

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: «IP камера відеонагляду на модулі ESP32-CAM»

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи ТКР-21мс
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотех-
ніка

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Фурман І. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ІРТС

Савицький А. Ю.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 06 2023 р.

Рецензент: д.т.н., проф. каф. ІКСТ

Михалевський Д. В.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

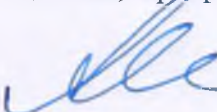
д.т.н. проф. Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

« 16 » 06 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Інформаційних електронних систем
 Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
 Спеціальність – 172 – Телекомунікації та радіотехніка
 Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
 д.т.н., проф. Осадчук О.В.

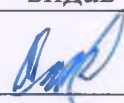
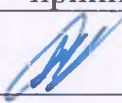


 21.03.2023 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Фурману Ігорю Вікторовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. IP камера відеонагляду на модулі ESP32-CAM
 керівник роботи к.т.н., доц. каф. ІРТС Савицький А. Ю.
 затверджені наказом вищого навчального закладу від "20"03 2022 року № 67
2. Строк подання студентом роботи 16 06 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: поле зору камери 25°, кут огляду по діагоналі внаслідок обертання 115°, Wi-Fi 802.11b/g/n до 150 Мб/с, частота кадрів 32fps, напруга живлення: 5 В, робоча температура -30°C~ 70°C
4. Зміст текстової частини: Вступ. Архітектура та апаратура засобів IP відеонагляду. Розрахунок технології виготовлення IP камери відеонагляду на модулі esp32-cam. Моделювання IP камери відеонагляду на esp32-cam. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Структурна схема IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM
Алгоритм роботи IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM
Схема електрична принципова та перелік елементів
Кресленик друкованої плати
Складальний кресленик та специфікація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	к.т.н., доцент Савицький А.Ю.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, професор д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 22.03. 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2023-28.02.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2023-23.03.2023	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	20.03.2023-31.03.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2023-06.05.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2023-18.05.2023	
6.	Розробка ілюстративної частини БДР	19.05.2023-22.05.2023	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2023-28.05.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	29.05.2023-06.06.2023	
9.	Нормоконтроль	07.06.2023-09.06.2023	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	10.06.2023-19.06.2023	
11.	Захист БДР ЕК	20.06.2023-21.06.2023	

Студент 

(підпис)

Фурман І.В.

Керівник роботи 

(підпис)

Савицький А. Ю.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.371

Фурман І. В. ІР камера відеонагляду на модулі ESP32-CAM. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 80 с.

Укр. мовою. Бібліограф.: 24 назв; рис.: 45; табл. 15.

Бакалаврська дипломна робота присвячена теоретичному вивченню та експериментальному дослідженню ІР камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM. В даній роботі розглянута архітектура та апаратура засобів ІР відеонагляду, а також розроблено структурну схему пристрою, вибрана сучасна елементна база, виконаний електричний розрахунок та розрахунок надійності з застосуванням прикладного програмного забезпечення.

У бакалаврській дипломній роботі здійснено розрахунок технології виготовлення ІР камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM, в якому були вибрані методи регулювання та вимірювальної апаратури, розроблений технологічний процес регулювання та настройки та розглянути основні несправності та методи їх усунення.

Для перевірки працездатності пристрою було проведено моделювання ІР камери.

Також в бакалаврській дипломній роботі були проведені розрахунки для розділу охорони праці.

Ключові слова: ІР камера, ESP32-CAM, відеонагляд, Wi-Fi, кроковий двигун, локальна мережа.

ABSTRACT

Furman I. V. IP video surveillance camera on the ESP32-CAM module. Bachelor's qualification work in the speciality 172 - Telecommunications and Radio-engineering, educational program – Radio-engineering. Vinnitsa: VNTU, 2023. 80 p.

In the Ukrainian language. Refs.: 24 titles. Figs.: 42. Tables: 15.

The bachelor's thesis is devoted to the theoretical study and experimental research of an IP video surveillance camera on the ESP32-CAM module. In this work, the feasibility study is considered, as well as the structural diagram of the device is developed, a modern element base is selected, and electrical calculation and reliability calculations are performed using application software.

The bachelor's thesis calculated the technology of manufacturing a video surveillance camera on the ESP32-CAM module, in which the methods of adjustment and measuring equipment were selected, the technological process of adjustment and adjustment was developed, and the main malfunctions and methods of their elimination were considered.

To test the device's performance, the IP camera was simulated.

Also in the bachelor's diploma work, calculations were made for labour protection.

Keywords: IP camera, ESP32-CAM, video surveillance, Wi-Fi, stepper motor, local network.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АРХІТЕКТУРА ТА АПАРАТУРА ЗАСОБІВ ІР ВІДЕОНАГЛЯДУ	10
1.1 Вибір та обґрунтування схеми пристрою.	10
1.2 Розробка програмного забезпечення.....	19
2 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ІР КАМЕРИ ВІДЕОНАГЛЯДУ НА МОДУЛІ ESP32-CAM	28
2.1 Вибір методів регулювання та вимірювальної апаратури	28
2.2 Розробка технологічного процесу регулювання та настройки.....	31
2.3 Основні несправності та методи їх усунення.....	32
2.4 Електричний розрахунок.....	34
2.5 Розрахунок надійності	44
3 МОДЕЛЮВАННЯ ІР КАМЕРИ ВІДЕОНАГЛЯДУ НА ESP32-CAM	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	56
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	58
4.3 Пожежна безпека.....	63
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) роботи	69
Додаток Б (обов'язковий). Ілюстративний матеріал	71
Додаток В (довідниковий). Лістинг програми для ІР камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM.....	77

ВСТУП

Актуальність теми.

На сьогодні актуальною науковою та інженерно-конструкторською задачею є розробка систем автоматизованого керування та обслуговування приміщень як технологічного так і житлового призначення. Однією з функцій, що має виконувати така система, є охоронна функція, що має адекватно спрацьовувати під час несанкціонованого проникнення у приміщення. Одним з напрямків охоронної діяльності є відеонагляд і відеофіксація.

Існує велика кількість видів засобів відеофіксації, які відрізняються між собою технічними можливостями і вартістю, в них входять аналогові та цифрові відеокамери, відеореєстратори, системи бездротового відеонагляду та багато іншого. Залежно від технічних можливостей та вартості, вибір конкретного засобу може бути важливим фактором для побудови ефективної системи відеофіксації та забезпечення безпеки приміщення. Одним із найбільш поширених видів відеокамер є IP камери, які пропонують значну кількість переваг у порівнянні зі звичайними аналоговими камерами, такими як висока якість зображення, можливість віддаленого керування та моніторингу за допомогою Інтернету, інтеграція з іншими системами безпеки та інші.

IP камери відеонагляду на модулях ESP32-CAM стали все більш популярними в наш час. Це пов'язано з тим, що вони забезпечують ефективний спосіб віддаленого відеонагляду та контролю, що важливо як для домашнього використання, так і для бізнесу та промисловості. Зокрема, такі камери дозволяють віддалено стежити за процесами на виробництві, контролювати безпеку на об'єктах, вести спостереження за домашніми тваринами та дітьми, а також захищати приватні території від злочинних посягань [1].

Україна не є винятком із загального тренду на використання IP камер відеонагляду. Застосування таких камер допомагає забезпечити безпеку і контроль на об'єктах різного призначення, таких як магазини, офіси, склади, приватні будинки, а також на вулицях міст. Проте, відсутність доступних та ефективних

рішень з виготовлення власних IP камер знижує шанси на розвиток вітчизняного виробництва та впровадження відповідних технологій у різних сферах економіки та побуту.

Аналіз останніх досліджень.

Дослідження в галузі IP камер відеонагляду на модулі ESP32-CAM показують, що ця технологія стає все більш популярною в різних сферах, таких як безпека, моніторинг виробництва, відеоконтроль над автомобілями та багато іншого.

Багато досліджень в цій області зосереджені на розробці та вдосконаленні програмного забезпечення, що дозволяє отримувати відео з IP камер та зберігати його на хмарних сервісах. Дослідження також присвячені зниженню енергоспоживання IP камер та вдосконаленню їхньої безпеки, в тому числі захисту від злому та зловживання.

Є дослідження, присвячені розробці систем відеонагляду на основі модулів ESP32-CAM, які дозволяють створювати багатофункціональні системи зі звуковим сигналом, розпізнаванням обличчя та іншими додатковими можливостями.

Метою роботи є дослідження та оптимізація системи відеофіксації з метою покращення її ефективності, підвищення надійності та забезпечення якісного зображення [2].

Основними задачами дослідження є:

- дослідження можливостей модуля ESP32-CAM та його використання у системі відеонагляду;
- розробка програмного забезпечення для збору, обробки та передачі відеоданих з IP камери на ESP32-CAM;
- тестування розробленого програмного забезпечення та його оцінка.

Об'єктом дослідження є процес захоплення відеосигналу, подальше перетворення відеосигналу в цифровий сигнал (аналогово-цифрове перетворення) і подальше кодування та стиснення цифрового відеосигналу для передачі через мережу для подальшого відтворення зображення на відповідному пристрої чи екрані.

Предметом дослідження є параметри та характеристики IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM.

Новизна отриманих результатів.

1. Запропоновано новий метод приєднання камери відеонагляду до системи шляхом додавання можливості обертання камери. Це технічне удосконалення системи відеонагляду, що сприяє більш гнучкому спостереженню і відстеженню об'єктів.

2. Доведено технічні переваги використання даної модифікованої камери в системах відеонагляду. Це включає покращену можливість спостереження, більш точну і деталізовану реєстрацію подій та збереження відеозаписів, що сприяє підвищенню рівня безпеки та забезпеченню прав приватної власності на охоронюваних об'єктах.

1 АРХІТЕКТУРА ТА АПАРАТУРА ЗАСОБІВ ІР ВІДЕОНАГЛЯДУ

ІР відеоспостереження містить пристрої, які працюють на основі стандартної мережевої архітектури - локальної мережі Ethernet. Локальна мережа Ethernet є стандартом організації локальних обчислювальних систем і використовується для об'єднання пристроїв, які знаходяться поблизу один від одного, наприклад, в одному будинку, групі офісів або групі будівель.

Бездротове ІР відеоспостереження стає все більш популярним завдяки широкому використанню технологій передачі даних, таких як Wi-Fi, Bluetooth і Wi-MAX. Для використання бездротового мережевого відеоспостереження користувачам потрібно мати покриття бездротового інтернету Wi-Fi на об'єкті. ІР відеокамери можна підключати безпосередньо через модем або адаптер. Також ІР відеоспостереження можна реалізувати за допомогою мобільних мереж зв'язку. Це дозволяє здійснювати віддалений моніторинг об'єкта з будь-якої точки світу, що є надзвичайно зручним для власників бізнесу, які здійснюють діяльність на відстані від об'єкта або для тих, хто має декілька об'єктів на різних територіях [3].

Ця ІР камера відеонагляду є відмінним варіантом для підприємств, які потребують точного обліку продукції. Завдяки функції знімання з камери, пристрій допоможе вести облік продукції, що значно полегшить процес. Крім того, камеру можна використовувати для відеонагляду в приміщенні без "сліпих зон" завдяки можливості обертання камери на двигуні. Це надасть користувачам більше інформації зображення камери, що буде корисно тим, хто бажає підвищити рівень безпеки та охопити більшу територію для відеонагляду.

Зважаючи на все це тема бакалаврської дипломної роботи є актуальною та знайде попит серед різних споживачів.

1.1 Вибір та обґрунтування схеми пристрою

Метою цього розділу є забезпечення оптимального вибору схеми, яка задовольняє потреби пристрою і забезпечує його ефективну роботу з урахуванням обґрунтованих вибіркових критеріїв.

1.1.1 Розробка структурної схеми

IP камера, що розробляється, повинна стежити за приміщенням або територією. Завдяки тому, що камера може обертатись, вона має більший огляд.

Для синтезу структурної схеми даного пристрою використовуються всі пункти технічного завдання:

Оскільки розробляється IP камера, то потрібно забезпечити:

- 1) напруга живлення драйверу 5В;
- 2) напруга живлення ESP32-CAM 5В;
- 3) робоча температура: $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$;
- 4) максимальна потужність на канал 50Вт.

Прилад побудований на модулі ESP32-CAM, в якому є Wi-Fi модуль, який передає інформацію з камери на Wi-Fi мережу, цим керує влаштований мікроконтролер в модуль ESP32-CAM, також він керує кроковим двигуном через драйвер. В результаті IP камера набуває вигляду, який зображений в Додатку Б.

Технічної конструкції модуля ESP32-CAM використовується для зчитування даних з камери та передачі отриманої інформації до вказаної IP адреси в Інтернеті.

Для керування кроковим двигуном необхідно використовувати драйвер на мікросхемі ULN2003, оскільки пряме підключення до ESP32-CAM може призвести до перевантаження інтерфейсу через велику потужність крокового двигуна.

1.1.2 Вибір мікроконтролера та огляд його архітектури

Розробка структурної схеми, також як і принципіальної схеми, починається з розробки аналогово-цифрового перетворювача, який є її основою. Досить доцільно використовувати мікроконтролер, який широко застосовується в цифровій техніці. Цей метод дозволяє отримати високу точність не прикладаючи надмірно високі вимоги до стабільності компонентів.

Для даного пристрою обрано готовий модуль-платформу ESP32-CAM. ESP32-CAM - це модуль, який призначений для підключення камери OV2640 з чіпом ESP32-S, яка підключається до виділеного для неї роз'єму на

мікроконтролері. Окрім модуля камери OV2640 та кількох GPIO для підключення зовнішніх пристроїв, також присутній роз'єм для карт пам'яті microSD. Цей роз'єм є корисним для зберігання зображень, знятих камерою, або для зберігання інших файлів. ESP32-CAM має зовнішній вигляд відповідно до рисунка 1.2. [4]



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд плати ESP32-CAM

Технічні характеристики плати ESP32-CAM: [5]

- 1) Розмір плати становить 40.5x27x4.5 мм;
- 2) Модуль ESP32-S має підтримку WiFi 802.11 b/g/n та Bluetooth 4.2 LE, обладнаний PCB антеною, роз'ємом u.FL і 32 Мбіт SPI флешпам'ять;
- 3) PSRAM 4 Мбіт;
- 4) Наявний роз'єм для мікро SD-карти до 4 Гб для зберігання даних;
- 5) Підтримувані формати зображень включають JPEG (тільки для OV2640), BMP і відтінки сірого;
- 6) Максимальна потужність на канал становить 50Вт;
- 7) Діапазон робочих температур плати -30°C~70°C;
- 8) Deep-sleep – 6 мА @ 5 В мінімум;
- 9) Modem-sleep – 20 мА @ 5 В мінімум.

В комплекті з ESP32-CAM є камера OV2640, яка використовується для отримання зображення.

Технічні характеристики камери OV2640 плати ESP32-CAM:

- 1) Розмір оптичного сенсора: 1/6";
- 2) Фоточутливий масив: 640x480;
- 3) Поле зору: 25°;
- 4) Відношення сигнал-шум: 46 дБ;
- 5) Динамічний діапазон: 52 дБ;
- 6) Чутливість: 1,3 В/(люкс-сек);
- 7) Область пікселів: 3,6 мкмx 3,6 мкм;
- 8) Максимальна частота кадрів: 30 fpsVGA;
- 9) Напруга: 1,7-3,0 В;
- 10) Енергоспоживання: 60 мВт/5 fpsVGA;
- 11) Робоча температура: -30°C ~ 70°C.

Більш детальну схему виводів та їх опис зображено на рисунку 1.3.

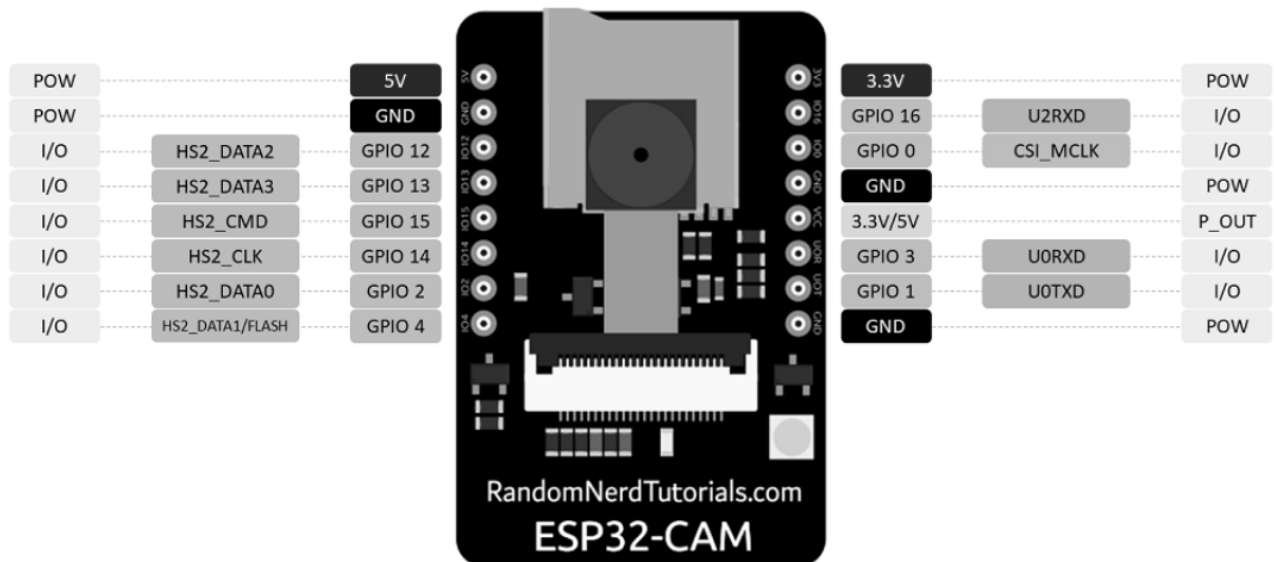


Рисунок 1.2 – Зображення та призначення всіх виводів ESP32-CAM

На рисунку 1.3. наведено функціональну схему модуля платформи ESP32-CAM.

