Наведено доменну область застосування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів. Досліджено відомі методи розпізнавання зображень для визначення кольору.

У другому розділі запропоновано структуру системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Для клієнтської частини було проведено вибір апаратних засобів та проведено розрахунок їх вартості. Приведено схеми монтажу та електричну принципову для клієнтської частини спроектованої системи автоматичного

					КвРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Обчислено вартість всіх необхідних апаратних компонентів. Відповідно до розрахунків загальна вартість клієнтської частини (без персональної робочої станції) компонентів складає близько 600 гривень.

У третьому розділі виконано програмну реалізацію системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. Запропонована система складається із серверної частини, що представлена персональною робочою станцією, та клієнтської частини на базі мікроконтролера ESP32 CAM. З метою реалізації серверної частини системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів на персональній робочій станції створено додаток на базі Flask. Основна функція сервера полягає у отриманні фото від клієнта ESP32-CAM, обробки його для визначення кольору центрального пікселя і відправки результатів назад на ESP32 через протокол MQTT. Процес розпізнавання кольору хімічного індикатора реалізовано за допомогою бібліотеки OpenCV.

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А. Особливості SMART-технологій на прикладі автоматизації житлового будинку, *Таврійський науковий вісник*. №1. 2022. С. 12-21.
2. Бабенко О. В. Актуальність технологій розумних будинків для підвищення енергоефективності економіки держави, *Матеріали XLVIII наук.-техн. конф. підрозділів Вінниц. нац. техн. ун-ту (НТКП ВНТУ-2019)* : зб. доп., Вінниця, 2019, С. 2920-2921.
3. Smart Home 101: Introduction and How It Works, URL: <https://palmetto.com/learning-center/blog/smart-home-101-guide-to-smart-home-technology> (дата звернення 31.05.2024).
4. Murthy M. S. et al Real Time Weather Monitoring System using IoT, *E3S Web of Conferences* 391, 01142, 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202339101142
5. Чижевська М. А. Параметри інформаційної системи “Розумний будинок”, *Наукові записки Державного університету телекомунікацій*, №4, 2019, С. 61-67.
6. Piyare R., Internet of things: ubiquitous home control and monitoring system using android based smart phone, *International Journal of Internet of Things*, 2 1 2013, Pp. 5-11.
7. Модуль Wi-Fi ESP32-CAM з камерою 2MP, URL: <https://arduino.ua/prod3458-modyl-wi-fi-esp32-s-kameroi-2mp> (дата звернення 31.05.2024).
8. LCD 1602 I2C символний дисплей 16x2 (синій), URL: <https://arduino.ua/ru/prod6188-lcd-1602-i2c-simvolnii-displei-16x2-sinii> (дата звернення 31.05.2024).
9. Модуль з активним пьезодінаміком (buzzer)? URL: <https://www.robostore.com.ua/moduli-i-datchiki/datchiki-zvuka/modul-s-dinamikom-buzzer/> (дата звернення 31.05.2024).

10. Модуль живлення для макетної плати MB-102 (5V/3.3V), URL: <https://arduinoakit.com.ua/ua/p1248392892-modul-pitaniya-dlya.html> (дата звернення 31.05.2024).

11. OpenCV Tutorials. URL: https://docs.opencv.org/4.x/d9/df8/tutorial_root.html (дата звернення 31.05.2024).

12. Sung W. T. et al Voice Guidance System for Color Recognition Based on IoT, *Computer Systems Science and Engineering*, Vol.45, No.1, 2023, Pp. 839-855. DOI:10.32604/csse.2023.030408.

13. Zare A. and Iqbal M. T., Low-cost ESP32, Raspberry Pi, Node-Red, and MQTT protocol based SCADA system, in Proc. 2020 IEEE Int. IOT, *Electronics and Mechatronics Conf. (IEMTRONICS)*, Vancouver, BC, Canada, Pp. 1–5, 2020.

14. Jangamreddy N., Sethi V. and Pal S., Web-based gesture recognition system for controlling heterogeneous IoT devices using deep learning, in Proc. 2019 11th Int. Conf. on *Communication Systems & Networks (COMSNETS)*, Bengaluru, India, Pp. 700–702, 2019.

15. Sun Y., Geng L. and Dan K., Design of smart mirror based on Raspberry Pi, in Proc 2018 Int. Conf. on *Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, Xiamen, China, Pp. 77–80, 2018.

