

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет
Кафедра прикладної радіоелектроніки

«До захисту допущено»

В. о. зав. кафедрою

_____ Михайло СТЕПАНОВ

« ___ » _____ 2022 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Радіозв'язок і оброблення сигналів»

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі
фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет»

Виконав:

студент IV курсу, групи РА-81

Родько Максим Андрійович



Керівник: ас. Нікітчук Артем Валерійович

Рецензент: Гусєва Олена Володимирівна

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ — 2022 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет **радіотехнічний**

Кафедра **прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – **перший (бакалаврський)**

Спеціальність (спеціалізація) **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. зав. кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«__» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Родько Максиму Андрійовичу

1. Тема проекту: «Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет»

керівник проекту Нікітчук Артем Валерійович,

затверджені наказом по університету від «01» червня 2022 р. № 822-С.

2. Строк подання студентом проекту «13» червня 2022 року.

3. Вихідні дані до проекту: експлуатація – стаціонарна, на відкритому повітрі; обмін даними через мережу Інтернет; живлення від акумулятора та сонячної батареї; режими роботи: максимальний, економний, очікування.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) проаналізувати завдання; оглянути аналоги; розробити та обґрунтувати структурну та принципову схему; обрати елементну базу; розрахувати параметри схеми; спроектувати друкований вузол; визначити показники надійності; розробити конструкцію корпусу; підтвердити працездатність.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) структурна схема;

схема електрична принципова; складальний кресленик друкованого вузла; плакат.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
–	–	–	–

7. Дата видачі завдання «02» травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	2.05.22 – 13.05.22	
2	Розробка та аналіз ТЗ	14.05.22 – 18.05.22	
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічних рішень	19.05.22 – 30.05.22	
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	31.05.22 – 2.06.22	
5	Проектування друкованої плати та корпусу	2.06.22 – 4.06.22	
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	4.06.22 – 7.06.22	
7	Оформлення документації	7.06.20 – 13.06.22	

Студент

Максим РОДЬКО



Керівник

Артем НІКІТЧУК

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

АНОТАЦІЯ

Тема дипломного проекту «Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет» складається з 48 сторінок, налічує: 34 рисунки, 2 таблиці, 21 бібліографічне найменування за переліком посилань, 1 креслення та 7 додатків.

У дипломному проекті розроблено автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет.

Метою даного проекту стала розробка пристрою з максимальними параметрами енергоефективності, ідея його керування, програмного забезпечення, та розробка конструкції приладу.

Для досягнення цілі проекту було проаналізовано аналогічні пристрої, виявлено їх переваги і недоліки, здійснено аналіз ТЗ. Вибрано найкращі можливі елементи, розроблено друковану плату, корпус, проведено аналіз автономності пристрою. Проведено аналіз працездатності, з метою проаналізувати відповідність пристрою зазначеним в ТЗ вимогам.

Досягнуто низьких показників енергозатратності з невеликими розмірами та ціною. Рекомендація, щодо використання, це розміщення в місцях з проблемами прокладення електроживлення на відстань до 50-ти метрів.

Ключові слова: *ESP*, енергоефективність, Інтернет, сонячна панель, контролер заряду.

ANNOTATION

The theme of the diploma project "Autonomous device for recording, processing and transmission of photo and video information in the telecommunications network Internet" consists of 48 pages, includes: 33 figures, 1 table, 21 bibliographic definitions according to the list of references, 1 drawing and 7 appendices.

The diploma project developed an autonomous device for recording, processing and transmission of photo and video information on the Internet telecommunications network.

The aim of this project was to develop a device with maximum energy efficiency parameters, the idea of its control, software and design of the device.

To achieve the project goal, similar devices were analyzed, identifying their advantages and disadvantages, and analyzed the TK. The best spent element is selected, the printed circuit board, the case, the analysis of autonomy of the device are developed. Performance analysis was performed using the analysis of compliance with the requirements specified in the TOR.

Achieved low energy consumption with small size and price. The recommendation for use is to place in places with problems with power supply at a distance of up to 50 meters.