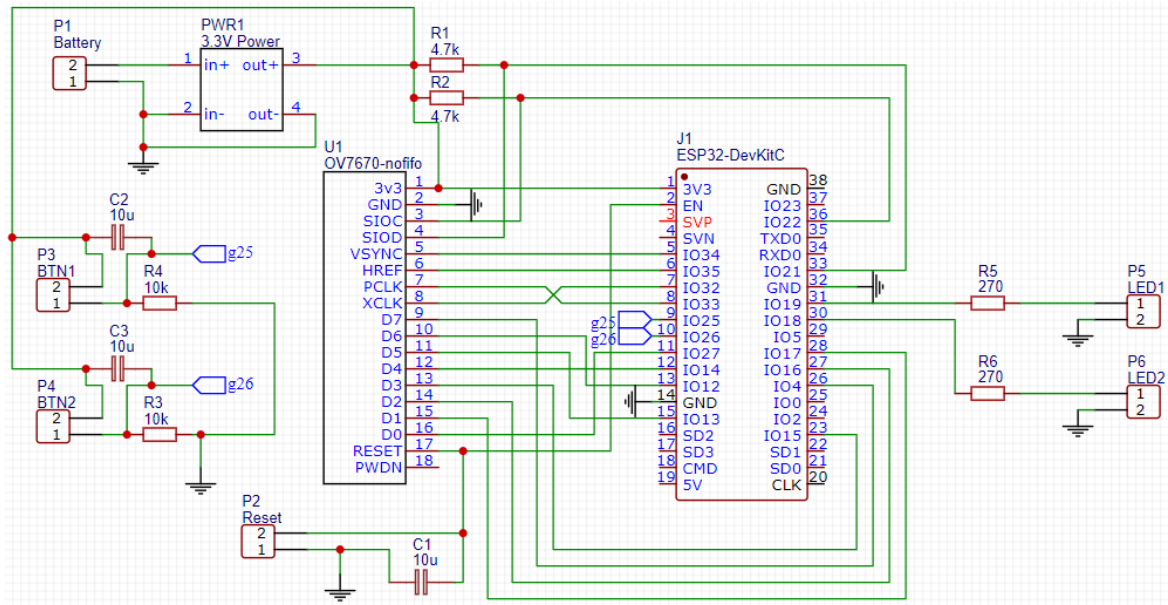


Рисунок 1.3 – Функціональна схема ESP32-CAM

В результаті було розроблено принципову схему та на її основі створено складальне креслення та креслення друкованої плати, що зображено в ілюстративних матеріалах (Додаток Б).

1.1.3 Вибір електродвигуна

Електричний двигун, або електродвигун, здатний перетворювати електричну енергію на механічну для приведення різного роду машин та механізмів у рух. Завдяки компактним розмірам та високій точності позиціювання, для обертання камери було використано кроковий двигун.

Крокові двигуни забезпечують точне регулювання кута повороту та швидкості з використанням імпульсних сигналів. Їх компактний корпус дозволяє створювати високий крутний момент, що робить їх ідеальними для швидкого прискорення та реагування. Крокові двигуни можуть утримувати своє положення на зупинці завдяки механічній конструкції. Для керування кроковим двигуном використовують драйвер, який перетворює імпульсні сигнали на рух двигуна.

Кожен цикл увімкнення / вимкнення зараховується як один імпульс. Команда з одним імпульсом змушує вихідний вал двигуна повертатися на один

крок. Рівні сигналу, що відповідають умовам увімкнення та вимкнення напруги, позначаються як "H" та "L" відповідно.

Величина обертання крокового двигуна пропорційна кількості імпульсних сигналів (числа імпульсів), поданих на драйвер. Зв'язок обертання крокового двигуна (кута повороту вихідного вала двигуна) і числа імпульсів виражається на рисунку 1.5. [6]



Рисунок 1.5 – Пропорційність величини обертання та імпульсних сигналів

Для даного приладу можна використати кроковий двигун на 5В тому, що подібна напруга подається на ESP32-CAM і не буде необхідності використовувати додатковий регулятор напруги. Найпоширенішим з двигунів з такою напругою є 28BYJ-48. Цей двигун має в цілому чотири котушки. Один кінець усіх котушок підключений до дроту + 5 В (червоний), а інший кінець кожної котушки витягується у вигляді дротових кольорів відповідно помаранчевого, рожевого, жовтого та синього кольорів.

Технічні характеристики крокового двигуна 28BYJ-48: [7]

- 1) Котушка: однополюсна 5 свинцева котушка.
- 2) Номінальна напруга: 5 В постійного струму.
- 3) Кількість фаз: 4.
- 4) Кут кроку: $5.625^\circ / 64$.
- 5) Втягуючий крутний момент: 300 gf.cm.
- 6) Ізольована потужність: VAC/1mA/1s.

Щоб зрозуміти, як змусити цей двигун обертатися, слід ознайомитись зі схемою котушок на рисунку 1.6

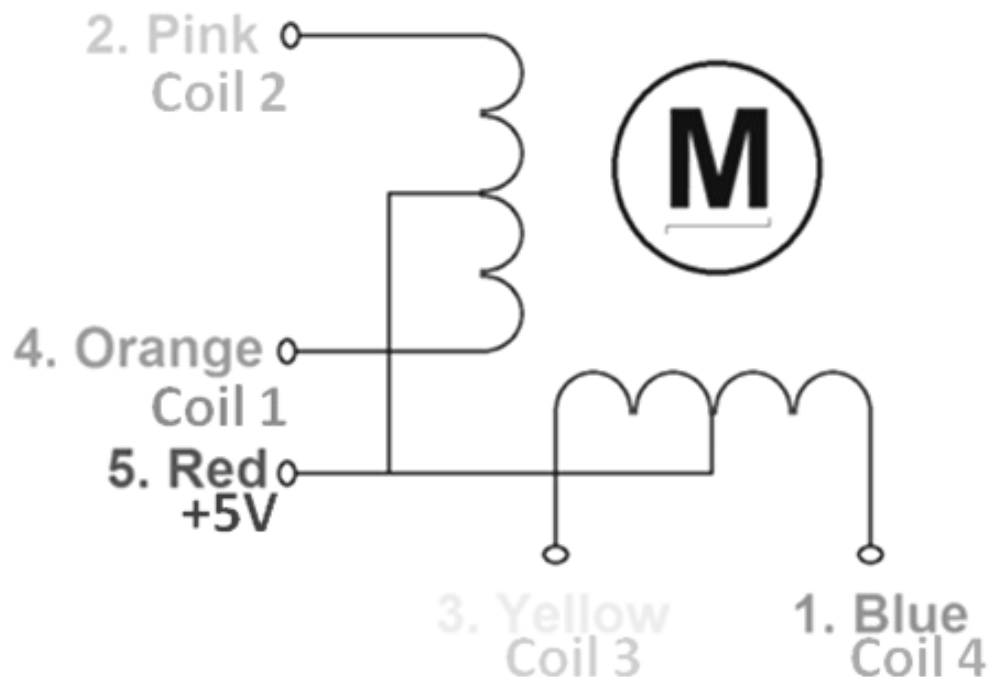


Рисунок 1.6 – Схема котушок крокового двигуна

У двигуні чотири котушки, і один кінець всієї котушки прив'язаний до + 5 В (червоний), а інші кінці (помаранчевий, рожевий, жовтий та синій) виведені як дроти. Червоний провід завжди забезпечується постійною напругою + 5 В, і ця напруга + 5В буде знаходитися поперек (під напругою) котушки, лише якщо інший кінець котушки заземлений. Кроковий двигун можна змусити обертатись лише за умови, що котушки живляться (заземлюються) у логічній послідовності. Цю логічну послідовність можна запрограмувати за допомогою мікроконтролера або за допомогою проектування цифрової схеми. Котушка утримується на рівні + 5 В, оскільки обидва кінці котушки знаходяться на рівні + 5 В (червоний та інший кінець), котушка не буде під напругою. Подібним чином "0" означає, що котушка тримається на землі, тепер один кінець буде + 5 В, а другий заземлений, щоб котушка отримувала напругу [7].

1.1.4 Вибір драйверу електродвигуна.

Драйвер буде керувати струмовими навантаженнями за допомогою цифрових логічних схем. В даному приладі використовуємо схему ULN2003, вона є однією з найбільш часто використовуваних мікросхем драйверів двигуна.

Характеристики ULN2003:

- 1) Містить 7 пар Дарлінгтона з високовольтними та сильними струмами.
- 2) Кожна пара призначена для 50 В та 500 мА.
- 3) Вхідні висновки можуть спрацьовувати на +5В.
- 4) Всі 7 вихідних штифтів можна під'єднати для приводу навантажень до 3,5А.
- 5) Можна безпосередньо керувати логічними пристроями, такими як Digital Gates, Arduino, PIC тощо.
- 6) Доступний у 16-контактних пакетах DIP, TSSOP, SOIC.

На цій мікросхемі можна побудувати драйвер, через який буде здійснюватися керування кроковим двигуном.

На платі розташований п'яти контактний роз'єм для підключення до крокового двигуна і чотири світлодіоди – світлодіодна індикація включення обмоток. Також розташований конденсатор, який фільтрує живлення, щоб не було імпульсних шумів, бо вони впливають на роботу мікросхеми та через це може подаватись не правильна команда. Підключення драйверу до двигуна зображено на рисунку 1.7

Характеристики драйверу на базі ULN2003: [8]

- 1) Діапазон напруги живлення двигуна від 5 до 12В;
- 2) Присутність 4 фаз для виведення сигналів;
- 3) Максимальний струм для бази (управління) складає 25 мА;
- 4) Напруга керування становить 5В;
- 5) Номінальний струм колектора одного ключа дорівнює 0,5А;
- 6) Наявність індикації для відображення стану фаз;
- 7) Наявність захисних діодів на виходах.

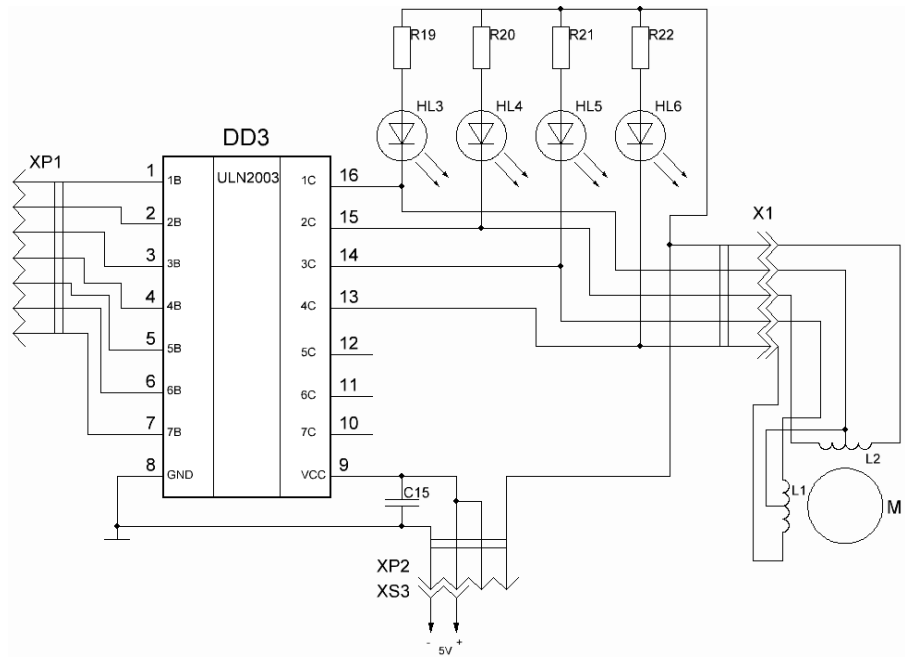


Рисунок 1.7 – Принципова схема драйверу підключеного до двигуна

1.1.5 Розробка функціональної схеми

Потрібно обрати порти для керування кроковим двигуном, це можуть бути будь-які цифрові піни. Для керування двигуном були обрані піни 3, 4, 5 та 6. Керування двигуном буде відбуватись через драйвер, для цього підключається кроковий двигун до п'яти контактному роз'єму на драйвері. Оскільки необхідна напруга для живлення ESP32-CAM та драйверу для крокового двигуна однакова, то їх можна об'єднати. Отримана функціональна схема наведена на рисунку 1.8.

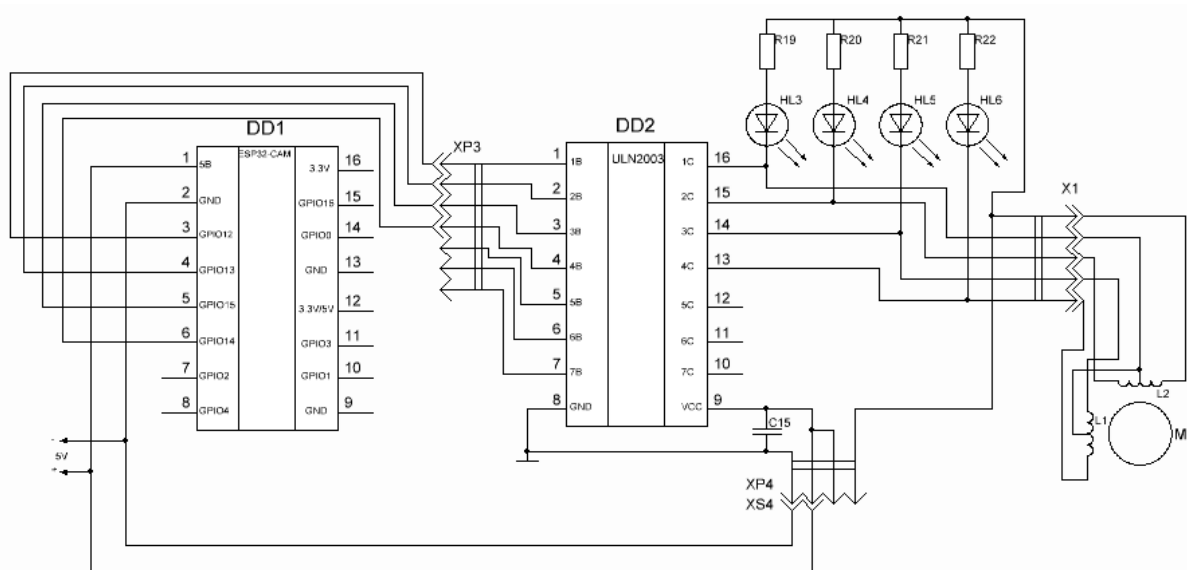


Рисунок 1.8 – Функціональна схема IP камери

1.2 Розробка програмного забезпечення

Метою цього розділу є забезпечення ефективної та надійної роботи пристрою шляхом розробки якісного програмного забезпечення, що відповідає вимогам функціональності та стандартам якості. Це потрібно, для того, щоб мікроконтролер виконував поставлене завдання [9].

1.2.1 Розробка алгоритму роботи

Модуль ESP32 має керувати двома процесами, обертанням двигуна та передачею інформації з камери. Передача інформації здійснюється локальною мережею для цього прилад потрібно підключити Wi-Fi. Далі мікропроцесор має бути цикл зчитування інформації з камери та передача її локальною мережею. При керуванні двигуном потрібно врахувати, те що він обертається у двох напрямках з певним циклом, для цього в параметрах двигуна має бути заданий час руху двигуна в одному напрямку, після закінчення цього часу, напрямок має змінитись і ця дія має бути зацикленою, зміна напрямку реалізовується в кодї за допомогою бібліотеки «stepper.h» і має такий вигляд:

```
myStepper.step(stepsPerRevolution);
delay(500);

myStepper.step(-stepsPerRevolution);
delay(500);
```

Алгоритм роботи запропонованої системи зображений на рисунку 1.10 та має таку послідовність:

- 1) запуск програми;
- 2) запуск крокового двигуна та підключення до Wi-Fi (при відсутності підключення до Wi-Fi, повторюється під'єднання поки не з'явиться зв'язок з мережею Wi-Fi);
- 3) цикл зчитування інформації з камери та передачі інформації локальною мережею. Одночасно з цим відбувається рух крокового двигуна в одному напрямку за заданими параметрами швидкості та часу руху в одному напрямку.
- 4) зміна напрямку руху двигуна, повторення параметрів швидкості та часу руху в одному напрямку з пункту 3.

Візуалізація цього алгоритму зображена в Додатку Б.

1.2.2 Вибір та обґрунтування середовища розробки

Нині існує безліч платформ та середовищ для розробки програмного забезпечення для ESP32-CAM. Однією з таких платформ є Arduino IDE, яка підтримує ESP32 Arduino Core. Крім того, доступні такі середовища, як Espressif IoT Development Framework, ESP-IDF Visual Studio Code Extension, ESP-IDF Eclipse Plugin та PlatformIO.

PlatformIO - це екосистема для розробки вбудованих пристроїв, що підтримує безліч платформ, включаючи Arduino і ESP32. Для IDE використовується Visual Studio Code або Atom. Інсталяція та налаштування PlatformIO дуже проста - після встановлення редактора коду необхідно вибрати PlatformIO зі списку плагінів і встановити його. Кожен проєкт PlatformIO містить файл конфігурації з ім'ям `platformio.ini` в кореневому каталозі проєкту. Цей файл має розділи, кожен з яких позначений [заголовком], і пари «ключ/значення» всередині розділів. Рядки, що починаються з символу крапка з комою «;» ігноруються і можуть використовуватися для коментарів. Параметри з декількома значеннями можна вказати двома способами:

- 1) поділ значення за допомогою «,» (кома + пробіл);
- 2) багатостроковий формат, де кожен новий рядок починається як мінімум з двох прогалін.

Є два варіанти фреймворків для розробки: Arduino та ESP-IDF. Якщо обрати Arduino, можна скористатися описаними раніше перевагами розробки.

Espressif розробила власний фреймворк для розробки Інтернету речей (IoT) для ESP32, відомий як ESP-IDF. Цей фреймворк доступний на платформі Github. Він володіє високоякісною документацією та багато прикладів, які можна використовувати як основу для розробки.

Крім того, для ESP-IDF доступна зручна функція автодоповнення коду в середовищі розробки Visual Studio Code Extension, що дозволяє уникнути постійного користування довідником по командах та методах Arduino. Засіб Analog

Plotter є ще однією корисною функцією, яка дозволяє візуалізувати дані, що надходять в COM-порт від Arduino, що може бути корисним для відображення показань датчиків. Однак, на відміну від ESP-IDF, Arduino є безкоштовним середовищем розробки.

B4R, або "Basic for Arduino". Це середовище розробки цікаве тим, що використовує мову Basic замість C. Воно також підтримує функцію автодоповнення коду. Крім того, вона повністю безкоштовна.

ESP-IDF Eclipse Plugin. Плагін досить непогано інтегрований в середу розробки і, автоматизує левову частку функціонала. Але, на жаль, не без ложки дьогтю. В Eclipse версіях пізніше 2019-09 в ESP-IDF проєктах в Windows досі присутня несправність з індексуванням вихідних файлів.

ESP-IDF Visual Studio Code Extension. Як і PlatformIO, він легко встановлюється з розділу розширень. Установка і настройка ESP-IDF фреймворку в цьому розширенні представлена як меню onboarding, про що також йдеться в описі. Завантаження і установка всіх компонентів відбувається автоматично в процесі проходження етапів меню.

Arduino IDE - це інструментарій, що дозволяє вирішувати різноманітні творчі завдання, пов'язані з програмуванням і моделюванням, базуючись лише на знаннях C++. Інтерфейс середовища досить простий в освоєнні, адже основою його є мова C++. Це середовище має підтримку усіх плат та додаткових модулів, зокрема ESP32-CAM, який є дуже важливим для нас.

Використовуючи Arduino IDE, можна легко знайти навчальні матеріали та відео, що дозволять вивчити роботу з цими платами та різними модулями, тому це є доцільним вибором [10].