16. Ching S. L. and Sabudin M., Website image colour transformation for the colour blind, in Proc. 2010 2nd Int. Conf. on *Computer Technology and Development*, Cairo, Egypt, Pp. 255–259, 2010.

17. Sun W., Zhang G. C., Zhang X. R., Zhang X. and Ge N. N., Fine-grained vehicle type classification using lightweight convolutional neural network with feature optimization and joint learning strategy, *Multimedia Tools and Applications*, vol. 80, no. 20, Pp. 30803–30816, 2021.

18. Sun W., Chen X., Zhang X. R., Dai G. Z., Chang P. S. et al., A multi-feature learning model with enhanced local attention for vehicle re-identification, *Computers, Materials & Continua*, vol. 69, no. 3, Pp. 3549–3560, 2021.

19. Liu J., Yang D., Lian M. and Li M., Research on intrusion detection based on particle swarm optimization in IoT, *IEEE Access*, vol. 9, Pp. 38254–38268, 2021.

20. Zhang W., Wang J., Han G., Huang S., Feng Y. et al., A data set accuracy weighted random forest algorithm for IoT fault detection based on edge computing and blockchain, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 4, Pp. 2354–2363, 2021.

21. Lin J. C., Wu J. M., Fournier P., Djenouri Y., Chen C. et al., A sanitization approach to secure shared data in an IoT environment, *IEEE Access*, vol. 7, Pp. 25359–25368, 2019.

22. Фурман І.О., Староверов Р.М., Мельський Д.О. Огляд можливостей «розумного будинку» для покращання побутових умов та зменшення витрат на утримання домогосподарств. *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. 2014. № 2. С. 79-80.

23. Бочкарьов О.Ю., Голембо В.А., Парамуд Я.С., Яцук В.О. Кіберфізичні системи: технології збору даних, Магнолія, 2024, 176 с.

24. Abomhara M. and Køien G. M., Security and privacy in the Internet of Things: Current status and open issues, *2014 International Conference on Privacy and Security in Mobile Systems (PRISMS)*, Pp. 1-8, 2014.

25. Чижевська М. А. Параметри інформаційної системи “Розумний будинок”, *Наукові записки Державного університету телекомунікацій*, №4, 2019, С. 61-67

26. Lee Y. T., Hsiao W. H., Huang C. M. and Chou S. C. T., An integrated cloud-based smart home management system with community hierarchy, *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 62, no. 1, pp. 1-9, Feb. 2016.

27. Swain K. B., Dash S. and Gouda S. S., Raspberry PI based Integrated Autonomous Vehicle using LabVIEW, *2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS)*, 2017, Pp. 69-73

28. Kim J. E., Boulos G., Yackovich J., Barth T., Beckel C. and Mosse D., Seamless integration of heterogeneous devices and access control in smart homes, *Proc. 8th Int. Conf. Intell. Environ. (IE)*, Pp. 206-213, Jun. 2012.

29. Gomez C. and Paradells J., Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, no. 6, Pp. 92-101, Jun. 2010.

30. Gill K., et al., A ZigBee-based home automation system, *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 55, no. 2, 2009, Pp. 422-430.
31. Lin J. C., Wu J. M., Fournier P., Djenouri Y., Chen C. et al., A sanitization approach to secure shared data in an IoT environment, *IEEE Access*, vol. 7, Pp. 25359–25368, 2019
32. Zhang W., Wang J., Han G., Huang S., Feng Y. et al., A data set accuracy weighted random forest algorithm for IoT fault detection based on edge computing and blockchain, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 4, Pp. 2354–2363, 2021
33. Kim J. E., Boulos G., Yackovich J., Barth T., Beckel C. and Mosse D., Seamless integration of heterogeneous devices and access control in smart homes, *Proc. 8th Int. Conf. Intell. Environ. (IE)*, Pp. 206-213, Jun. 2012.
34. Collotta M. and Pau G., A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33 12, 2015, Pp. 2988-2996.
35. Piyare R., Internet of things: ubiquitous home control and monitoring system using android based smart phone, *International Journal of Internet of Things*, 2 1 2013, Pp. 5-11.
36. Гайдукевич С.В., Семенова Н.П., Леськів Я.А. Особливості SMART-технологій на прикладі автоматизації житлового будинку, *Таврійський науковий вісник*. №1. 2022. С. 12-21.
37. Sharma M., Assotally A. and Bekaroo G., RaspIMonitor: A Raspberry Pi Based Smart Home Monitoring System, *2022 3rd International Conference on Next Generation Computing Applications (NextComp)*, Flic-en-Flac, Mauritius, 2022, Pp. 1-6.
38. Buki, Що таке індикатори та де їх використовують? URL: <https://buki.com.ua/blogs/shho-take-indikatori-ta-de-yix-vikoristovuyut/> (дата звернення 31.05.2024).
39. Medium, Color Recognition, URL: <https://medium.com/@vignesh.g1609/color-recognition-0fb41390d26e> (дата звернення 31.05.2024).