Keywords: ESP, energy efficiency, Internet, solar panel, charge controller.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему: «Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет»

Київ – 2022 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	3
Вступ.....	4
1 Огляд існуючих рішень. аналіз технічного завдання	5
1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку	5
1.2 Висновок	8
1.3 Аналіз технічного завдання	9
2 Вибір та обґрунтування схемотехнічного рішення.....	11
2.1 Розробка загальної структурної схеми.....	11
2.2 Розробка схеми електричної принципової	12
2.3 Вибір основних компонентів схеми.....	13
2.3.1 Сонячні панелі.....	14
2.3.2 Головний контролер	17
2.3.3 Камера	18
2.3.4 Акумулятор.....	19
2.3.5 Контролер заряду.....	20
2.3.6 Регулятор напруги.....	20
3 Проектування конструкції пристрою.....	26
3.1 Проектування друкованої плати.....	26
3.1.1 Попередній аналіз конструкції	26
3.1.2 Розрахунок конструкції друкованої плати та її проектування	26
3.2 Проектування корпусу приладу	30

					РА81.202162.001 ПЗ			
ЗМ.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата	Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет	Лім.	Лист	Листів
Розробив	Родько М.А.						1	48
Перевірів	Нікітчук А.В.				РА-81, РТФ			
Н. Контр.	.							
затвердив								

3.3 Встановлення пристрою	35
3.4 Розробка програмного забезпечення пристрою.....	37
4 Аналіз працездатності приладу	39
4.1 Розрахунки віброміцності	39
4.2 Розрахунки, що підтверджують автономність	40
Висновки	45
Перелік джерел посилань	46
Додаток А. Технічне завдання	49
Додаток Б. Код програмного забезпечення.....	55
Додаток В. Специфікація на друкований вузол.....	58
Додаток Г. Специфікація пристрою	60
Додаток Д. Детальна візуалізація	62
Додаток Е. Розрахунки в <i>MathCad</i>	65
Додаток Є. Відомість дипломного проекту.....	68

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АКБ – акумуляторна батарея

ККД – коефіцієнт корисної дії

К-ть – кількість

СП – сонячна панель

FPS – frames per second

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В такі часи, як зараз, коли деякі люди хочуть постійно відчувати себе захищеними, з технологіями, які вже починають з'являтися на ринку, це стає все простіше. Завдяки камерам відеоспостереження можливо подивитись, наприклад, що коїться біля домівки чи на приватній території, і перевірити її безпеку лише за декілька натискань в телефоні або ж комп'ютері. Проте камери, для відеоспостереження за приватними територіями, що не мають власного живлення це не ефективний варіант, через те що доведеться провести туди дрiт, лише для цієї камери. З іншого боку є камери, що працюють з *Wi-Fi* та мають автономне живлення. Метою проекту стало розробка такого пристрою.

Людство живе в такий час, що технології роблять життя все простіше. Для початку, використання сонячної енергії не тільки економить гроші, але й допомагає зберегти нашу планету для майбутніх поколінь. Сонячна енергія є відновлюваною і її виробництво не забруднює воду чи повітря.

Камери з сонячними панелями мають безліч переваг, проте також мають і недоліки, тому що, від кількості сонячного світла, що потрапляє на сонячні панелі – залежить її ефективність.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧГОГО ЗАДАННЯ

Основним напрямком розвитку енергетики останніх десятиліть є альтернативна енергетика у зв'язку з розвитком якої з'явилася можливість доповнити існуючу інфраструктуру децентралізованими системами генерації електрики, які допоможуть суттєво зменшити втрати внаслідок передачі та перетворення електрики. Подібні системи, можуть бути також використані для того, щоб дуже швидко встановлювати їх без необхідності складного підключення.