1.2.3 Розробка програмного забезпечення

Розглянемо процес створення програми у середовищі Arduino IDE. Запустимо програму Arduino IDE. Для створення проєкту потрібно вибрати Файл>Новий (або клавіші Ctrl+N) на рисунку 1.9

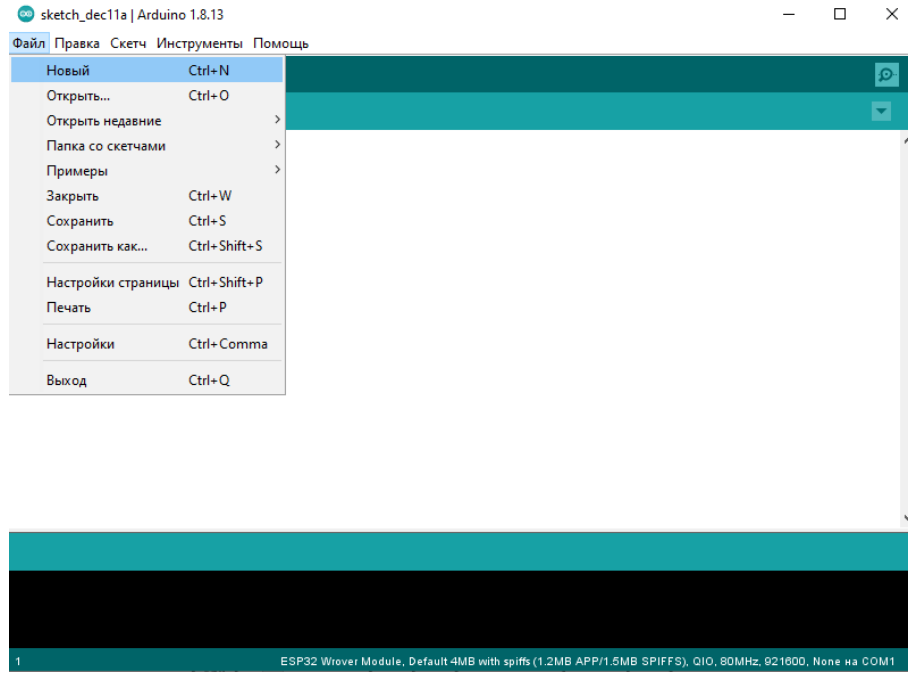


Рисунок 1.9 – Вікно провідника створення проєктів

Оскільки використовується ESP32-CAM потрібно завантажити посилання на пакет плат. Для цього нам потрібно зайти в Настройки на як зображено на рисунку 1.10>ввести додаткове посилання, як на рисунку 1.11

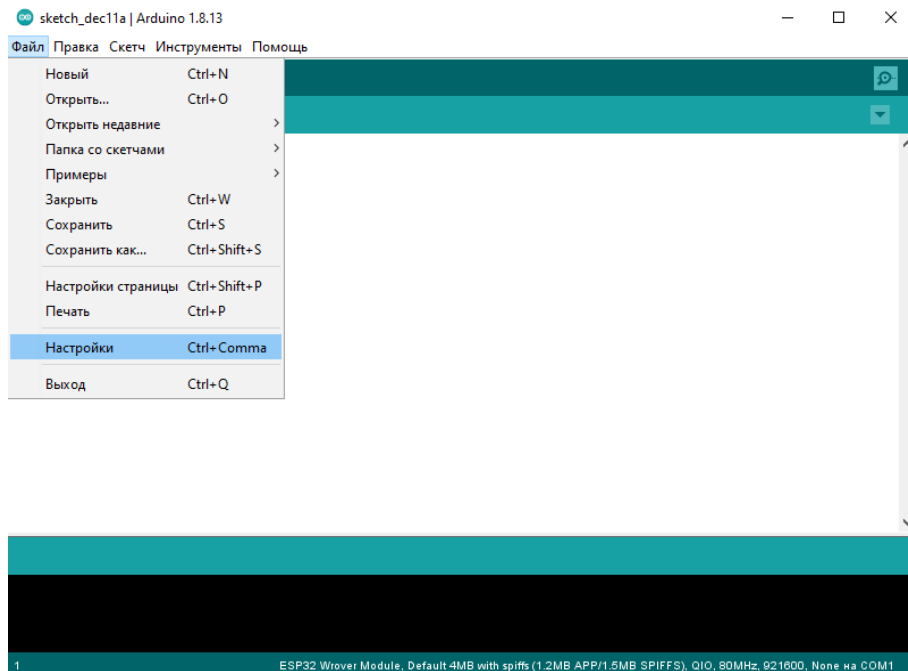


Рисунок 1.10 – Вікно провідника налаштування

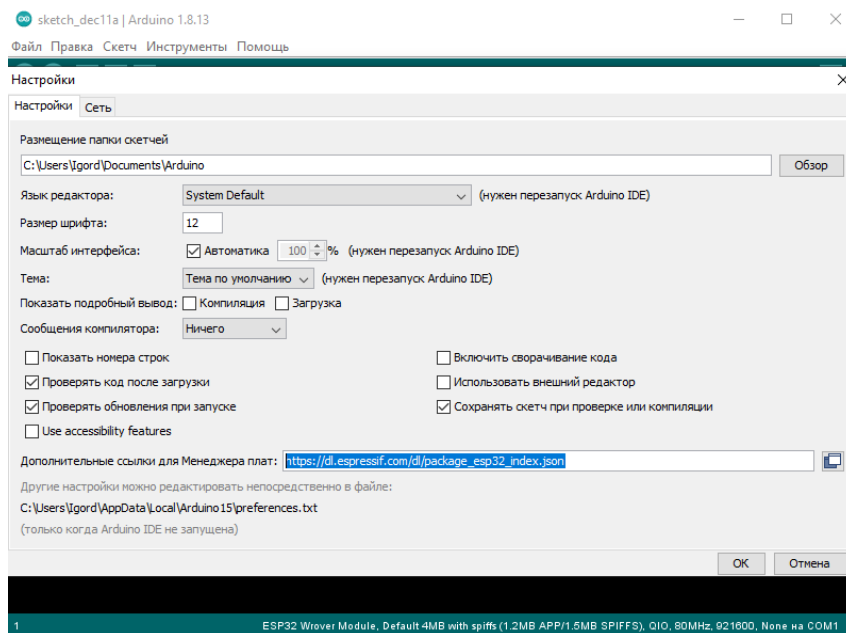


Рисунок 1.11 – Посилання на пакет плат

Далі нам потрібно завантажити пакет плат. Для цього заходимо в Інструменти>Плата>Менеджер плат, як зображено на рисунку 1.12 та завантажуюмо пакет ESP32 як зображено на рисунку 1.13

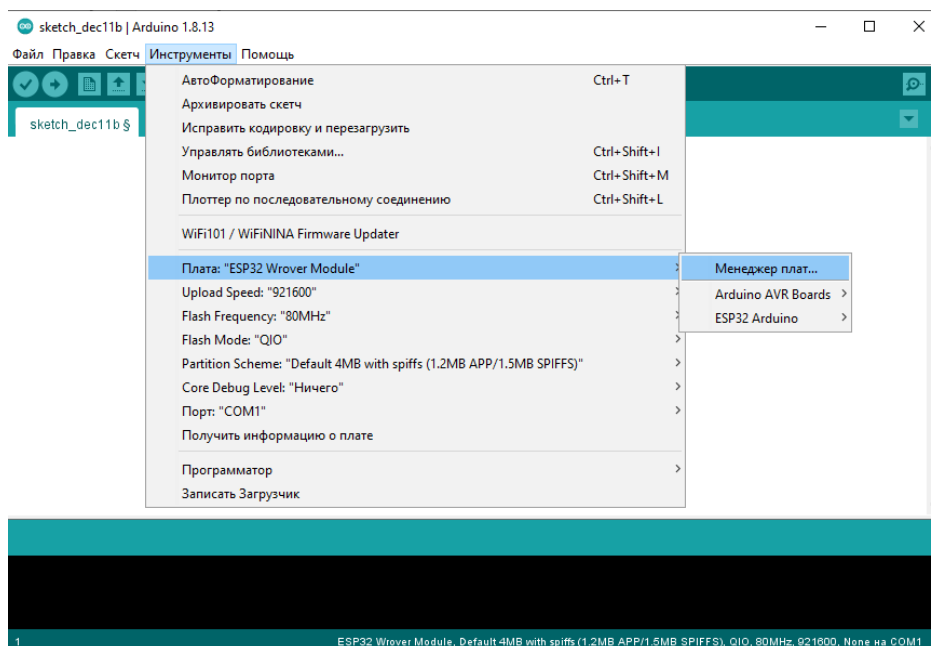


Рисунок 1.12 – Шлях до завантаження пакета плат

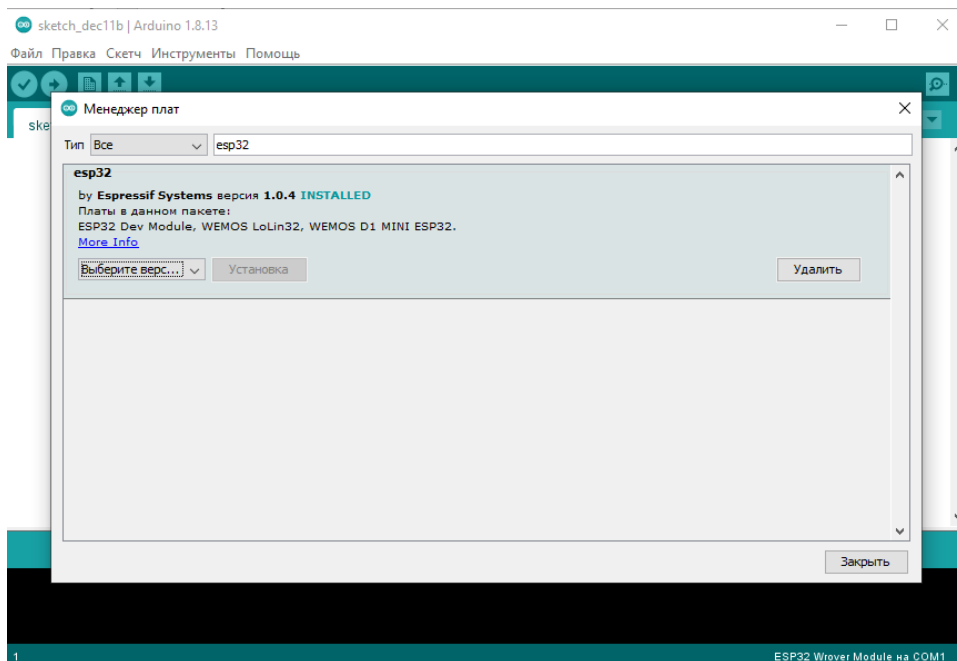


Рисунок 1.13 – Завантажений пакет плат

Далі вибираємо тип плати, як зображено на рисунку 1.14. У списку, що випадає: Інструменти>Плата>ESP Wrover Module.

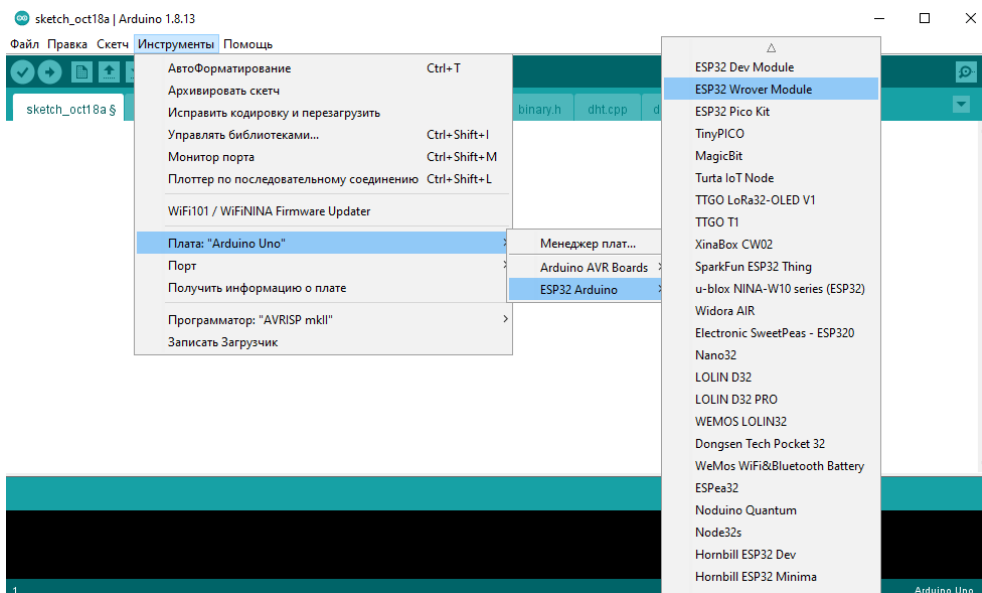
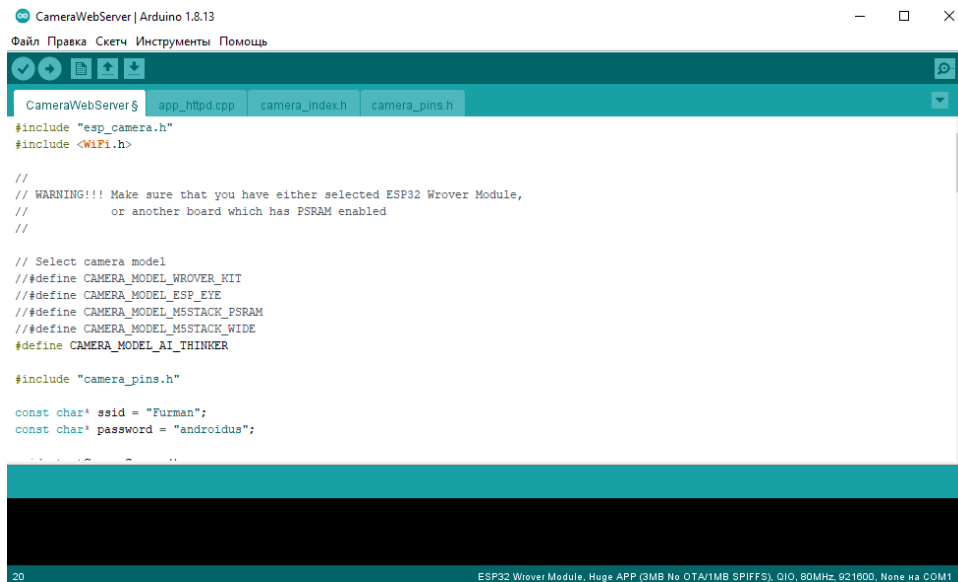


Рисунок 1.14 – Вибір типу плати

Після проведення налаштування можна розпочинати написання так званого скетчу, що зображено на рисунку 1.15. Також потрібно вказати інформацію про мережу Wi-Fi замість "*****" в коді:

```
const char* ssid = "*****";
const char* password = "*****";
```



```
CameraWebServer | Arduino 1.8.13
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
CameraWebServer$ app_httpd.cpp camera_index.h camera_pins.h
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

//
// WARNING!!! Make sure that you have either selected ESP32 Wrover Module,
// or another board which has PSRAM enabled
//

// Select camera model
// #define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
// #define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
// #define CAMERA_MODEL_MSSTACK_PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_MSSTACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

#include "camera_pins.h"

const char* ssid = "Furman";
const char* password = "androidus";

ESP32 Wrover Module, Huge APP (3MB No OTA/1MB SPIFFS), QIO, 80MHz, 921600, None на COM1
```

Рисунок 1.15 – Написаний код в програмі

Оскільки використовується кроковий двигун 28BYJ-48, то потрібно реалізувати різні функції, це все потребує установки спеціальних бібліотек для коректної роботи.

Бібліотека - це набір функцій, призначених для того, щоб максимально спростити роботу з різними датчиками, ЖК екранами, модулями та ін. Наприклад, вбудована бібліотека Wire для взаємодії по лінії I2C. Існують сотні додаткових бібліотек, які можна звантажити в Інтернеті. Стандартні бібліотеки Arduino, ESP32 і ряд найбільш часто використовуваних додаткових бібліотек перераховані в довідці. Але перед тим, як використовувати додаткові бібліотеки, необхідно спершу встановити їх.

Для установки бібліотек потрібно у списку, що випадає: Скетч> Під'єднати бібліотеку потрібно обрати нам бібліотеку для реалізації конкретної функції або для роботи конкретно модуля-датчика, що зображено на рисунку 1.16.

Оскільки всі потрібні нам бібліотеки було попередньо звантажено з глобальної мережі Інтернет, вони були вставлені в теку зі скетчем та задані таким чином, а саме «stepper.h».

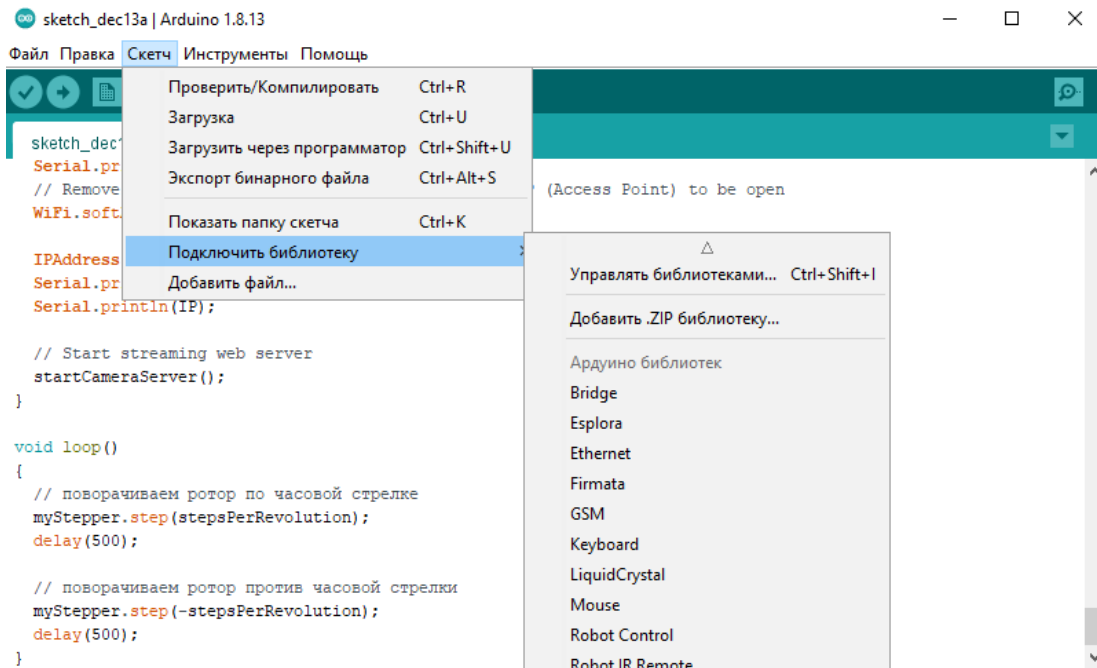


Рисунок 1.16 – Встановлення бібліотеки

Далі потрібно скопіювати прошивку, для цього обрати у списку, що випадає: Скетч>Перевірити/Компілювати, в разі вдалої компіляції побачимо, що написано «Компіляція завершена» та відповідну інформацію про це у вікні Arduino IDE, яке зображено на рисунку 1.17.

```

CameraWebServer | Arduino 1.8.13
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
CameraWebServer$ app_httpd.cpp camera_index.h camera_pins.h
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

//
// WARNING!!! Make sure that you have either selected ESP32 Wrover Module,
//           or another board which has PSRAM enabled
//

// Select camera model
//#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
//#define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
//#define CAMERA_MODEL_MSSTACK_PSRAM
//#define CAMERA_MODEL_MSSTACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

#include "camera_pins.h"

const char* ssid = "Furman";
const char* password = "androidus";

Компиляция завершена
Скетч использует 2100647 байт (66%) памяти устройства. Всего доступно 3145728 байт.
Глобальные переменные используют 53552 байт (16%) динамической памяти, оставляя 274128 байт для локальных переменных. Максимум: 327680 байт.
ESP32 Wrover Module, Huge APP (3MB No OTA/1MB SPIFFS), Q10, 80MHz, 921800, None на COM1

```

Рисунок 1.17 – Вікно з завершеною компіляцією

Коли виконали успішну компіляцію, Під'єднати ESP32-CAM через програматор FTDI до комп'ютера та у вікні, що випадає: Інструменти>Порт обираємо порт по якому під'єднана плата та нажимаємо «Завантажити» в пункті меню «Скетч», після цього почнеться завантаження прошивки в ESP32-CAM [11].