40. Gabriel K. Major color detection in robot vision LPU, *Laguna Journal of Engineering and Computer Studies* Vol. 4 No. 1 August 2018.
41. Darma J., et al Color recognition robot, 2011 *IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks*, Xi'an, China, 2011, Pp. 85-89, DOI: 10.1109/ICCSN.2011.6014855.
42. Barfeh P. Y. and Ramos E., Color Detection in Autonomous Robot-Camera, *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1169, 2018 3rd International Conference on Communication, Image and Signal Processing 16–18 November 2018, Sanya, China.
43. Color-based robotic sensing for wearables and soft robotics, URL: <https://techhq.com/2023/12/color-based-robot-sensing-for-wearables-and-soft-robotics/> (дата звернення 31.05.2024).
44. Real-time color detection using webcam and ESP32, URL: <https://www.robotique.tech/robotics/real-time-color-detection-using-webcam-and-esp32/> (дата звернення 31.05.2024).
45. Barrett S.F. Microchip AVR® Microcontroller Primer: Programming and Interfacing / S.F. Barrett, D. J. Pack, M. A. Thornton, *Morgan & Claypool Publishers*, 2019, 374 p.
46. Color Detection & Tracking with ESP32 CAM & OpenCV, URL: <https://how2electronics.com/color-detection-tracking-with-esp32-cam-opencv/> (дата звернення 31.05.2024).
47. Cvitic I., Perakovic D., Perisa M. and Gupta B., Ensemble machine learning approach for classification of IoT devices in smart home, *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, Pp. 1-24, 2021.
48. Mahmoud R., Yousuf T., Aloul F. and Zualkernan I., Internet of things (IoT) security: Current status challenges and prospective measures, 2015 *10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, Pp. 336-341, 2015.