Постійно погіршується екологічний стан у світі, скорочення та нестача викопних ресурсів. Необхідності децентралізації систем електропостачання це майбутнє до якого люди зараз намагаються дійти. Зазначається, що нині частка нових і відновлюваних джерел енергії у світовому енергетичному балансі, як і раніше, невелика через високу вартість відповідних технологій та відсутність доступу до них. Також урядам було рекомендовано створити сприятливі умови для популяризації та використання нових та відновлюваних джерел енергії та більш ефективного енергоспоживання [1]. Державна політика в електроенергетиці базується на ряді принципів, серед яких, сприяння розвитку альтернативної енергетики, як екологічно чистій та без паливної підгалузі енергетики шляхом встановлення зеленого тарифу та оплати електростанціям, які виробляють електричну енергію з використанням альтернативних джерел енергії, всієї виробленої ними електричної енергії обсязі в грошовому еквіваленті, без застосування будь-яких видів розрахунків погашення заборгованості за рахунками електроенергії 9 В даний час велика кількість споживачів електричної енергії розташована далеко від джерел централізованого електропостачання, що вимагає побудови протяжних ліній електропередач, а це в свою чергу збільшує втрати.

1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку

Під час вибору аналогів наявних в на ринку основним критерієм була перевірка можливостей бездротових камер.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

На ринку подібних камер, вже є певні компанії, що займають перші місця серед найкращих в Україні, вони і були обрані як аналоги. Так наприклад компанія *IP*, яка активно займається вироблення камер відео спостереження, проте навіть у продукції такої великої компанії завжди знайдеться ціла низка недоліків.

XF-DC08-F — Бездротова вулична камера на сонячних панелях [2].



Рисунок 1.1 — *XF-DC08-F* [2]

На перший погляд така камера і справді є непоганим вибором, бо вона має такі переваги, як:

- надійний металевий корпус, що захищає камеру від зовнішніх погодних впливів *IP66*;
- нічне бачення;
- підтримка *Wi-Fi* з'єднання на великій відстані;
- естетичний вигляд.

Недоліки:

- камера використовує недостатньо велику сонячну батарею для живлення, що може бути занадто мало для постійного використання та повної автономності через вимушений час до певного заряду;
- в описі камери зовсім не вказано використання економного режиму, камера має нічне бачення, проте воно може виснажити акумулятори типомарки 18650 з ємністю 2700 мА·год за декілька годин при максимальній якості зображення по даташиту [2];

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

— використана камера при такому живленні не зможе видавати картинку з нормальною кількістю *FPS*, тому вказане розширення не дуже впливає.

Koogeek ZC-IPC216 — бездротова вулична камера на сонячних панелях [3].



Рисунок 1.2 — *Koogeek ZC-IPC216* [3]

Особливості *Koogeek ZC-IPC216*:

- ємність вбудованого акумулятора: 10400 мА·год;
- роздільна здатність: 1920x1080;
- опціональний об'єктив.

Недоліки *Koogeek ZC-IPC216*:

- розмір упаковки: 260x225x116 мм;
- ціна в 4000 грн;
- енергозатратність;
- вага.

Blink Outdoor від бренду *Blink* — компактна бездротова вулична камера на сонячних панелях [4].

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рисунок 1.3 — *Blink Outdoor* [4]

Переваги:

- компактний розмір пристрою;
- потужний чотирьох-ядерний процесор;
- додатковий відсік для АА батарейок.

Недоліки:

- роздільна здатність камери 1600x1200 пікселів;
- кут огляду складає 110 градусів;
- в камеру *Blink Outdoor* вбудовано лише один акумулятор 18650 з ємністю 2700 мА·год.

1.2 Висновок

Потрібно розробити пристрій, що включає в себе переваги наявних на ринку веб-камер. Є дуже багато ситуацій, коли традиційне використання дротових веб-камер є незручним. Наприклад, в ситуації коли потрібно перевірити хто під'їхав до воріт, а домівка розташована в 20-25 метрах від них, прокласти дрот на таку відстань можливо, проте не ефективно. Тому краще купити камеру, що працює від сонячних панелей.