Програма написана на мові C/C++ в програмному середовищі Arduino IDE. Лістинг програми наведений в додатку В.

Далі, коли відома архітектура та апаратура засобів IP відеонагляду, можна на її основі провести розрахунок технології виготовлення приладу.

2 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ІР КАМЕРИ

2.1 Вибір методів регулювання та вимірювальної апаратури

Для розробки технологічного процесу регулювання потрібно застосовувати безпосередні методи регулювання, які включають вимірювання та досягнення певних відомих електричних характеристик пристрою.

Для застосування даного методу передбачається вибрати такі вимірювальні прилади: [13]

- 1) цифровий мультиметр True RMS;
- 2) осцилограф С1-118;
- 3) персональний комп'ютер з програмним забезпеченням Arduino IDE.

Для налагодження роботи розроблюваної ІР камери необхідно встановити правильні параметри, оскільки невідповідність цих параметрів може призвести до некоректної роботи камери або її виходу з ладу.

Дані вимірювальних приладів, які використовувались для регулювання ІР камери наведенні і таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Прилади для регулювання ІР камери та їх параметри

Показники приладу	Одиниці вимірювання
1	2
Цифровий мультиметр True RMS	
Постійна напруга, В	$0,1 \cdot 10^{-3} \dots 1000$
Постійний струм, А	$0,1 \cdot 10^{-6} \dots 20$
Змінна напруга, В	0,6...700
Опір, Ом	$0,6 \dots 6 \cdot 10^6$
Габарити, мм	190X89X50
Маса, кг	0,380
Програма Arduino IDE	
Функціональні можливості	Програмування модулів ESP32

Продовження таблиці 2.1 Прилади для регулювання ІР камери та їх параметри

1	2
Персональний Комп'ютер	
Потужність блоку живлення, Вт	400
Оперативна пам'ять, ГБ	14
Процесор, Гц	3.4Гц
Програмне забезпечення	Windows 10, Arduino IDE
Осцилограф С1-118	
Функціональні можливості Однопроменевий.	Однопроменевий
Смуга пропускання 0...10МГц	0...10МГц
Час наростання ПХ, мкс $35 \cdot 10^{-3}$	$35 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт відхилення В/дем $5 \cdot 10^{-3} \dots 5$	$5 \cdot 10^{-3} \dots 5$
Похибка вимірювання, % 5	5
Габаритні розміри, мм 120×120×300	120×120×300
Маса, кг	4

Використання програми і персонального комп'ютера може бути необхідним у разі:

- 1) некоректні кути нахилу сервоприводів;
- 2) некоректна робота модулів та платформи ESP32-CAM;
- 3) помилка в коді.

Мультиметром можна перевірити і визначити такі несправності:

- 1) некоректна робота пристрою, перевірка напруги живлення;
- 2) некоректна робота крокового двигуна, перевірити вихідну напругу регулятора напруги;

Осцилограф слугує для виявлення керуючих імпульсів і імпульсів у шині даних, наприклад:

- 1) некоректне відображення інформації, перевірка імпульсів опитування та імпульсів формування.

2.2 Розробка технологічного процесу регулювання та настройки

Технологічний процес регулювання є одним зі складних та відповідальних етапів виготовлення пристрою. Він вимагає високої кваліфікації регулювальника, вміння та дотримання правил користування вимірювальною апаратурою, розуміння порядку роботи даного приладу, користування допоміжною технічною документацією.

Технологічний процес регулювання IP камери відогляду на модулі ESP32-CAM складається з трьох частин:

- 1) підготовка – проводиться зовнішній огляд, збірка 3D-деталей та монтажу, правильність встановлення радіоелементів на платі, їх кріплення, відсутність замикання проводів та провідників друкованої плати, якість чистки плати від флюсу;
- 2) основна – проводиться безпосереднє регулювання пристрою;
- 3) завершальна – проводиться остаточна перевірка електричних параметрів.

Перелік засобів вимірювання, інструментів та матеріалів приведені в таблиці 2.2. Технологічний процес регулювання пристрою наведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Перелік приладів, інструментів та матеріалів

Умовне позначення	Найменування	Позначення	Кількість	Примітка
P1	Цифровий мультиметр	A830L	1	
G1	Програма, ПК, кабель USB	Програма Arduino IDE	1	
Y1	Осцилограф	C1-118	1	
W1	Кабель	4851350-08	1	Для осцилографа
	Паяльна станція	Lukey 852D+	1	
	Припій	40	16 г.	
	Каніфоль		10 г.	

Таблиця 2.3 – Технологічний процес регулювання пристрою

Вид роботи	Прилади та інструменти	Примітка
1 Підготовка		
1.1 Включити комп'ютер, запустити програму Arduino IDE.exe.	Персональний комп'ютер, програма Arduino IDE	
1.2 Відкрити код в Arduino IDE. Компілювати скетч.	Персональний комп'ютер	
1.3 Під'єднати ESP32-CAM до програматора FTDI	USB TTL UART, дроти сполучні 6 шт.	
1.4 Під'єднати програматор FTDI до комп'ютера за допомогою кабелю. У вікні програми вибрати плату ESP Wrover Module, згенерувати бінарний файл і завантажити його в ESP32-CAM.	Кабель USB Type-A - USB Type-A	
1.5 Від'єднати кабель		
1.6 Перевірити якість монтажу на відсутність коротких замикань, правильність встановлення модулю та елементів.	Візуально A830L	
1.7 Наочно перевірити чи повністю вимита плата від флюсу та чи не присутні частинки інших предметів, що можуть спричинити замикання.	Візуально	
1.8 Перевірити наявність сигналів на лінії I2C.	A830L, C1-118	
2 Основна		
2.1 Включити пристрій, та перевірити чи він працює.	Візуально	
2.2 Відрегулювати та перевірити кут нахилу крокового двигуна. В кодї вказано де можна регулювати швидкість, напрямок обертання та кількість кроків в секунду.	Персональний комп'ютер, програма Arduino IDE Візуально	

Продовження таблиці 2.3 Технологічний процес регулювання пристрою

Вид роботи	Прилади та інструменти	Примітка
2.3 Перевірити правильність виконання заданих команд. Чи повертається кроковий двигун за заданими налаштуваннями.	Візуально	
2.4 Перевірити його працездатність після тривалого застосування. Перевірити якість відеокамери та правильність обертання крокового двигуна.	Візуально	
2.5 Перевірка працездатності після незначних пошкоджень. Працездатність приладу має не змінитись.	Візуально	
3 Завершальна		
3.1 Виконати перевірку його на витривалість після тривалого застосування.	Візуально	
3.2 Перевірити чи працює модуль та кроковий двигун, чи всі функції робот виконує правильно.	Візуально	

2.3 Основні несправності та методи їх усунення

У пошуку несправностей існує кілька методів, таких як зовнішній огляд, використання методу виключення, заміна окремих елементів і вузлів, а також порівняння як методи. В цьому випадку ми розглядатимемо основні несправності, що можуть виникнути під час налаштування IP камери. Основні несправності IP камери відеонагляду наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні несправності IP камери відеонагляду

Характер несправності	Причини несправності	Спосіб усунення
1	2	3
Немає живлення	Несправність модуля А1	Заміна А1
	Несправність ULN2003	Заміна ULN2003
	Можливе КЗ	Знайти мультиметром та усунути
Невідповідне виконання команд заданих оператором	Програмна помилка	Виправити та перезаписати код в модуль А1
	Несправність модуля А1	Заміна А1
	Можливе КЗ	Знайти мультиметром та усунути
Відсутність зв'язку з приладом	Велика відстань між приладом та Wi-Fi роутеру	Розмістити прилад в межах роботи Wi-Fi роутера
	Програмна помилка	Виправити та перезаписати код в модуль А1
	Несправність модуля А1	Заміна А1
	Помилка при введеній інформації про Wi-Fi мережу	Перевірити та ввести правильні дані Wi-Fi мережі
Некоректна робота крокового двигуна	Несправність крокового двигуна М1	Заміна крокового двигуна М1
	Програмна помилка	Виправити та перезаписати код в модуль А1
	Невірний кут нахилу крокового двигуна	Налаштувати кут нахилу крокового двигуна у Arduino IDE
	Несправність модуля А1	Заміна А1
	Несправність ULN2003	Заміна ULN2003
Відсутнє зображення з камери	Програмна помилка	Виправити та перезаписати код в модуль А1
	Несправність камери	Заміна камери
	Несправність модуля А1	Заміна А1
	Несправність ULN2003	Заміна ULN2003

В результаті були визначені методи регулювання та вимірювальна апаратура, розроблено технологічний процес регулювання та настройки, а також виявлені та усунені основні несправності. Далі можна перейти до моделювання приладу.

2.4 Електричні розрахунки

У даному розділі потрібно провести детальний аналіз та оцінку електричних параметрів, пов'язаних з живленням та друкованою платою.

2.4.1 Електричний розрахунок схеми живлення

В даній частині потрібно провести розрахунок електричної схеми живлення, який є важливим етапом при проєктуванні системи керування кроковими двигунами. Ефективне живлення є ключовим фактором для забезпечення стабільної та точної роботи крокових двигунів, особливо вимогливих в застосуваннях.

Схема драйверу використовується для керування кроковими двигунами на мікросхемі ULN2003. Він може дозволяти збільшувати струм, що проходить через кроковий двигун, для забезпечення більш точного керування рухом крокового двигуна. Схема драйверу зображена на рисунку 2.1.

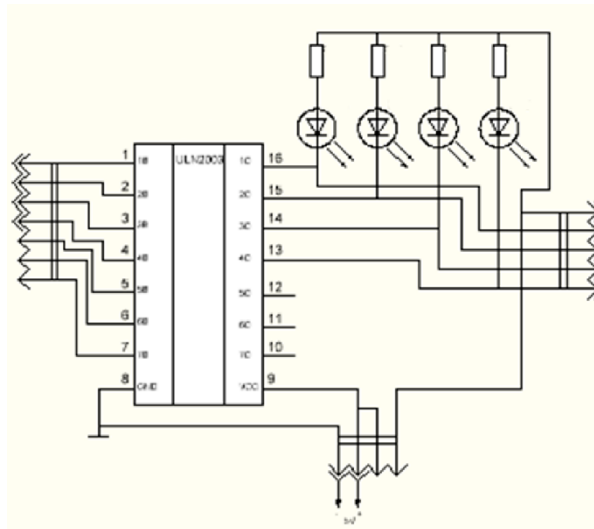


Рисунок 2.1 - Принципова схема драйверу

Таке ввімкнення операційного підсилювача дає змогу отримати неінвертуючий підсилювач. Резистори R1, R2, R3 і R4 використовуються для обмеження струму, що проходить через крокові двигуни, можна визначити опір виходу каналу драйвера ULN2003 згідно з законом Ома (2.1).

$$R = V/I = 5 \text{ В} / 0.5 \text{ А} = 10 \text{ Ом} \quad (2.1)$$

Таким чином, при струмі виходу 1,2 А, використовуючи закон Ома, можна визначити, що на виході каналу драйвера ULN2003 буде випромінюватись потужність (2.2).

$$P = I^2 * R = 1.2 \text{ А} * 1.2 \text{ А} * 10 \text{ Ом} = 14.4 \text{ Вт}. \quad (2.2)$$

Крім того, для забезпечення стабільної роботи драйвера ULN2003 можна використовувати конденсатори з різною ємністю, залежно від вимог щодо стабільності напруги живлення. Для прикладу, якщо використовувати керамічний конденсатор ємністю 0,1 мкФ, то час зарядки конденсатора можна обчислити за формулою (2.3).

$$t = R * C = 10 \text{ Ом} * 0.1 \text{ мкФ} = 1 \text{ мкс} \quad (2.3)$$

Це значить, що при зміні напруги на вході драйвера ULN2003, конденсатор забезпечить певний рівень стабільності напруги на виході протягом часу зарядки t .

Для перевірки відповідності параметрів і працездатності розрахованої схеми, змодельюємо її за допомогою програми Proteus (Рисунок 2.2).

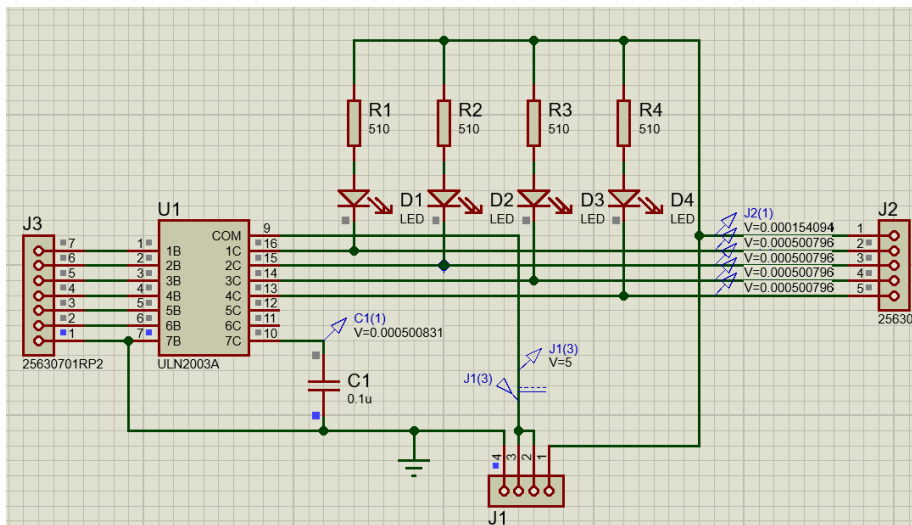


Рисунок 2.2 - Схема підсилювача на ОП в програмі Proteus

З рисунка видно що конденсатор забезпечить певний рівень стабільності напруги в розмірі 5В.

2.4.2 Електричний розрахунок друкованої плати

Коли проектується друкована плата, часто потрібно розрахувати ті чи інші електричні властивості об'єктів плати і вплив їх механічних розмірностей на поведінку і цілісність електричних сигналів.

Ще буває потрібно по відомому значенню струмів і напруг обчислити мінімально допустимі відстані між провідниками, ширину доріжок і температуру нагрівання шарів міді.

Для розв'язання подібних питань зручно використовувати утиліту Saturn PCB Design Toolkit, що працює в середовищі Windows, яка має 18 вкладок, які призначені для різних видів розрахунків.

За результатами розрахунків буде створена друкована плата.

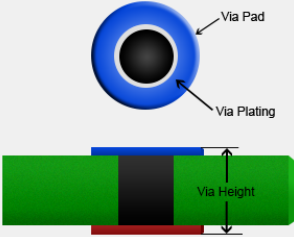
1) Розрахунок властивостей перехідного отвору (Via Properties), зображено на рисунку 2.3 та в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку перехідного отвору (рис. 2.3)

Вхідні параметри:	Початкові дані:
Temp Rise (температура)	30 °C
Material (матеріал)	FR 4 STD (склотекстоліт)
Layers (кількість шарів)	2
Via Hole Diameter (діаметр перехідного отвору), мм	0,6
Via Height (висота отвору), мм	1,6
Via Plating Thickness (товщина металізованих стінок), мм	0,02
Вихідні параметри:	Результати розрахунків:
Via DC Resistance (опір отвору), Ohms	0.00089
Via Impedance (індуктивність отвору), nH	1.0775
Power Dissipation (розсіювана потужність), Watts	0.00653
Conductor Cross Section (площа поперечного перерізу перехідного отвору), Sq.mm	0.0390
Via Current (Струм перехідного отвору), Amps	2.7094

Via Properties Conductor Properties Bandwidth & Max Conductor Length Differential Pairs Padstack Calculator Mechanical Information

Via Characteristics



Via Hole Diameter: **0,6 mm**

Via Height: **1,6 mm**

Via Plating Thickness: **0,02 mm**

IPC-2152 with modifiers mode

Via DC Resistance: **0.00089 Ohms**

Power Dissipation: **0.00653 Watts**

Via Inductance: **1.0775 nH**

Conductor Cross Section: **0.0390 Sq.mm**

Via Current: **2.7094 Amps**

Options

Base Copper Weight

- 9um
- 18um
- 35um
- 53um
- 70um
- 88um
- 106um
- 142um
- 178um

Plating Thickness

- Bare PCB
- 18um
- 35um
- 53um
- 70um
- 88um
- 106um

Property Selection

- Via Properties
- Differential Vias

Layer Set

- 2 Layer
- Multi Layer
- Microvia

Information

Power Dissipation (dBm): 8.1508 dBm

Via Thermal Resistance: 104.2 °C/W

Aspect Ratio: 2.67:1

Via Temperature: Temp in (°C) = 42.0, Temp in (°F) = 107.6

Via Count: 10

Via Voltage Drop: 2.4111 mV

Units: Metric

Substrate Options: Material Selection: **FR-4 STD**

Er: 4,6 Tg (°C): 130

Temp Rise (°C): 20

Temp in (°F) = 36.0

Ambient Temp (°C): 22

Temp in (°F) = 71.6

Print Solve!

SATURN PCB DESIGN, INC. Turnkey Electronic Engineering Solutions

Follow Us: [f](#) [t](#) [in](#) [v](#)

Рисунок 2.3 – Результати розрахунку перехідного отвору друкованої плати

1) Розрахунок властивостей друкованого, що зображено на рисунку 2.4 та в таблиці 2.6.

Via Properties Conductor Properties Bandwidth & Max Conductor Length Differential Pairs Padstack Calculator Mechanical Information

Conductor Characteristics

Solve For

- Amperage
- Conductor Width

Plane Present?

- No
- Yes

Conductor Width: **0,254 mm**

Conductor Length: **18 mm**

Parallel Conductors?