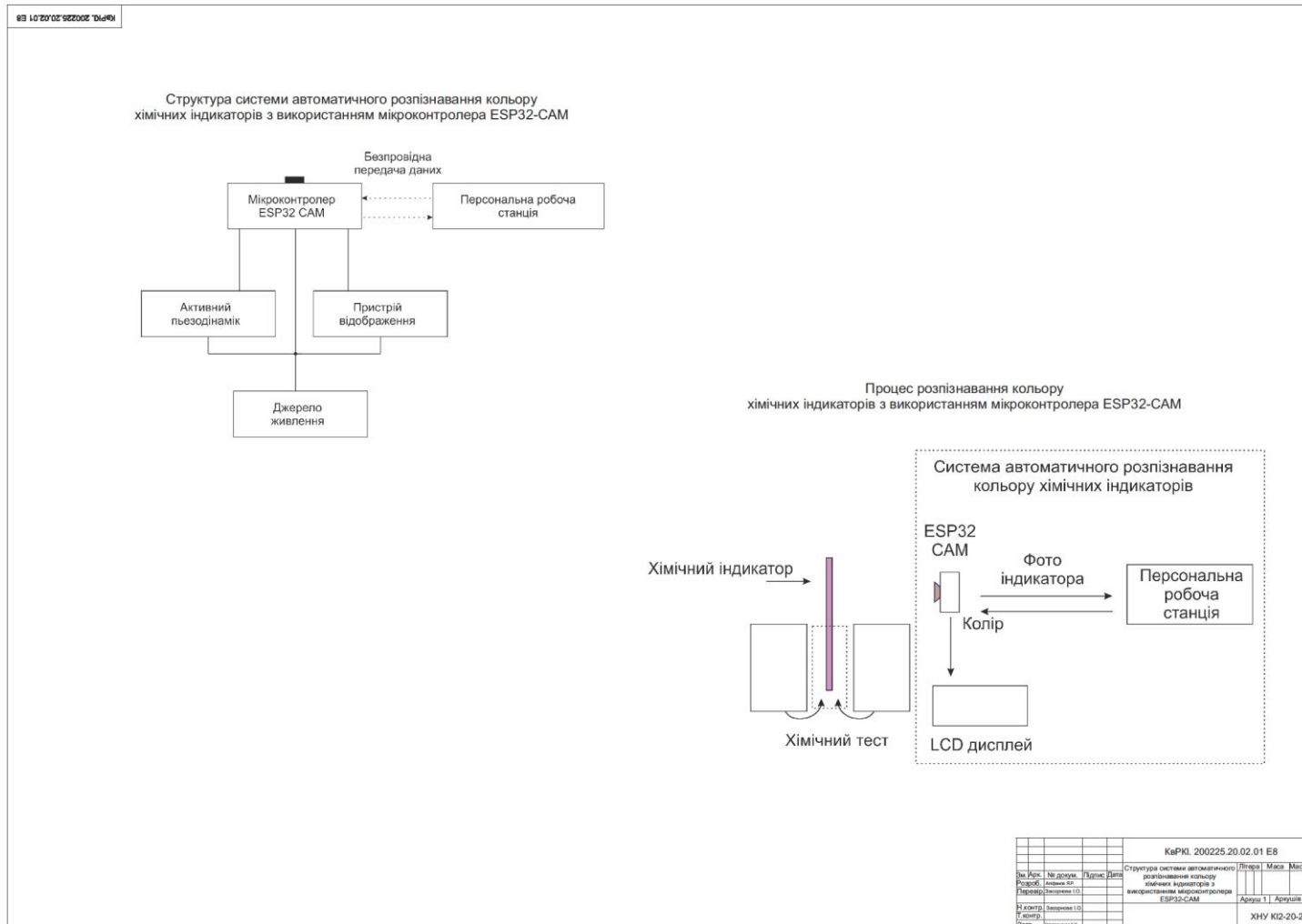
49. Bahrudin M. S., Kassim R. A. and Buniyamin N., evelopment of Fire alarm system using Raspberry Pi and Arduino Uno, *2013 International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE)*, 2013, Pp. 43-48.

50. Real-time color detection using ESP32CAM, URL: <https://www.robotique.tech/robotics/real-time-color-detection-using-esp32cam/>
(дата звернення 31.05.2024).