Подібні веб-камери можуть працювати роками без виснаження ані сонячної панелі, ані акумулятору.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.3 Аналіз технічного завдання

Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет призначений для слідкування за місцевістю без використання дротового з'єднання з зовнішніми мережами. Прилад має встановлюватись в місцях найбільшого сонячного випромінювання. Прикладом використання є слідкування за місцевістю приватного будинку, за в'їздом на територію, використання дротової камери не логічне через розташування воріт далеко від будинку, проте вбудований модуль *Wi-Fi* використаний у проекті по даташиту працює до 20 метрів без фізичних перешкод.

Пристрій повинен живитись від сонячних панелей та мати можливість довгострокової трансляції відео, тому сонячні панелі мають бути, як мінімум 5 W. Використання панелі такого розміру дозволить зберегти оптимальні габарити.

Кліматичне виконання приладу — Т1 (згідно з ГОСТ 15150-69, 1 – експлуатація на відкритому повітрі з впливом будь-яких атмосферних факторів (дощ, злива, сніг, пил при сильному вітрі).

Робоча температура пристрою має бути від -10 °С до +50 °С. Після перевірки даташитів, було виявлено, що наявні елементи можуть працювати в цьому діапазоні, з усіх приладів найгірше може працювати в низькій температурі розроблена плата, оскільки мікросхема встановлена на ній працює до -20 °С, проте було додано теплоізоляційних кожух для акумуляторів, на випадок нижчої температури.

Це стаціонарне обладнання, що встановлюється у довільному місці на відкритому повітрі. Отже, було потрібно розробити захисний корпус від впливу зовнішніх факторів. Корпус буде розроблено, щоб забезпечити водонепроникність, акумулятори обернуті в еластичний теплоізоляційний кожух. Також між елементами корпусу була використана резинова прокладка для додаткового захисту від води. Використана камера має лінзу захищену від

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

УФ-випромінювання, проте також на корпусі є додатковий захист у вигляді міцного скла над лінзою. Корпус виконаний з металу білого кольору.

Для схемотехнічних рішень по розробці друкованих вузлів, що будуть наявні в пристрої бажано підібрати готові блоки та уніфіковані деталі. До конструкції має бути легкий доступ для підвищення ремонтоздатності.

					<i>РА81.202162.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

Щоб пристрій вийшов простий, потрібно використовувати для його створення розповсюджені складові та деталі. Це буде запорукою ремонтно-придатності, адже наявність важкодоступних запчастин буде створювати певні труднощі у ремонті.

2.1 Розробка загальної структурної схеми

На рис. 2.1 зображено структурну схему пристрою. Основний блок схеми — це мікроконтролер, який наявний задля виконання команд та їх обробки, та послідуочної передачі даних через телекомунікаційну мережу Інтернет. Під час проектування буде використано готову платформу для мікроконтролеру. Наявною проблемою та в той же час перевагою, що цей контролер багатофункціональний та заходить за межі потрібних функцій, через це може бути легко модифікованим додатковими модулями.

Для більш масового виробництва доцільна розробка плати менших розмірів без зайвих деталей. Керівні команди йдуть напряму на контролер через вбудовану систему зв'язку *Wi-Fi*, яку буде виконувати функцію прийому та попередньої обробки даних.



Рисунок 2.1 — Структурна схема пристрою

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

11

Літій-іонні акумулятори потребують модуль зарядного пристрою тому що він оснащений захистом ланцюга та запобігає перенапрузі батареї та підключенню до зворотної полярності. Через те що літій-іонні акумулятори змінюють струм в залежності від заряди, було використано регулятор напруги. Пояснення для схеми наявні далі.

2.2 Розробка схеми електричної принципової

Схема електрична принципова плати керування зображена на рисунку 2.2. Для кращого розуміння роботи схеми, потрібно детально розглянути її структуру.