- No
- Yes

Parallel Conductor Count: **15**

PCB Thickness: **1,6 mm**

Frequency: **1 MHz** DC

IPC-2152 with modifiers mode Etch Factor: 1:1

Skin Depth: **66.00620 um**

Power Dissipation: **0.00612 Watts**

Conductor DC Resistance: **0.03661 Ohms**

Skin Depth Percentage: **100%**

Power Dissipation in dBm: **7.8644 dBm**

Total Cross Section: **0.160 Sq.mm**

Voltage Drop: **0.0150 Volts**

Conductor Current: **0.4087 Amps**

Options

Base Copper Weight

- 9um
- 18um
- 35um
- 53um
- 70um
- 88um
- 106um
- 142um
- 178um

Plating Thickness

- Bare PCB
- 18um
- 35um
- 53um
- 70um
- 88um
- 106um

Plane Thickness

- 0.5oz / 1oz
- 2oz

Conductor Layer

- Internal Layer
- External Layer

Information

Total Copper Thickness: 53 um

Via Thermal Resistance: N/A

Conductor Temperature: Temp in (°C) = 42.0, Temp in (°F) = 107.6

Via Count: 10

Via Voltage Drop: N/A

Units: Metric

Substrate Options: Material Selection: **FR-4 STD**

Er: 4,6 Tg (°C): 130

Temp Rise (°C): 20

Temp in (°F) = 36.0

Ambient Temp (°C): 22

Temp in (°F) = 71.6

Print Solve!

SATURN PCB DESIGN, INC. Turnkey Electronic Engineering Solutions

Follow Us: [f](#) [t](#) [in](#) [v](#)

Рисунок 2.4 – Результати розрахунку друкованого провідника друкованої плати

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку друкованого провідника, що зображено на рисунку 2.4

Вхідні параметри:	Початкові дані:
Er (діелектрична постійна),	4,6
Tg (температури склування), °C	140
Ambient Temp (температура навколишнього середовища), °C	30
Plating thickness (товщина додаткового покриття шару металізації ДП), мкм	20
Base Copper Weight (товщина доріжок на ДП), мкм	50
Conductor Layer (шар ДП: зовнішній або внутрішній)	External (зовнішній)
Material (матеріал)	FR 4 STD (склотекстоліт)
Temp Rise (Температура провідників) °C	45
Conductor Width (ширина провідника), мм	0,254
Conductor Length (максимальна довжина провідника), мм	18
PCB Thickness (Товщину ДП), мм	1,5
Parallel Conductors (кількість паралельних провідників)	15
Frequency (частота сигналу), МГц	1
Вихідні параметри:	Результати розрахунків:
Skin Depth (Глибину проникнення струму в товщу провідника – скін-ефект), мкм	66.00620
Skin Depth Percentage (відношення скін-ефекту до заданої товщини доріжки), %	100%
Power Dissipation (розсіювана потужність), Watts	0.00612
Power Dissipation in dBm (розсіювана потужність), dBm	7.8644
Voltage Drop (падіння напруги), Volts	0.0150
Total Cross Section (площа перерізу провідника), Sq.mm	0.160
Conductor Current (допустимий струм), Amps	0.4087

2) Розрахунок імпедансу диференціальних пар (Дозволяє на підставі розмірностей провідників і заданого матеріалу підкладки друкованої плати розрахувати імпеданс як диференціальної пари ($Z_{\text{differential}}$), так і одиничного провідника в ній (Z_0), дані виведені в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку імпедансу диференціальних пар, що зображено на рисунку 2.5

Вхідні параметри:	Початкові дані:
Er (діелектрична постійна),	4,6
Differential Layer (вибір диференціального шару)	Edge Cpld Ext (зовн. Шар)
Material (матеріал)	FR 4 STD (склотекстоліт)
Base Copper Weight (товщина доріжок на ДП), мкм	50
Plating thickness (товщина додаткового покриття шару металізації ДП), мкм	20
Conductor Width (ширина провідника), мм	0,254
Conductor Spacing (відстань між провідниками), мм	0,13
Conductor Height (висота провідника), мм	0,389
Target Zdiff (Опір матеріалу провідника), Ohms	100
Вихідні параметри:	Результати розрахунків:
Zdifferential (опір пари провідників), Ohms	102.046
Zo (опір одного провідника), Ohms	78.288
W/H (відношення ширини провідника до товщини діелектрика)	0,65
S/H (відношення відстані між провідниками до товщини діелектрика)	0,33

Формули, що використовуються в програмі Saturn_PCB_Toolkit справедливі, якщо ці значення не виходять за межі $0,1 < W/H < 3,0$ і $0,2 < S/H < 3,0$.

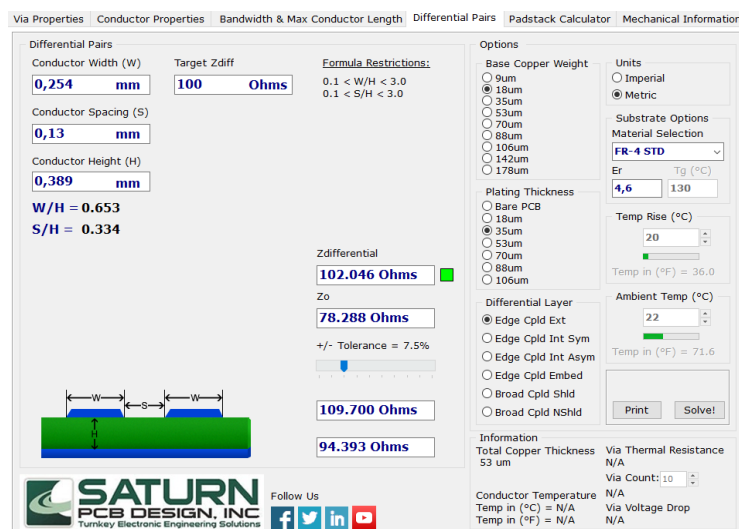


Рисунок 2.5 – Результати розрахунку імпедансу диференціальних пар друкованої плати

3) Розрахунок імпедансу провідника в залежності від частоти сигналу (Такий тип розрахунку використовується для проєктування НВЧ пристроїв) (Conductor Impedances), дані виведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку імпедансу провідника що зображено на рисунку 2.6

Вхідні параметри:	Початкові дані:
Er (діелектрична постійна),	
Passive Circuits (вибір пасивного кола)	Microstrip
Material (матеріал)	FR 4 STD (склотекстоліт)
Base Copper Weight (товщина доріжок на ДП)	50
Plating thickness (товщина додаткового покриття шару металізації ДП), мкм	20
Conductor Width – W (ширина провідника), мм	0,13
Frequency (частота), МГц	1
Conductor Height – H (висота провідника), мм	0,254
Вихідні параметри:	Результати розрахунків:
Zo (опір провідника), Ohms	84.1720
Lo (індуктивність провідника на 1 см), nH/cm	4.7927
Co (ємність провідника на 1 см), pF/cm	0.6765
Tpd (необхідний тепловідвід), ps/cm	56.9392

The screenshot shows the Saturn PCB Design, Inc. Conductor Impedance calculator. The interface is divided into several sections:

- Conductor Impedance:** Input fields for Conductor Width (W) = 0,13 mm, Conductor Height (H) = 0,254 mm, and Frequency (MHz) = 1.
- Options:** Base Copper Weight (18um selected), Units (Metric selected), Substrate Options (FR-4 STD selected), Er = 4,6, Tg (°C) = 130, Temp Rise (°C) = 20, Ambient Temp (°C) = 22.
- Passive Circuits:** Microstrip selected.
- Information:** Total Copper Thickness = 53 um, Via Thermal Resistance = N/A, Via Count = 10, Conductor Temperature = N/A, Via Voltage Drop = N/A.
- Results:** Er Effective = 2.9124, Zo = 84.1720 Ohms, Lo = 4.7927 nH/cm, Co = 0.6765 pF/cm, Tpd = 56.9392 ps/cm.
- Diagram:** A cross-sectional diagram of a microstrip conductor on a substrate, showing width 'w' and height 'H'.

Рисунок 2.6 – Результати розрахунку імпедансу зовнішнього провідника ДП

4) Розрахунок мінімальної відстані між провідниками ДП (Conductor Spacing), дані виведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку мінімальної відстані між провідниками, що зображено на рисунку 2.7

Вхідні параметри:	Початкові дані:
Voltage Between Conductors (напруги між провідниками), V	5
Device Type Selection (типу провідника або компонента ДП)	B4 Bare PCB
Вихідні параметри:	Результати розрахунків:
Minimum Conductor Spacing (мінімальна відстань між провідниками), мм	0,05

Conductor Spacing | Conductor Impedance | Conversion Data | Planar Inductors | PDN Calculator | Thermal | Fusing Current

Minimum Conductor Spacing

Voltage Between Conductors

- 0 - 15V
- 16 - 30V
- 31 - 50V
- 51 - 100V
- 101 - 150V
- 151 - 170V
- 171 - 250V
- 251 - 300V
- 301 - 500V
- > 500V

Device Type Selection

- B1 - Bare PCB
- B2 - Bare PCB
- B3 - Bare PCB
- B4 - Bare PCB
- A5 - Assembly
- A6 - Assembly
- A7 - Assembly

B1 = Internal Conductors
 B2 = External Conductors, uncoated, sea level to 3050m
 B3 = External Conductors, uncoated, over 3050m
 B4 = External Conductors, with permanent polymer coating (any elevation)
 A5 = External Conductors, with conformal coating over assembly (any elevation)
 A6 = External Component lead/termination, uncoated
 A7 = External Component lead/termination, with conformal coating (any elevation)

[IPC-2221B Values](#)

Voltage between conductors:

Minimum Conductor Spacing:

Options

Base Copper Weight

- 9um
- 18um
- 35um
- 53um
- 70um
- 88um
- 106um
- 142um
- 178um

Plating Thickness

- Bare PCB
- 18um
- 35um
- 53um
- 70um
- 88um
- 106um

Plane Thickness

- 35um
- 70um

Conductor Layer

- Internal Layer
- External Layer

Units

- Imperial
- Metric

Substrate Options

Material Selection:

Er: Tg (°C):

Temp Rise (°C):

Temp in (°F) = 36.0

Ambient Temp (°C):

Temp in (°F) = 71.6

Information

Total Copper Thickness: N/A

Via Thermal Resistance: N/A

Via Count:

Conductor Temperature: N/A

Temp in (°C) = N/A

Temp in (°F) = N/A

Via Voltage Drop: N/A

Print Solve!

SATURN
 PCB DESIGN, INC.
 Turnkey Electronic Engineering Solutions

Follow Us

f t in y

Рисунок 2.7 – Результати розрахунку мінімальної відстані між провідниками

ДП

На рисунку 2.7 введено наступні позначення:

B1 – внутрішні провідники;

B2 – зовнішні непокриті провідники при використанні плати на висоті до 3050 метрів над рівнем моря;

B3 – зовнішні непокриті провідники при використанні плати вище 3050 метрів над рівнем моря;

B4 – зовнішні провідники з постійним полімерним покриттям;

A5 – зовнішні провідники, зібрана плата захищена конформним покриттям;

A6 – зовнішні висновки компонентів, плата не покрита захисним шаром;

A7 – зовнішні висновки компонентів, зібрана плата захищена конформним покриттям.

5) Розрахунок імпедансу силової мережі провідників на ДП (Plane Calculator) дані виведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку силової мережі провідників що зображено на рисунку 2.8

Вхідні параметри:	Початкові дані:
ϵ_r (діелектрична постійна),	4,6
Material (матеріал)	FR 4 STD (склотекстоліт)
Supply Voltage (напруга живлення), VDC (В)	12
Maximum Current (максимальне значення струму), Amps	5
Total Noise Margin (сумарні нелінійні спотворення), %	2
Transient Percentage (Відсоток переданої напруги), %	50
Вихідні параметри:	Результати розрахунків:
Target PDN Impedance (повний опір мережі живлення), Ohms	0.25200
Capacitive Reactance (ємнісний опір), Ohms	4.8054
Total Plane Capacitance (загальна ємність), pF	33120.00


Conductor Spacing	Conductor Impedance	Conversion Data	Planar Inductors	PDN Calculator	Thermal	Fusing Current
Plane Information						
Power Delivery Network Impedance						
Supply Voltage	Supply Current	Supply Noise Margin				
5 VDC	5 Amps	Total Noise margin				
	Transient Percentage	AC Allocation of Margin				
	50 %	80 %				
Target PDN Impedance: 0.03200 Ohms						
Plane Capacitance						
Area of plane	Distance between planes		Capacitive Reactance			
41290,32 Sq.mm	0,0508 mm		4.8054 Ohms			
Frequency	Total Plane Capacitance					
1 MHz	33120.00 pF					
Options						
Base Copper Weight			Units			
<input type="radio"/> 9um <input type="radio"/> 18um <input type="radio"/> 35um <input type="radio"/> 53um <input type="radio"/> 70um <input type="radio"/> 88um <input type="radio"/> 106um <input type="radio"/> 142um <input type="radio"/> 178um			<input type="radio"/> Imperial <input checked="" type="radio"/> Metric			
Plating Thickness			Substrate Options			
<input type="radio"/> Bare PCB <input type="radio"/> 18um <input checked="" type="radio"/> 35um <input type="radio"/> 53um <input type="radio"/> 70um <input type="radio"/> 88um <input type="radio"/> 106um			Material Selection: FR-4 STD Er: 4,6 Tg (°C): 130			
Plane Thickness			Temp Rise (°C)			
<input checked="" type="radio"/> 0.5oz / 1oz <input type="radio"/> 2oz			Temp Rise (°C): 20 Temp in (°F) = 36.0			
Conductor Layer			Ambient Temp (°C)			
<input type="radio"/> Internal Layer <input type="radio"/> External Layer			Ambient Temp (°C): 22 Temp in (°F) = 71.6			
Information						
Total Copper Thickness: N/A			Via Thermal Resistance: N/A			
Conductor Temperature: N/A			Via Count: 10			
Temp in (°C) = N/A			Via Voltage Drop: N/A			
Temp in (°F) = N/A						
 Follow Us: f t in v						

Рисунок 2.8 – Результати розрахунку силової мережі провідників

За результатами розрахунків проведемо трасування друкованої плати в середовищі Protheus, результат зображений на рисунку 2.9. Отже, після проведення електричного розрахунку плати, спроектована друкована плата підходить по всім параметрам.

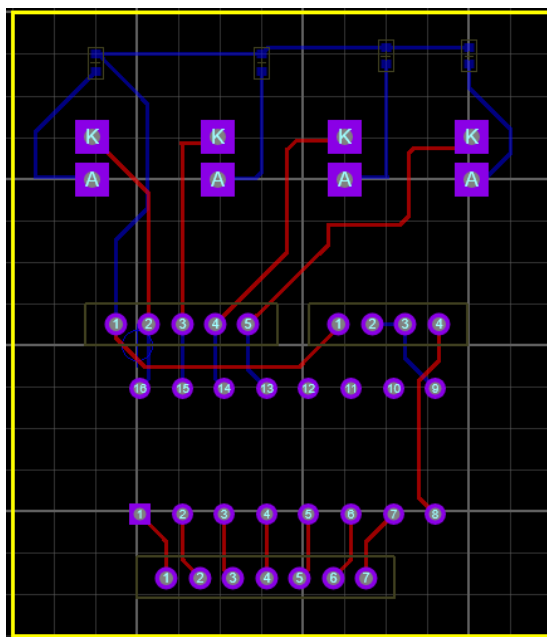


Рисунок 2.9 – Трасування друкованої плати в середовищі Protheus

2.5 Розрахунок надійності

Розрахунок надійності проводиться з метою визначення середнього часу роботи пристрою до відмови та ймовірності безвідмовної роботи пристрою до певного моменту часу.

Надійність технічних об'єктів полягає в їх здатності зберігати значення всіх параметрів протягом тривалого періоду часу, необхідного для успішного виконання технічних функцій у визначених умовах застосування. Під технічними об'єктами розуміються різноманітні пристрої, механізми, прилади, комплекси обладнання, будівельні конструкції та інші технічні системи.

Раптові відмови виникають раптово та приводять до повної втрати працездатності вузла, а при відсутності дублювання, і всього пристрою. Причинами таких відмов можуть слугувати невірні умови експлуатації (підвищена вологість, напруга живлення і т.д.). Також до цього можуть призвести дефекти самих радіоелементів (мікро тріщини, дефекти напівпровідників).

Поступові відмови настають в наслідок процесів старіння, зносу радіоелементів, чи інших вузлів пристрою. Відмова настає тоді, коли зміна того чи іншого параметру виходить за допустимі межі. Значно скоротити такі відмови можна розрахувавши час безвідмовної роботи пристрою, та спланувавши після цього терміни проведення профілактичних ремонтів та оглядів пристрою [12].

Під інтенсивністю відмов $\lambda(t)$ розуміють відношення кількості відмовлених елементів за певний період часу до середньої кількості працездатних елементів у цей час, розраховується за формулою (2.4).

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t)\Delta t} \quad (2.4)$$

де $n(t)$ – число елементів, що відмовили;

При $\lambda(t)=\text{const}$ ймовірність безвідмовної роботи виробу дорівнює:

$$P(t)=e^{-\lambda t},$$

Таким чином, знаючи інтенсивність відмов елементів як функцію часу, можна визначити ймовірність безвідмовної роботи протягом часу t .

Під середнім часом безвідмовної роботи T_{cp} розуміється математичне очікування часу роботи системи до відмови, розраховується за формулою (2.5).

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N_0} \quad (2.5)$$

де N_0 - число елементів, що випробуються;

t_i - час справної роботи виробу.

Для розрахунку ймовірність безвідмовної роботи використаємо інтерактивну систему основних конструкторсько-технологічних розрахунків РЕЗ (ІСОКТР РЕЗ) яка покликана допомогти у вирішенні основних завдань конструкторсько-технологічного проектування студентам радіотехнічних спеціальностей будь-якого ВНЗ. Програма працює з браузером тому для роботи з програмою необхідно мати підключення до мережі інтернет і браузер MS Internet Explorer.

Робота з програмою для розрахунку надійності ІСОКТР, зображена на рисунках 2.10-2.14, в якій отримані результати розрахунку зображенні на рисунках 2.15 та 2.16.

Розрахунок надійності вузлів та блоків РЕМ



- [Орієнтовний розрахунок надійності](#)
- [Остаточний розрахунок надійності](#)

[Надійність](#) _ [Технологічність](#) | [Тепловий](#) розрахунок [Вібростійкість](#) _ [FAQ](#) | [Відгук](#)

Рисунок 2.10 – Початкове вікно програми ІСОКТР для розрахунку надійності

Орієнтовний розрахунок надійності вузлів та блоків РЕМ

?		
<input type="checkbox"/>	Транзистори германієві до 2 мВт	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори германієві до 20 мВт	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори германієві до 200 мВт	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори германієві понад 200 мВт	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори кремнієві до 150 мВт	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори кремнієві до 1 Вт.	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори кремнієві до 4 Вт	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори кремнієві субмініатюрні подвійні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Транзистори кремнієві мікрохвильові	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Діоди кремнієві	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Діоди кремнієві карбідні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Діоди германієві	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Діоди субмініатюрні подвійні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори паперові	0 шт.
<input checked="" type="checkbox"/>	Конденсатори керамічні	1 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори керамічні змінні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори слюдяні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори скляні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори електrolітичні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори повітряні змінні	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори танталові	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори пластикові	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Конденсатори нейлонові	0 шт.
<input type="checkbox"/>	Резистори композиційні 0.25 Вт	0 шт.