					КВРКІ. 200119.20.02.01 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

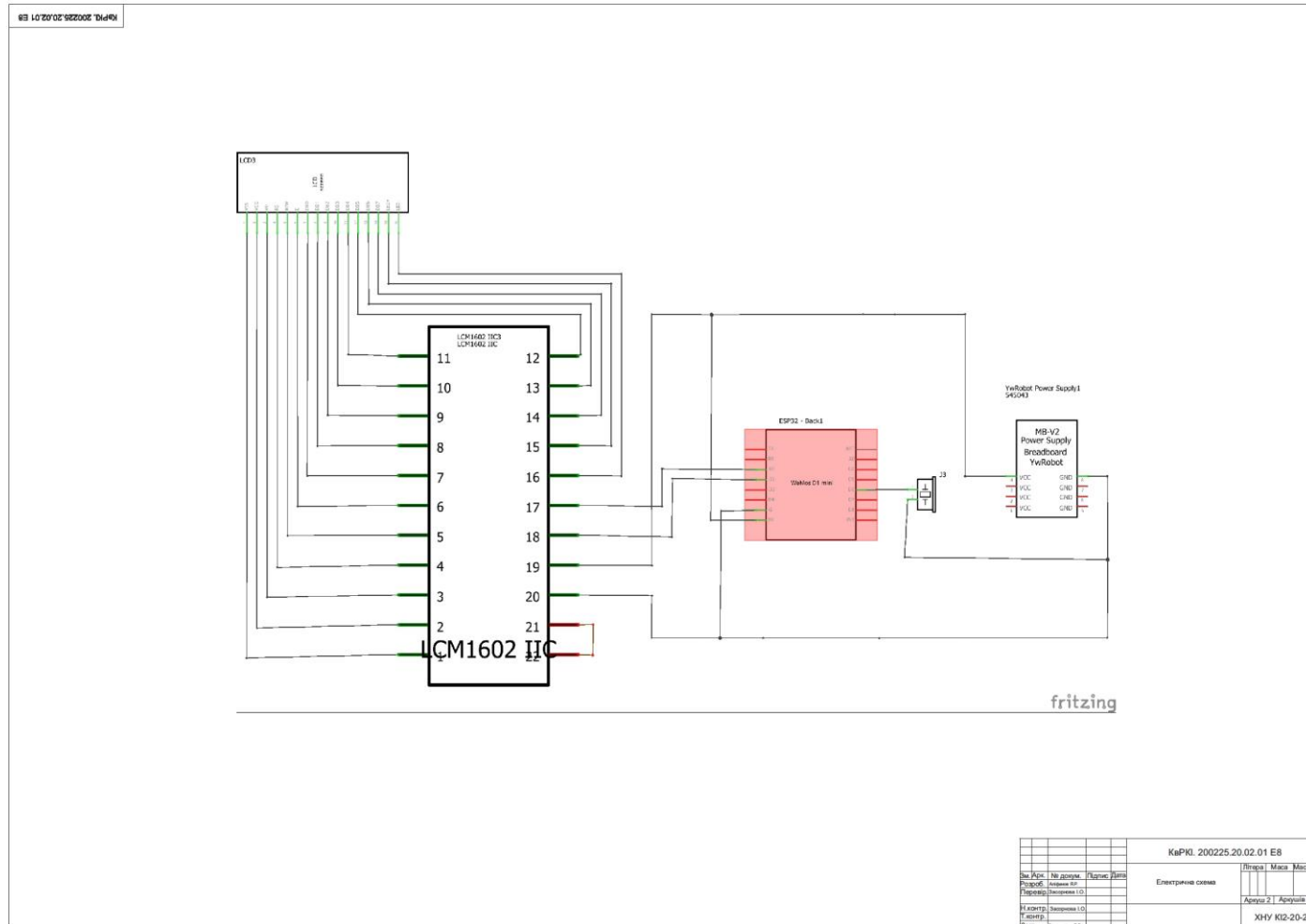
ДОДАТОК А

Копія креслення «Структура системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів»



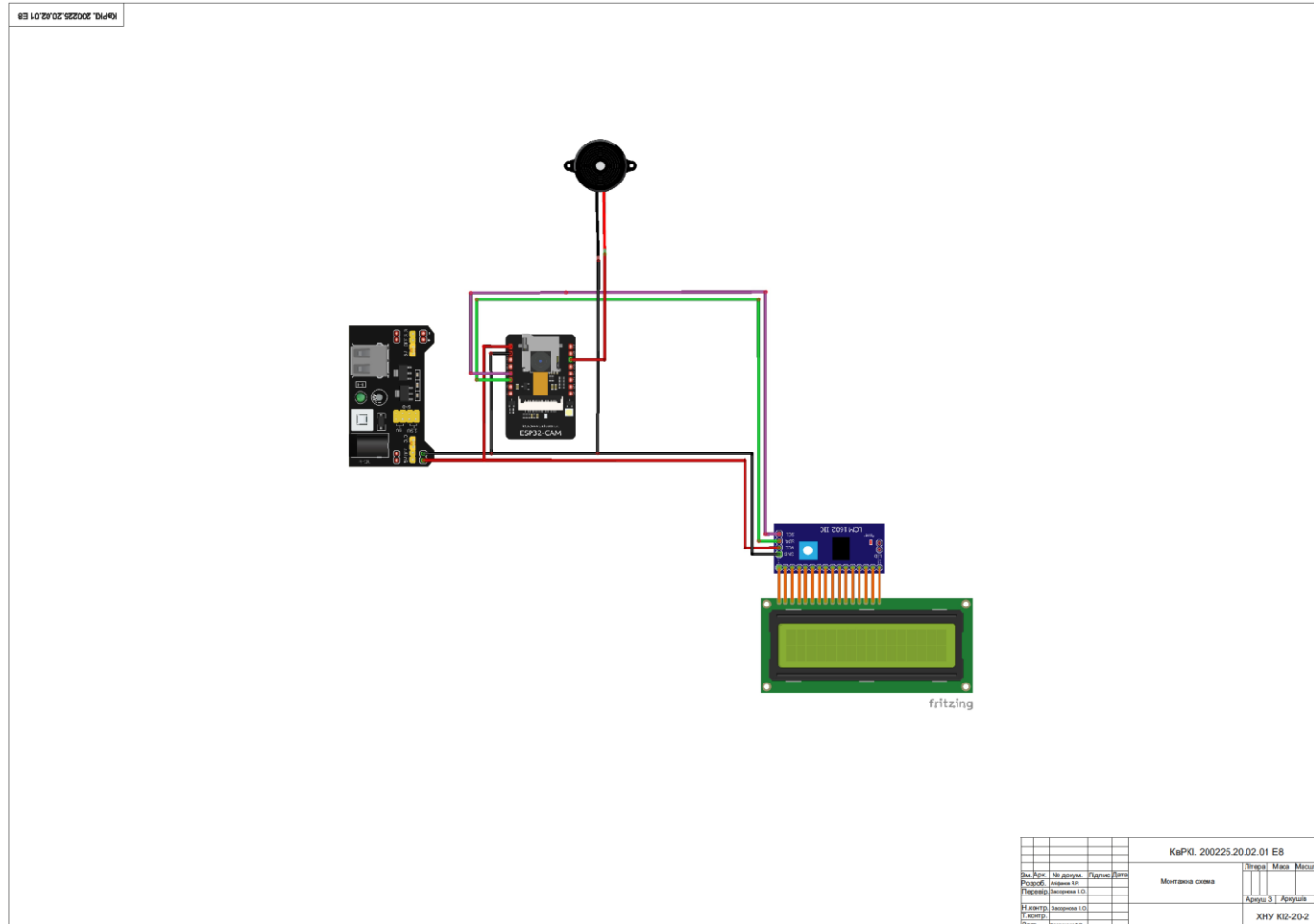
ДОДАТОК Б

Копія креслення «Електрична схема»



ДОДАТОК В

Копія креслення «Монтажна схема»



Ім'я користувача:
Кафедра КІ

Дата перевірки:
09.06.2024 11:47:34 EEST

Дата звіту:
09.06.2024 15:03:37 EEST

ID перевірки:
1016337529

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005591

Назва документа: Аліфанов_Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використ...
Кількість сторінок: 67 Кількість слів: 11499 Кількість символів: 88897 Розмір файлу: 20.47 MB ID файлу: 1016138503

5.04% Схожість

Найбільша схожість: 1.44% з Інтернет-джерелом (<https://pysource.com/2021/10/19/simple-color-recognition-with-openc...>)

4.33% Джерела з Інтернету 160 Сторінка 69

1.77% Джерела з Бібліотеки 75 Сторінка 70

0.23% Цитат

Цитати 1 Сторінка 71

Посилання 1 Сторінка 71

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 2

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 7.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 13%

ID: 129189
Назва: БКР Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-SAM
Додано в БД: 2024-06-09
Авто: Я.Р. Аліфанов
Керівники: І.О. Засорнова
Консультанти:
Опоненти:

Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
80114	643	6734 (8%)	59 (9%)

Джерело платігу

ID	Опис	Навність платігу в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Аліфанов Ярослав Русланович

Тема: Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг дипломної роботи:

Кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 60

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень У роботі представлено систему автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Дипломний проект відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено огляд доменної області дослідження. Розглянуто методи розпізнавання кольору хімічних індикаторів. У другому розділі здійснено проектування системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM. У третьому розділі виконано реалізацію системи автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM.

4. Позитивні сторони роботи: Спроектовано систему автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

5. Негативні сторони роботи: Відсутня функція збереження фото хімічного індикатора та результату розпізнавання його кольору, що було б корисно для подальшого аналізу.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:
пояснювальна записка та листи креслення виконані згідно діючих вимог

7. Відгук про роботу в цілому: В загальному робота виконана на задовільному рівні.

8. Інші зауваження: —

9. Оцінка дипломної роботи:

Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи вважаю, що робота заслуговує оцінки «задовільно» 3,25 (D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)_

Олександр БАРАК, зав. кат. КК, з.т.н., кр.б.

“ 19 ” 06 2024р.



Завідувачу кафедри КІПС
д-р.техн.наук, проф. Говорухенко Т. О.

Алієрашов Арюсов Русланович
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

19.06.2024

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система автоматичного розпізнавання кольору хімічних індикаторів з використанням мікроконтролера ESP32-CAM

Автор: Аліфанов Ярослав Русланович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Засорнова Ірина Олександрівна, к.т.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправлений поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправлений поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділі аналізу існуючих аналогів та відомих рішень, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ ідентичності/схожості Unichesk, складає 5,04% і адресується до 269 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 7%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС

І. О. Засорнова

С. М. Лисенко

Т. О. Говорушенко