Рисунок 2.11 – Інтерфейс програми ІСОКТР для розрахунку надійності (форма для заповнення інформації по радіоелементах)

<input type="checkbox"/> Резистори композиційні 0.5 Вт	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори композиційні 2 Вт	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори композиційні змінні	0
	ШТ.
<input checked="" type="checkbox"/> Резистори плівкові	4
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори металоплівкові	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори плівкові прецизійні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори дротяні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори дротяні прецизійні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори вугільні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Резистори нелінійні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Потенціометри	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори вхідні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори вихідні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори високочастотні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори звукової частоти	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори силові	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори імпульсні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори роздільні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Трансформатори регульовальні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Автотрансформатори	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Дроселі низькочастотні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Дроселі високочастотні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Котушки індуктивності	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Гібридні інтегральні мікросхеми	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Напівпровідникові інтегральні мікросхеми	0
	ШТ.
<input checked="" type="checkbox"/> Мікросхеми із середнім ступенем інтеграції	1
	ШТ.
<input checked="" type="checkbox"/> Великі інтегральні схеми	1
	ШТ.

Рисунок 2.12 – Інтерфейс програми ІСОКТР для розрахунку надійності (продовження)

<input checked="" type="checkbox"/> Обмотки електродвигуна	2
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Електродвигуни асинхронні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Електродвигуни синхронні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Електродвигуни вентиляторні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Електродвигуни постійного струму	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Сельсини	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Умформери	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Тиратрони малопотужні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Тиратрони потужні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Тиратрони субмініатюрні	0
	ШТ.
<input checked="" type="checkbox"/> Лампи неонові	4
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Лампи розжарювання	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> ЕПТ з магнітним відхиленням	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> ЕПТ з електричним відхиленням	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Датчики оптичні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Акумулятори	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Батареї однорозрядні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Батареї, що заряджаються	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Антени	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Хвильоводи жорсткі	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Хвильоводи гнучкі	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Мікрофони динамічні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Гучномовці динамічні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Тумблери	0
	К*
<input type="checkbox"/> Вимикачі швидкодіючі	0
	К*
<input type="checkbox"/> Вимикачі магнітні	0
	ШТ.
<input type="checkbox"/> Вимикачі термічні	0
	ШТ.

Рисунок 2.13 – Інтерфейс програми ІСОКТР для розрахунку надійності (продовження)

<input checked="" type="checkbox"/> Гнізда	Шт.	10
<input type="checkbox"/> З'єднувачі штепсельні	Ш*	0
<input type="checkbox"/> З'єднувачі з контрольним гніздом	Ш*	0
<input type="checkbox"/> Контактори	0	0
<input type="checkbox"/> Реле малогабаритні	КГ*	0
<input type="checkbox"/> Перемикачі кнопкові	КГ*	0
<input type="checkbox"/> Перемикачі блокувальні	0	0
<input type="checkbox"/> Перемикачі мініатюрні	КГ*	0
<input type="checkbox"/> Перехідні колодки	КГ*	0
<input type="checkbox"/> Клеми, затискачі	Шт.	0
<input type="checkbox"/> Висновки височастотні	Шт.	0
<input checked="" type="checkbox"/> Провід сполучний	Шт.	10
<input type="checkbox"/> Кабелі	Шт.	0
<input type="checkbox"/> Запобіжники плавкі	Шт.	0
<input type="checkbox"/> Ізолятори	Шт.	0
<input type="checkbox"/> Ізолювальні шайби, прокладки	Шт.	0
<input checked="" type="checkbox"/> Плата друкованої схеми	Шт.	1
<input type="checkbox"/> Пайка друкарського монтажу	Шт.	0
<input type="checkbox"/> Паяння навісного монтажу	Шт.	0
<input checked="" type="checkbox"/> Пайка об'ємного монтажу	Шт.	72

* Примітка: вводити загальну кількість контактів (К), штирів (Ш) або контактних груп (КГ) всіх елементів даного типу. Наприклад, у блоці є 4 реле малогабаритних. Одне реле має 12 КГ, друге – 5 КГ, третє та четверте – по 3 КГ. Необхідно навпроти пункту "Реле малогабаритні" ввести цифру "23" (12+5+2*3=23)

? Інші елементи, що не увійшли до списку або мають інше значення усередненої інтенсивності відмов λ_0

Введіть λ_0 $\cdot 10^{-6}$ 1/година та кількість елементів шт.

Введіть λ_0 $\cdot 10^{-6}$ 1/година та кількість елементів шт.

Введіть λ_0 $\cdot 10^{-6}$ 1/година та кількість елементів шт.

Введіть λ_0 $\cdot 10^{-6}$ 1/година та кількість елементів шт.

Введіть λ_0 $\cdot 10^{-6}$ 1/година та кількість елементів шт.

? Введіть значення t годин

Рисунок 2.14 – Інтерфейс програми ІСОКТР для розрахунку надійності (продовження)

FR	3,24	E-6, 1/год
MTBF	308356.46	год

Рисунок 2.15 – Отримані результати розрахунку надійності

T, тис. год	0	10	20	30	40	50	100	150	200	250	305
P(t)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,72	0,62	0,52	0,44	0,37

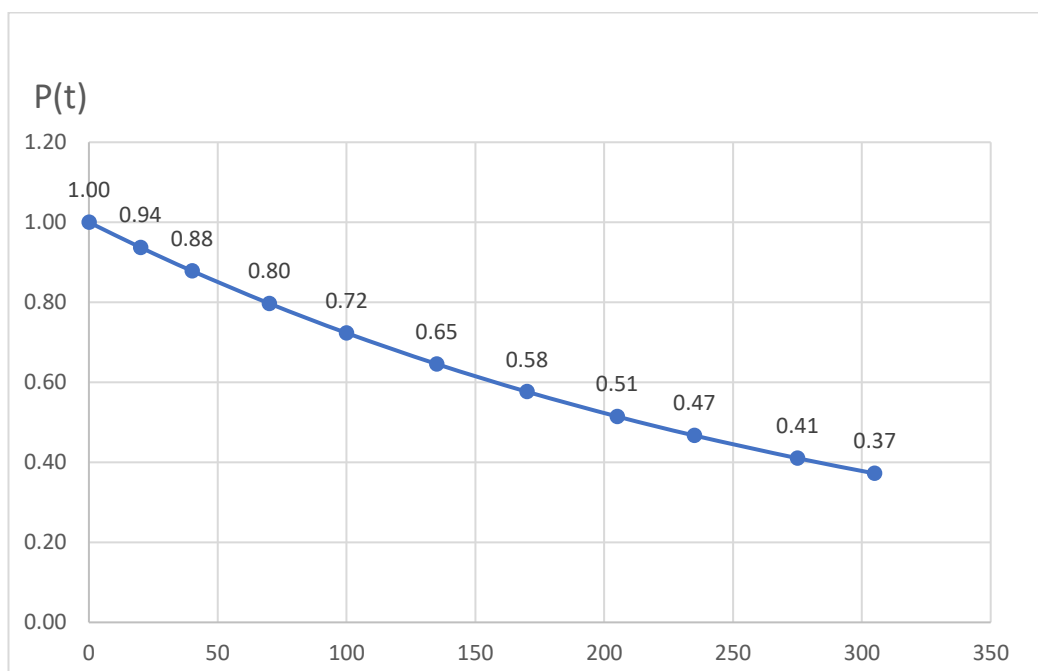


Рисунок 2.16 – Графік ймовірності безвідмовної роботи пристрою

З результатів розрахунку видно що інтенсивність відмови приладу приблизно $\lambda = 3,24 \cdot 10^{-6}$ 1/год, а час безвідмовної роботи приблизно $T_{cp} = 308356$ год.

Тепер, після того, як були зроблені всі необхідні розрахунки, можна перейти до моделювання приладу.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІР КАМЕРИ ВІДЕОНАГЛЯДУ НА ESP32-CAM

В даній частині потрібно провести експериментальне моделювання роботи ІР камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM з підключенням камери до Wi-fi мережі та отримання зображення з камери.

Щоб отримати зображення з камери потрібно підключити її до Wi-fi мережі та отримати ІР адресу камери.

Після підключення модуля ESP32-CAM до персонального комп'ютера, операційна система автоматично встановить йому номер COM порту (в цьому випадку COM3), який необхідно вказати у середовищі Arduino IDE перед початком програмування модуля скетчем, що наведений у додатку В. Необхідно переконатись, що у середовищі Arduino IDE вибрана плата ESP2 Wrover Module та зразу під цим пунктом виставити швидкість завантаження 115200 як показано на рисунку 3.1.

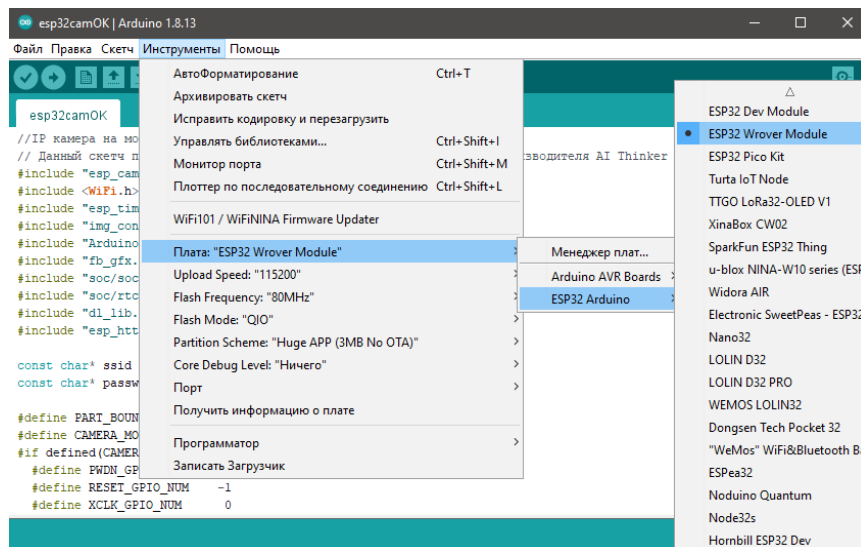


Рисунок 3.1 – Вибір плати Wrover Module

Також потрібно вказати схему розділення Huge APP (3MB No OTA), як зображено на рисунку 3.2. Після чого можна записувати код на ESP32-CAM через програматор для цього потрібно з'єднати GPIO і GND порти. Після завершення запису коду потрібно роз'єднати GPIO та GND і натиснути RESET.

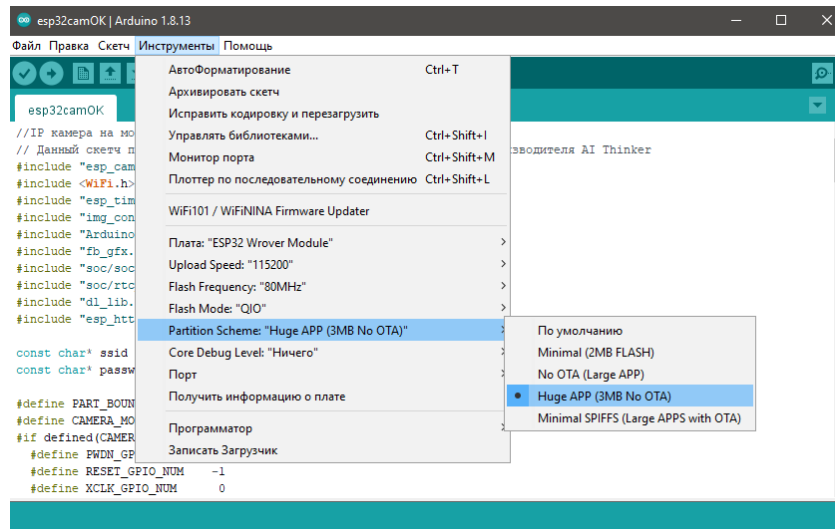


Рисунок 3.2 – Вибір схеми розділення, створення та написання скетчу IP камери

При перезапуску прошитого приладу, в меню порту виведеться інформація про успішне підключення до Wi-Fi мережі та IP адресу 192.168.0.105 власної точки доступу, що зображено на рисунку 3.3. Потрібно ввести даний IP адрес в браузер, можна з телефону та з комп'ютера. Після чого в браузері комп'ютера буде виведена трансляція камери, що можна побачити на рисунку 3.4, та в браузері телефону, що зображено на рисунку 3.5.

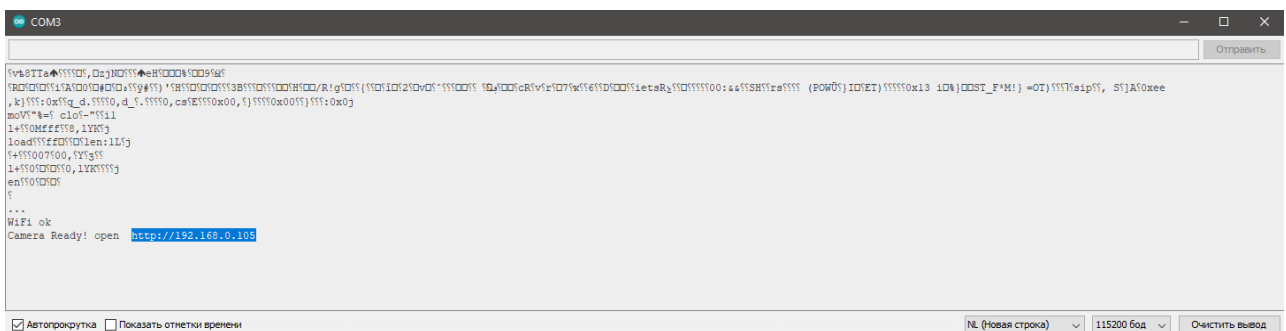


Рисунок 3.3 – Виведення на екран локального Wi-Fi та IP адреси

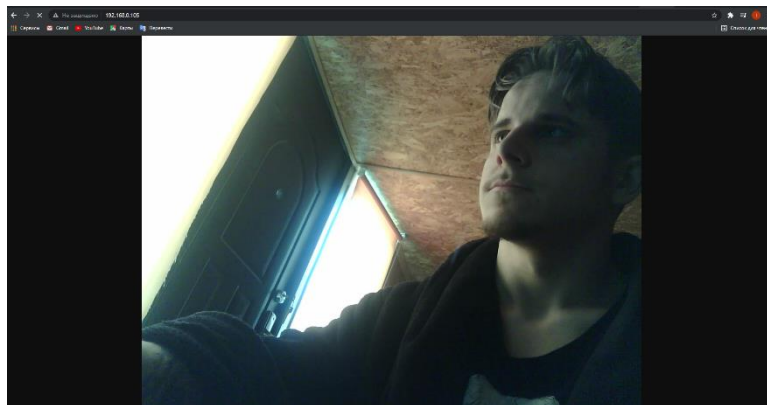


Рисунок 3.4 – При вводі локальної IP адреси (192.168.0.105) в браузер комп'ютера потрапляємо на трансляцію камери

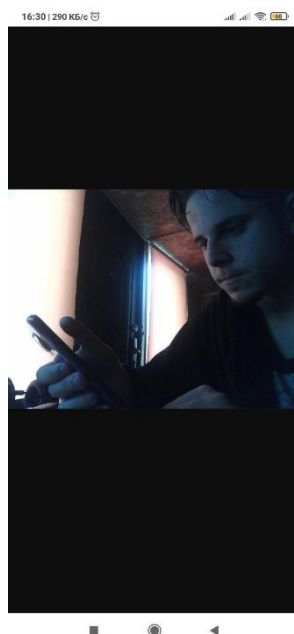


Рисунок 3.5 – При вводі локальної IP адреси (192.168.0.105) в браузер телефону потрапляємо на трансляцію камери

Для моделювання роботи з програмами та налаштування була обрана програма ImWatcher в цілях автоматизованого створення фото. Для цього їй потрібно додати до програми та налаштувати. Для того, щоб додати камеру, потрібно ввести її IP адресу в програму після чого її можна налаштувати, вказавши дію збереження зображення та інтервал між дією, відповідно до рисунка 3.6.

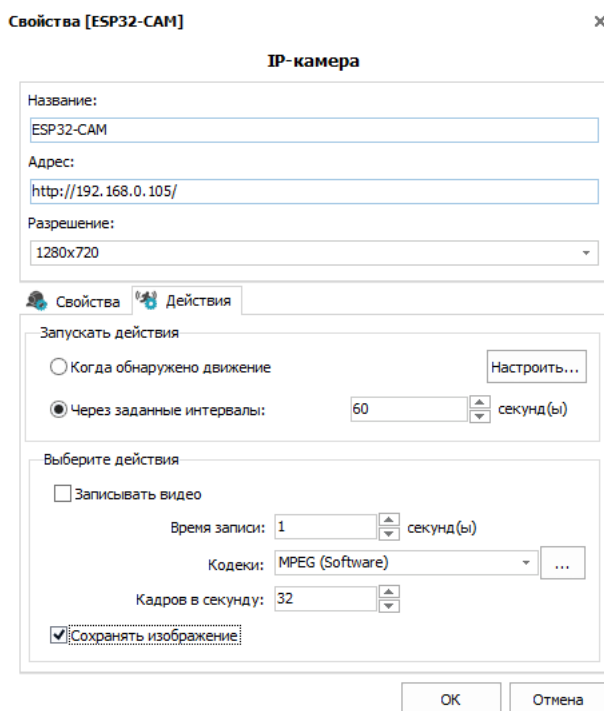


Рисунок 3.6 – Введення IP адреси (192.168.0.105) в програму та її налаштування.

Після налаштування можна почати моніторинг, програма буде показувати трансляцію та автоматично зберігати зображення за заданим інтервалом у вказану теку, як зображено на рисунку 3.7.

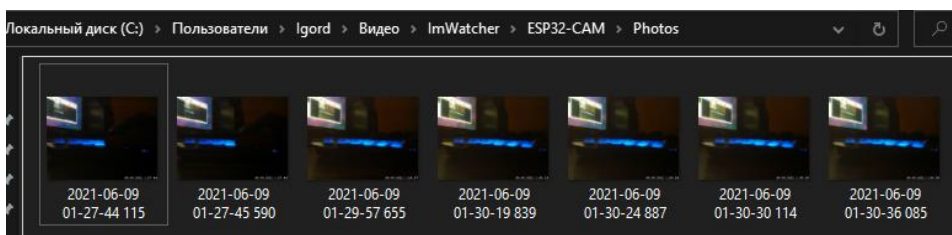


Рисунок 3.7 – Автоматично збережені зображення з камери

За результатами моделювання, переконались в працездатності підключення Wi-Fi мережі, передачі зображення з камери в браузер комп'ютера, телефону та програми.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В сучасний час, проблеми охорони праці вирішуються на національному рівні, в рамках держави. Основна увага приділяється усуненню шкідливого впливу технологічних процесів на здоров'я людини шляхом поліпшення умов праці на виробництві.

Предметом проектування є розробка IP камери на модулі ESP32-CAM, що використовує комп'ютерне проектування та моделювання. Ця камера відіграє важливу роль в галузі відеонагляду, забезпечуючи високу якість зображення та передачу даних по мережі.

В характеристиці об'єкта проектування акцентується увага на параметрах та елементах, що впливають на розробку рішень з охорони праці. Аналізуються потенційні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть призвести до травм або ушкодження здоров'я працівників. Застосовується методика, включаючи використання наказу 21.05.2007 N 246 [14] для аналізу цих факторів та розгляду методів управління їх безпекою.

В приміщенні, де проводилася моделювання та розробка IP камери на модулі ESP32-CAM, виявлено наступні шкідливі та потенційно небезпечні чинники:

- екстремальні температурні умови в робочій зоні;
- недостатнє освітлення на робочому місці;
- високий рівень шуму на місці праці;
- відсутність або недостатність природного світла;
- фізичне перенавантаження (статичне);

психоемоційне перенавантаження (надмірне напруження аналізаторів, емоційні навантаження).

Наступні розділи детально розглянуть вищезазначені аспекти охорони праці, пов'язані з об'єктом проектування. Такий підхід допоможе розробити ефективні рішення з охорони праці, забезпечуючи безпеку та здоров'я працівників, а також дотримання відповідних норм та стандартів.

4.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

4.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Оптимальне розташування всіх компонентів робочого місця і врахування антропометричних, фізичних і психологічних вимог є важливими. Крім того, характер роботи також має велике значення. При організації простору для розробки робочого місця мають бути враховані наступні ключові умови: оптимальне розташування обладнання, яке входить до складу робочого місця, і достатній робочий простір, що дозволяє виконувати всі необхідні рухи і переміщення.

Приміщення, де розташоване робоче місце, має загальну площу 35,64 м². і стелю висотою 3 м. У цьому приміщенні розташовано чотири робочі місця з комп'ютерами. Кожне з цих робочих місць складається з робочого столу площею 1,3 м², стільця та персонального комп'ютера, який включає монітор, системний блок, клавіатуру та мишу.

При розташуванні компонентів робочого місця користувача ПК важливо враховувати наступне:

- В користувача повинна бути забезпечена комфортна робоча поза;
- Необхідно забезпечити достатньо простору для користувача;
- Оптимальні характеристики робочого крісла;
- Елементи робочого місця повинні бути розташовані таким чином, щоб користувач міг легко оглядати їх;
- Додаткова можливість регулювання елементів робочого місця;
- Документація та матеріали, які використовує користувач, повинні бути зручно розміщені.

Площа приміщення, що припадає на кожного працівника, становить 8,91 кв. м, а об'єм повітря в робочій зоні - 35,64 куб. м. Знайдені значення відповідають встановленим вимогам, оскільки площа одного робочого місця для працівника, що використовує комп'ютер, не повинна бути меншою за 6 кв. м, а об'єм - менший за 20 куб. м [15].

Основними складовими робочого місця розробника є крісло та скло. Сидяче положення є основним робочим станом, який допомагає знизити стомлення працівника. Ефективне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розташування предметів, робочих засобів і документів. Предмети, які використовуються найчастіше, повинні бути розташовані в зоні легкого доступу всередині робочого простору.

Для забезпечення комфорту під час роботи необхідно дотримуватися наступних вимог до столу:

- Поверхня столу повинна мати властивості, що уникають появи відблисків у полі зору, забезпечуючи комфортне сприйняття робочого середовища;

- Вибір висоти столу має забезпечувати вільне сидіння в зручній позі і можливість спиратися на підлокітники за необхідності;

- Конструкція стола має бути з наявністю висувних шухляд, не менше трьох, для зручного зберігання документації та канцелярських приладь;

- Нижня частина столу повинна бути спеціально сконструйована, щоб дослідник міг комфортно сидіти, не відчуваючи дискомфорту через обтискання ніг;

- Рекомендована висота робочої поверхні столу має знаходитися в діапазоні 680-760 мм. Висота поверхні, на яку розміщується клавіатура, рекомендується близько 650 мм [16].

4.1.2 Електробезпека приміщення

Приміщення в яких використовуються персональні комп'ютери, належать до приміщень, які не є особливо небезпечними електричним струмом. Вимоги з електробезпеки та пожежної безпеки для таких приміщень полягають у належній відповідності ПК, обладнання, проводів та кабелів вимогам безпеки та наявності пристроїв захисту від короткого замикання.

Лінії електричної мережі ПК у приміщенні реалізовані як окрема групова трипровідна мережа, використовуючи фазовий, нульовий робочий та нульовий

захисний провідники. При цьому площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідників повинна бути не меншою за площу перерізу фазового провідника. Напруга в цій мережі складає 220 В (фазна напруга (фаза - "нуль") - 220 В Категорія умов з приводу небезпеки електротравматизму вважається без підвищеної небезпеки [17].

Мережі для під'єднання ПК мають електричні з'єднання та розетки, які, Крім фазових та нульових контактів робочих провідників, ці пристрої також мають особливі контакти для з'єднання нульового захисного провідника, який під'єднується перед ними. Важливо дотримуватись зворотного порядку відключення мережі.

Мережі штепсельних з'єднань та електричних розеток виконані за основною схемою, по 3-6 в одному ланцюжку. Оскільки вони розташовані вздовж стін, проводи прокладені по підлозі в металевих трубах і гнучких металевих каналах. Металеві трубки і гнучкі металеві канали заземлені.

Для забезпечення безпеки від електротравм в приміщенні вживаються такі заходи:

- Використання захисних пристроїв (автоматичні вимикачі, RCD);
- Правильна установка та обслуговування електрообладнання;
- Безпечна організація робочого простору;
- Правильне використання розеток та електричних приладів;
- Правила особистої безпеки (навчання персоналу правилам безпеки).

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки та здоров'я працівників. Ці рішення орієнтовані на створення оптимальних умов праці, зниження впливу шкідливих факторів та покращення санітарно-гігієнічних умов у виробничих приміщеннях.

4.2.1 Мікроклімат

Регулювання мікроклімату виробничих приміщень залежить від теплових властивостей самого приміщення, ступеня складності виконуваних робіт та сезонного періоду.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [18], мікроклімат виробничих приміщень визначає умови внутрішнього середовища, що впливають на тепловий обмін працюючих. Ці умови залежать від температури, вологості, швидкості руху повітря, температури поверхонь та інтенсивності опромінення.

Мікроклімат регулюється залежно від характеристик приміщення, категорії робіт та сезону.

Дослідження IP камери на модулі ESP32-CAM відноситься до категорії 1 а. [19].

Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату здійснюється: Вентиляція приміщення, регулювання опалення та кондиціонування повітря.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

В сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Токсичні речовини - речовини, що при взаємодії з організмом людини через порушення технологічного процесу спричиняють професійні захворювання, промислові травми або відхилення у стані здоров'я.

Токсичні речовини у робочій зоні поширюються у вигляді парів, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру, форми частинок та їх кількості. Найнебезпечнішими є фінодисперсний пил (розміром < 5 мкм) та гострокрайовий пил, які глибоко проникають в легені.

В приміщенні, де проводяться дослідження властивостей ІР камери на модулі ESP32-CAM, може відбуватися збільшена концентрація пилу та озону. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, які присутні в даному приміщенні (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [18]), перелічені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Для забезпечення якості повітря у робочій зоні рекомендується застосовувати механічну вентиляцію та забезпечувати регулярне прибирання та провітрювання.

4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях призначене для забезпечення необхідних умов для виробничого процесу, безпечного переміщення людей та руху транспорту і є обов'язковим у всіх приміщеннях виробництва.

Щодо природного освітлення, рекомендується використовувати бічне освітлення, якщо можливо - з одного боку.

Сучасні стандарти визначають, що мінімальний рівень освітленості встановлюється з урахуванням зорової активності, контрастності об'єкта та фону.

Один з нормативних параметрів для природного освітлення - коефіцієнт природного освітлення (КПО). Значення КПО встановлюються в залежності від виду зорової діяльності. Норми освітленості для штучного освітлення та КПО

(для регіону зі світловим кліматом III) при природному та комбінованому освітленні наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізювання	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 – 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Заходи, що передбачені для забезпечення відповідного освітлення, включають: Встановлення достатньої кількості освітлювальних приладів, використання підсвічування, розміщення джерел світла на оптимальній висоті та регулярне обслуговування освітлювальної системи.

4.2.4 Виробничий шум

Під час проведення досліджень властивостей IP камери на модулі ESP32-CAM, на робочому місці дослідника виникає перешкодний звук, який походить від функціонування системних блоків, принтерів, сканерів, обладнання для кондиціонування повітря, вентиляторів систем охолодження і трансформаторів.

Нормативні вимоги щодо шуму, ультразвуку та інфразвуку на робочому місці описані в ДСН 3.3.6.037-99 [20]. За умови виконання роботи (характер робіт і характер шуму), допустимі рівні звукового тиску повинні відповідати

гігієнічним стандартам, і рівні звуку L_A не повинні перевищувати 50 дБА, що можна знайти в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску та звуку

Характер робіт	Рівні звукового тиску, що допустимі (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструювання та проектування	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення прийнятних рівнів шуму (поліпшення шумового середовища) в приміщенні рекомендується використовувати безшумні комп'ютери з пасивним охолодженням.

4.2.5 Виробничі випромінювання

В проєкті наявні електромагнітні випромінювання, які генеруються ПК.

Необхідно дотримуватися вимог щодо рівнів електромагнітного випромінювання та магнітних полів. Розміри інфрачервоного випромінювання не мають перевищувати встановлені обмеження. Так само, рівні ультрафіолетового випромінювання мають знаходитися в межах норми [21].

Максимально припустима напруженість електростатичного поля на робочих місцях не повинна перевищувати визначені рівні [22].

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на працівників рекомендується оптимізувати організацію робочого простору, правильно розміщувати технологічне обладнання, дотримуватися гігієнічних режимів праці та відпочинку, обмежувати час перебування в зоні випромінювання.

4.3 Пожежна безпека

Для запобігання виникненню пожеж здійснюється, передусім, шляхом усунення можливості утворення горючих або вибухонебезпечних середовищ і джерел запалювання. На підприємстві повинна бути належна пожежна безпека, яка запобігає небезпечним пожежним факторам, що впливають на людей, та обмежує матеріальні збитки від них.

Забезпечення пожежної безпеки об'єкта вимагає системи запобігання пожеж, системи протипожежного захисту і системи організаційно-технічних заходів [23].

Основною метою пожежної безпеки об'єкта є запобігання виникненню пожежі на рівнях, встановлених нормативами, а у разі виникнення пожежі - обмеження її поширення, своєчасне виявлення та гасіння, а також захист людей і матеріальних цінностей.

4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

До факторів, які можуть призвести до виникнення пожежі в приміщенні категорії Д, належать:

- Порушення правил експлуатації техніки;
- Надмірне навантаження електричної мережі та перегрів проводів і з'єднань;

- Несправність електричного обладнання і систем;
- Неправильне зберігання та використання запальних матеріалів

Система запобігання пожежі передбачає:

- Регулярний контроль ізоляції для забезпечення її цілісності;
- Наявність спеціально відведених місць для куріння;
- Проведення періодичних навчань з протипожежної безпеки;
- Уникання накопичення горючих матеріалів у приміщенні;
- Встановлення системи захисту від атмосферних розрядів.

4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Серед причин, що можуть призвести до виникнення пожежі в приміщенні, можна виділити наступні:

- КЗ (коротке замикання) електричного кола;
- надмірне навантаження електричної мережі, що може спричинити перегрів струмопровідних деталей та з'єднань;
- порушення правил з техніки безпеки.

При аварійних ситуаціях може відбутися раптове викидання теплової енергії, яке може послужити причиною пожежі.

Заходи щодо запобігання пожежі включають:

- систематичну перевірку електричних частин обладнання на наявність дефектів;
- регулярне проведення навчань з пожежної безпеки;
- дотримання вимог пожежної безпеки на робочому місці.

Для вказівки місць розташування головних засобів загашування пожежі слід встановлювати покажчики відповідно до чинних норм, що діють на рівні держави. Ці покажчики повинні бути поміщені на видному місці на встановленій стандартами висоті. Позначення слід розміщувати на висоті від 2 до 2,5 метра від рівня підлоги, як всередині приміщень, так і за їх межами (за потреби).

Відповідно до вимоги, орендарі, власники підприємств, установ і організацій, або уповноважені ними органи повинні:

- Розробляти та впроваджувати наукові розробки для пожежної безпеки;
- Забезпечувати виконання протипожежних вимог та вказівок органів нагляду;
- Організовувати навчання та роботу з правил пожежної безпеки;
- Забезпечувати належний технічний стан протипожежного обладнання, комунікаційних систем та пожежної техніки;
- Створювати підрозділи пожежної охорони та забезпечувати їх матеріально-технічною базою;

- Надавати відомості та документи про пожежну безпеку на вимогу державної пожежної охорони;
- Впроваджувати автоматичні системи виявлення та загасіння пожеж;
- Повідомляти пожежну охорону про несправності пожежної техніки.

Відповідно до встановлених норм [24], на кожні 20 м² площі приміщення з відповідною категорією, класом пожежовибухонебезпеки і можливими пожежними класами – А, В і Е, розташовується лише один вогнегасник, який може бути порошковим або вуглекислотним і має масу заряду в діапазоні від 3 до 5 кг. До того, на поверсі, де розташоване дане приміщення, необхідно мати ще один порошковий вогнегасник з масою заряду 10 кг.

Отже, в приміщенні буде знаходитися лише один порошковий вогнегасник, який буде розміщений у різних частинах приміщення на висоті не вище 1,5 м від рівня підлоги до нижнього кінця вогнегасника і на достатній відстані від дверей для їх повного відчинення. Для позначення місцезнаходження вогнегасника буде встановлено вказівний знак, який буде розміщений на видному місці на висоті від 2,0 до 2,5 м від рівня підлоги. Підходи до місця розташування вогнегасника мають бути завжди вільними.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі було розроблено IP камеру відеонагляду на модулі ESP32-CAM. Цей прилад було розроблено з метою ведення обліку та підвищення рівня безпеки в офісах, будинках, магазинах, торговельних центрах та промислових виробництвах.

В ході роботи було проведено дослідження архітектури та апаратного забезпечення для IP відеонагляду, вибір та обґрунтування схеми пристрою, розробка програмного забезпечення, завдяки чому, було розроблено функціональну схему приладу та програмне забезпечення.

В результаті проведеного розрахунку електричної схеми живлення та моделювання схеми в програмі Proteus, було встановлено, що розрахована електрична схема живлення демонструє стабільність напруги в розмірі 5В і відповідає визначеним параметрам.

Завдяки розрахункам електричних параметрів друкованої плати, переконались, що друкована плата підходить по всім параметрам. Також проведені розрахунки надійності пристрою, які дозволяють забезпечити високу якість роботи пристрою та його довговічність.

Здійснюючи розрахунки технології виготовлення IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM, було визначено оптимальні методи регулювання та вимірювальної апаратури, що дозволило підвищити якість отриманого обладнання. Розроблений технологічний процес регулювання та настройки показав свою ефективність, що дозволило зменшити кількість відходів під час виробництва. Аналізуючи основні несправності та методи їх усунення було встановлено, що з використанням розробленої технології вдається швидко та ефективно розв'язувати проблеми з відновленням роботи обладнання.

Також було проведено розрахунки з розділу , охорона праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. S. A. Atone, A. S. Bhalchandra, and P. H. Bhagat. Moving Object Detection with an IP camera. Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). 2018 p. 656 с.
2. Dogan Ibrahim and Ahmet Ibrahim. The official esp32 book. Publisher: Elektor. 284 с.
3. Червак А. М. Адаптивний модуль ретрансляції відеопотоків реального часу. Вид-во Львівської політехніки. 2015 р. 163 с.
4. Basics project 084h ESP32-CAM Development Board – How to extend Wi-Fi coverage, URL: <http://acoptex.com/wp/basics-project-084h-esp32-cam-development-board-how-to-extend-wi-fi-coverage/>
5. ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>
6. Stepper Motors, Stepper Motor Drivers and Controllers. URL: <https://www.orientalmotor.com/stepper-motors/index.html>
7. Stepper Motor 28BYJ-48 - 5V URL: <https://components101.com/motors/28byj-48-stepper-motor>
8. Схема драйвера двигуна ULN2003. URL: <https://components101.com/stepper-motor-driver-ic-uln2003-pinout-datasheet>
9. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем. Вінниця: ВНТУ, 2012. 191 с.
10. Rui Santos. Build ESP32-CAM Projects using Arduino IDE eBook. Publisher: Random Nerd Tutorials. 2020 p. 400с.
11. Getting Started with the ESP32 Development Board URL: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>
12. Статистичні методи контролю і теорія надійності РЕА. URL: http://radio-vtc.inf.ua/Quality/L4_5.pdf
13. Цифровий мультиметр з True RMS PM18C PROTESTER. URL: <https://protester.in.ua/ua/p1188341838-tsifrovoj-multimetr-true.html>

14. НАКАЗ 21.05.2007 N 246 Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07#Text>
15. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.
16. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php.
17. Правила улаштування електроустановок. URL: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
18. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
19. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
21. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
22. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
23. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759
24. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>

Додаток А
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ) ДИПЛО-
МНОЇ РОБОТИ**

ІР КАМЕРА ВІДЕОНАГЛЯДУ НА МОДУЛІ ESP32-CAM

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «ІР камера відеонагляду на модулі EPS32-CAM»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)


Підрозділ ІРТС, ІЕС
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 93,88% Схожість 6,12%

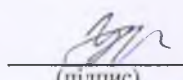
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

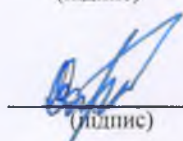
Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Олександр ЗВЯГІН
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи 
(підпис)

Ігор ФУРМАН
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

АНТОН САВИЦЬКИЙ
(прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

IP КАМЕРА ВІДЕОНАГЛЯДУ НА МОДУЛІ ESP32-CAM

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи ТКР-21мс
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Фурман І. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ІРТС

Савицький А. Ю

(прізвище та ініціали)

« 15 » 06 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік



Рисунок 1 – Структурна схема IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM

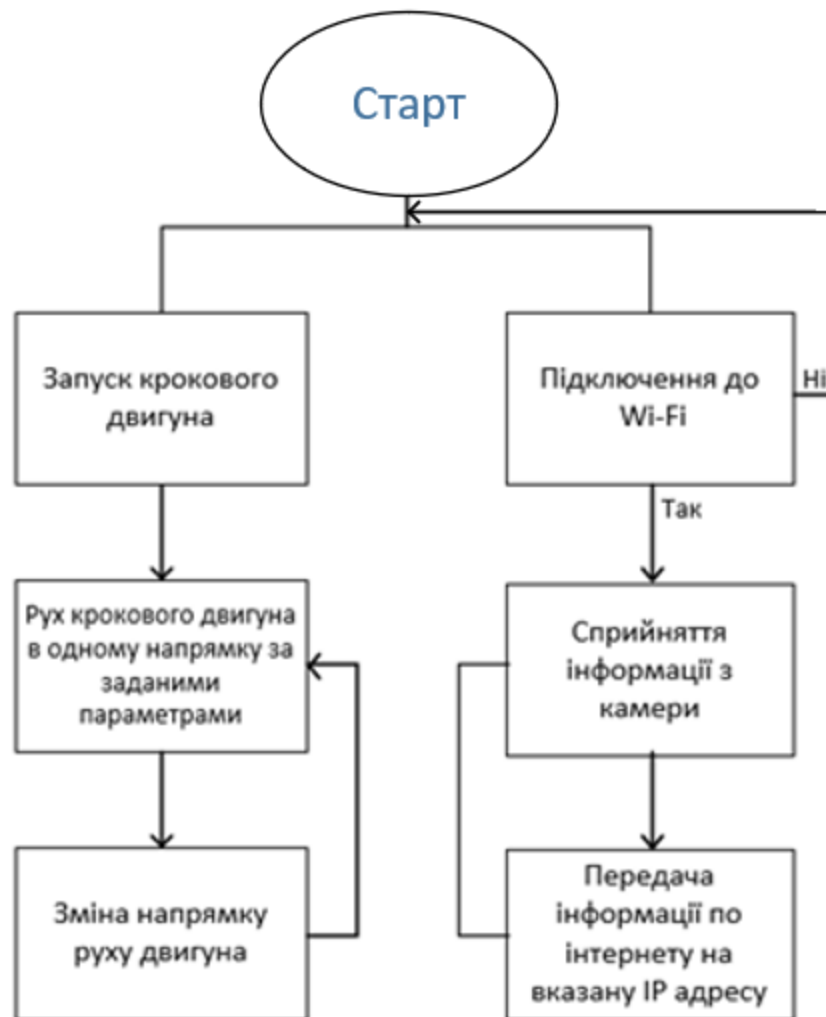


Рисунок 2 – Алгоритм роботи IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM

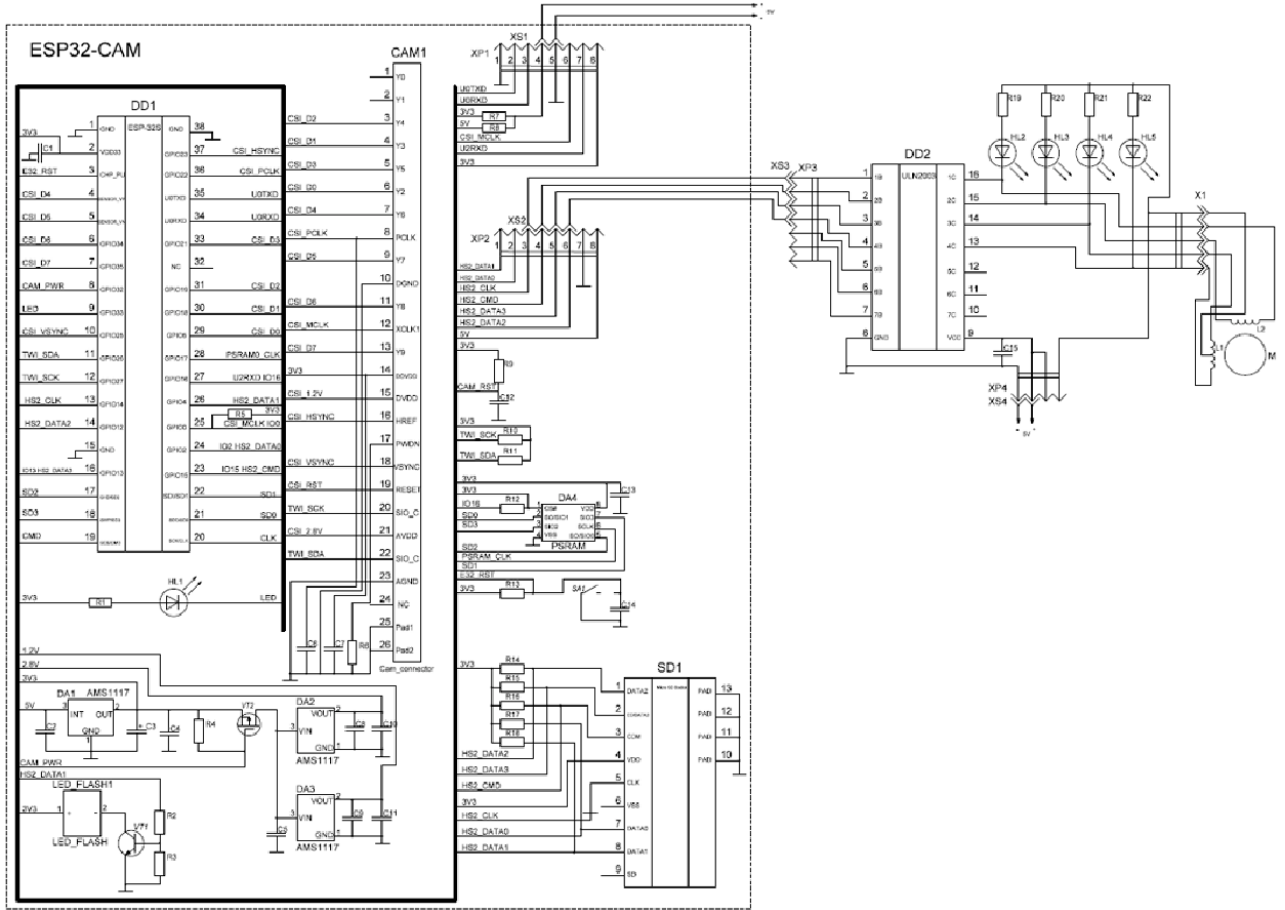
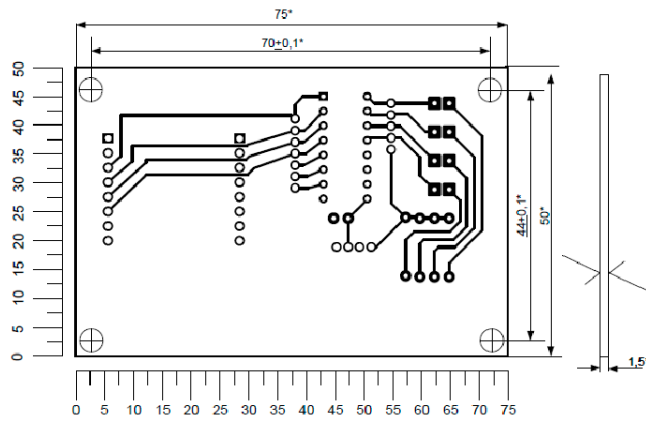


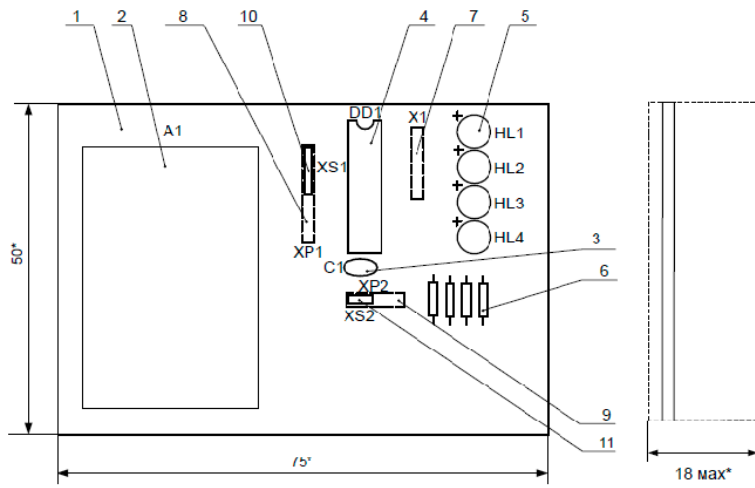
Рисунок 3 – Схема електрична принципова



- 1.* Розмір для довідок.
2. Плату виготовити негативним методом.
3. Крок координатної сітки 2,5мм. Лінії сітки умовно нанесені через одну.
4. Конфігурацію провідників витримати по координатній сітці.
5. Провідники умовно позначені суцільними лініями виконати шириною $1\pm 0,1$ мм, в вузьких місцях - 0,5 мм.
6. Відстань між провідниками не менше 0,8мм, в вузьких місцях - 0,4мм.
7. Плата повинна відповідати ГОСТ23752-79.

Умовне позначення отвору	Діаметр отвору, мм	Наявність металізації в отворі	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
○	$1\pm 0,1$	немає	1,11	15
○	$1,1\pm 0,1$	немає	$1,8\pm 0,1$	33
●	$0,7\pm 0,1$	немає	$2,2\pm 0,1$	10
■	$0,8\pm 0,1$	немає	$2,35\pm 0,1$	8
■	$1,1\pm 0,1$	немає	$1,8\pm 0,1$	1
■	$0,7\pm 0,1$	немає	$1,1\pm 0,1$	1
⊕	$3,5\pm 0,1$	немає	$4\pm 0,1$	4

Рисунок 4 – Друкована плата



1.* Розмір для довідок з елементами.

2. Паяти: припой ПОС61 ГОСТ21931-79.

3. Встановку елементів проводити за ГОСТ 4ГО. 010.030-81.

4. ** Розмір забезпечується робочим інструментом.

Установка навісних елементів

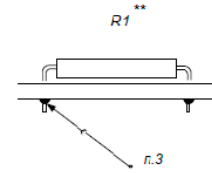


Рисунок 5 – Складальне креслення

Поз. позн.	Найменування	Кільк.	Примітка
A1	Платформа ESP32-Cam	1	
C1	KT1-M47-16В-100nΦ+10%	1	
DD1	ULN2003	1	
HL1...HL4	LED світлодіод F5	4	white
M1	Кроковий двигун 5V 28BYJ-48	1	
R1... R4	C2-23-0,125-510 Ом+5%	4	
X1	JST XH2,54 5P	1	
XP1	Header-Male-2.54_1x7	1	
XP2	Header-Male-2.54_1x4	1	
XS1	Роз'єми мама BLS-4	1	
XS2	Роз'єми мама BLS-2	1	

					08-36. БДР.013.00.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	IP камера відеонагляду на модулі ESP32-CAM Перелік елементів	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Фурман І. В.	<i>IV</i>	7.06.23			1	1
Перевір.		Савицький А.Ю.	<i>AS</i>	15.06.23		Гр. ТКР21-мс		
Реценз.		<i>Миколайчук</i>	<i>MS</i>	18.06.23				
Н. Контр.		Червак О.П.	<i>OP</i>	18.06.23				
Затверд.		Осадчук О.В.	<i>OV</i>	18.06.23				

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка.
				<u>Документація</u>		
A2			08-36. БДР.013.00.000 СБ	Складальний кресленник	1	
A2			08-36. БДР.013.00.000 ЕЗ	Схема електрична	1	
A2			08-36. БДР.013.00.000	Рисунок друкованої плати	1	
				<u>Деталі</u>		
		1		Плата	1	
		2		Платформа ESP32-Cam	1	A1
		3		KT1-M47-16B-100nФ+10%	1	C1
		4		ULN2003	1	DD1
		5		LED світлодіод F5 white	4	HL1...HL4
		6		C2-23-0,125-510 Ом+5%	4	R1... R4
		7		JST XH2,54 5P	1	X1
		8		Header-Male-2.54_1x7	1	XP1
		9		Header-Male-2.54_1x4	1	XP2
		10		Роз'єми мама BLS-4	1	XS1
		11		Роз'єми мама BLS-2	1	XS2

				08-36. БДР.013.00.000				
Зм.	Лист.	№ Докум.	Підп.	Дата				
Розробив		Фурман І. В.	<i>[Signature]</i>	20.06.25	IP камера відеонагляду на модулі ESP32-CAM	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Савицький А.Ю.	<i>[Signature]</i>	16.06.25			1	1
Рецензент		Александрович	<i>[Signature]</i>	16.06.25		Гр. ТКР21-мс		
Н. Контр.		Червак О.П.	<i>[Signature]</i>	16.06.25				
Затверд.		Осадчук О.В.	<i>[Signature]</i>	16.06.25	Специфікація			

Додаток В
(довідниковий)

Лістинг програми для IP камери відеонагляду на модулі ESP32-CAM

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
#include "esp_timer.h"
#include "img_converters.h"
#include "Arduino.h"
#include "fb_gfx.h"
#include "soc/soc.h" //disable brownout problems
#include "soc/rtc_cntl_reg.h" //disable brownout problems
#include "esp_http_server.h"
#include <Stepper.h> // бібліотека для крокового двигуна

// кількість кроків на 1 оберт, змініть значення для вашого мотора
const int stepsPerRevolution = 200;

// встановлюємо порти для підключення драйвера
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);

// Replace with your network credentials
const char* ssid = "*****";
const char* password = "*****";

#define PART_BOUNDARY "1234567890000000000000987654321"

// This project was tested with the AI Thinker Model, M5STACK PSRAM Model and
M5STACK WITHOUT PSRAM
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_WITHOUT_PSRAM

// Not tested with this model
// #define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT

#if defined(CAMERA_MODEL_WROVER_KIT)
#define PWDN_GPIO_NUM -1
#define RESET_GPIO_NUM -1
#define XCLK_GPIO_NUM 21
#define SIOD_GPIO_NUM 26
#define SIOC_GPIO_NUM 27

#define Y9_GPIO_NUM 35
#define Y8_GPIO_NUM 34
#define Y7_GPIO_NUM 39
#define Y6_GPIO_NUM 36
#define Y5_GPIO_NUM 19
#define Y4_GPIO_NUM 18
```

Продовженні лістингу A

```
#define Y3_GPIO_NUM    5
#define Y2_GPIO_NUM    4
```

```
    #define VSYNC_GPIO_NUM  25
#define HREF_GPIO_NUM  23
#define PCLK_GPIO_NUM  22
```

```
#elif defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM)
```

```
#define PWDN_GPIO_NUM  -1
#define RESET_GPIO_NUM  15
#define XCLK_GPIO_NUM  27
#define SIOD_GPIO_NUM  25
#define SIOC_GPIO_NUM  23
```

```
#define Y9_GPIO_NUM    19
#define Y8_GPIO_NUM    36
#define Y7_GPIO_NUM    18
#define Y6_GPIO_NUM    39
#define Y5_GPIO_NUM     5
#define Y4_GPIO_NUM    34
#define Y3_GPIO_NUM    35
#define Y2_GPIO_NUM    32
#define VSYNC_GPIO_NUM  22
#define HREF_GPIO_NUM  26
#define PCLK_GPIO_NUM  21
```

```
#elif defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WITHOUT_PSRAM)
```

```
#define PWDN_GPIO_NUM  -1
#define RESET_GPIO_NUM  15
#define XCLK_GPIO_NUM  27
#define SIOD_GPIO_NUM  25
#define SIOC_GPIO_NUM  23
```

```
#define Y9_GPIO_NUM    19
#define Y8_GPIO_NUM    36
#define Y7_GPIO_NUM    18
#define Y6_GPIO_NUM    39
#define Y5_GPIO_NUM     5
#define Y4_GPIO_NUM    34
#define Y3_GPIO_NUM    35
#define Y2_GPIO_NUM    17
#define VSYNC_GPIO_NUM  22
#define HREF_GPIO_NUM  26
#define PCLK_GPIO_NUM  21
```

```
#elif defined(CAMERA_MODEL_AI_THINKER)
```

```
#define PWDN_GPIO_NUM  32
#define RESET_GPIO_NUM  -1
#define XCLK_GPIO_NUM   0
#define SIOD_GPIO_NUM  26
#define SIOC_GPIO_NUM  27
```



```

Продовженні лістингу А
} else {
    _jpg_buf_len = fb->len;
    _jpg_buf = fb->buf;
}
}
}
if(res == ESP_OK){
    size_t hlen = snprintf((char *)part_buf, 64, _STREAM_PART, _jpg_buf_len);
    res = httpd_resp_send_chunk(req, (const char *)part_buf, hlen);
}
if(res == ESP_OK){
    res = httpd_resp_send_chunk(req, (const char *)_jpg_buf, _jpg_buf_len);
}
if(res == ESP_OK){
    res = httpd_resp_send_chunk(req, _STREAM_BOUNDARY,
strlen(_STREAM_BOUNDARY));
}
if(fb){
    esp_camera_fb_return(fb);
    fb = NULL;
    _jpg_buf = NULL;
} else if(!_jpg_buf){
    free(_jpg_buf);
    _jpg_buf = NULL;
}
if(res != ESP_OK){
    break;
}
//Serial.printf("MJPG: %uB\n", (uint32_t)(_jpg_buf_len));
}
return res;
}

```

```

void startCameraServer(){
    httpd_config_t config = HTTPD_DEFAULT_CONFIG();
    config.server_port = 80;

    httpd_uri_t index_uri = {
        .uri      = "/",
        .method   = HTTP_GET,
        .handler  = stream_handler,
        .user_ctx = NULL
    };

    //Serial.printf("Starting web server on port: %d\n", config.server_port);
    if (httpd_start(&stream_httpd, &config) == ESP_OK) {
        httpd_register_uri_handler(stream_httpd, &index_uri);
    }
}

```

```

Продовженні лістингу А
}

```



```

void setup()

{
  myStepper.setSpeed(600); // устанавливаем скорость 60 об/мин
  WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0); //disable brownout detector

  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(false);

  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
  config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
  config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
  config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
  config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
  config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
  config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
  config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
  config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
  config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
  config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
  config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
  config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
  config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
  config.xclk_freq_hz = 20000000;
  config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

  if(psramFound()){
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 10;
    config.fb_count = 2;
  } else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;
  }
  // Camera init
  esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
  if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
  }
  // Connect to Wi-Fi network with SSID and password
  Serial.print("Setting AP (Access Point)...");

  Продовженні лістингу А
  // Remove the password parameter, if you want the AP (Access Point) to be open
  WiFi.softAP(ssid, password);

```

```
IPAddress IP = WiFi.softAPIP();  
Serial.print("Camera Stream Ready! Connect to the ESP32 AP and go to: http://");  
Serial.println(IP);
```

```
// Start streaming web server  
startCameraServer();  
}
```

```
void loop()  
{  
  // повертаємо ротор за годинниковою стрілкою  
  myStepper.step(stepsPerRevolution);  
  delay(500);  
  
  // повертаємо ротор проти годинникової стрілки  
  myStepper.step(-stepsPerRevolution);  
  delay(500);  
}
```