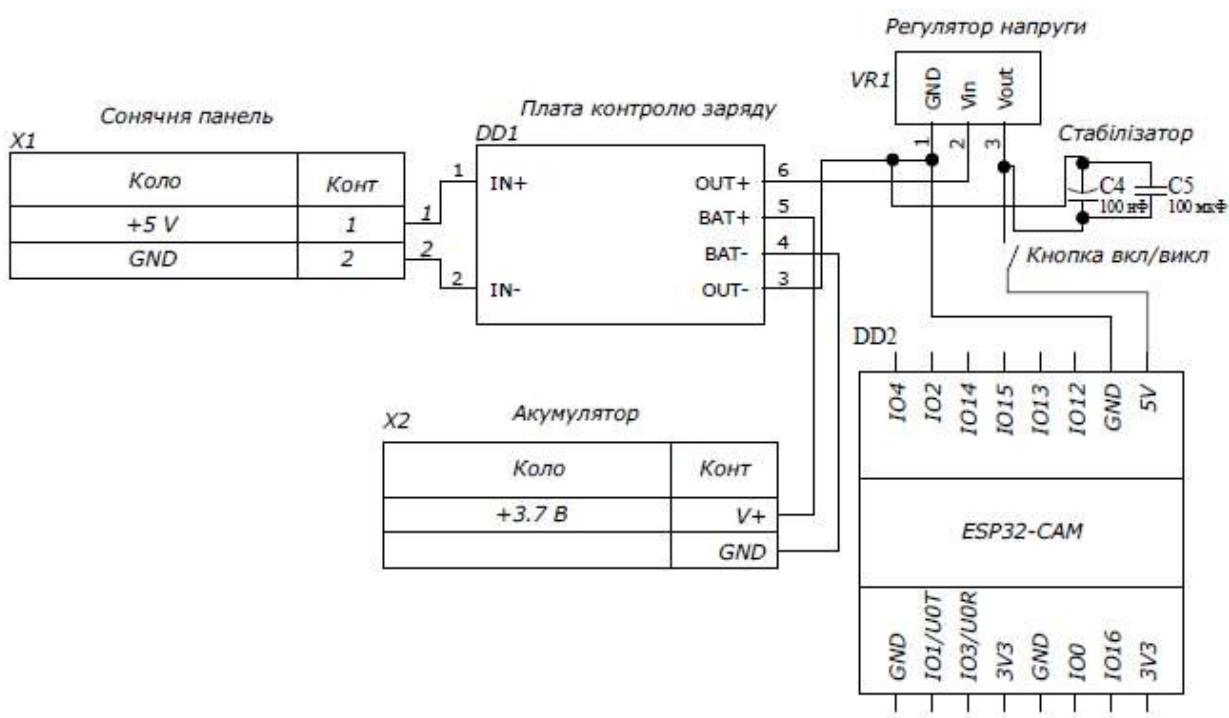


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

X1 — живлення від сонячних панелей;

X2 — пак для акумуляторів типомарки 18650 з ємністю 3300 мА·год;

DD1 — плата контролю заряду TP4056;

DD2 — плата ESP32 з інтегрованою веб-камерою та модулем Wi-Fi;

VR1 — регулятор напруги;

C4 — конденсатор електrolітичний;

C5 — конденсатор керамічний.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

12

Від зовнішнього живлення (сонячні панелі на схемі X1), через контролер заряду *DD1* йде напруга в 5 В для заряджання акумуляторів та для живлення *ESP32*. Як елемент захисту від струмів короткого замикання і струмів перезаряду та недозаряду акумуляторів на схемі передбачено використання контролеру заряду *DD1*, розробленому далі. *DD1* має індикатор роботи пристрою від акумуляторів або сонячних панелей. Для додаткового захисту було обрано захищені від короткого замикання акумулятори, що були під'єднані до контролеру заряду *DD1*.

DD2 використана плата *ESP32*, що має інтегрований модуль *Wi-Fi*, тому на схемі цей модуль не зазначений. До цієї плати йде кнопка вкл/викл, оскільки керування всього пристрою йде саме з неї.

Як було зазначено попередньо, через те, що цей тип акумулятору змінює напруги при розрядці було використано регулятор напруги *VR1*. Також було використано керамічний та електролітичний конденсатор, котрі були підключені паралельно відносно *GND* і *Vout*, щоб згладити піки напруги.

C4 та *C5*, керамічний та електролітичний конденсатори для захисту від можливих скачків напруги.

Керування здійснюється за допомогою контролеру *ESP32* з інтегрованою системою *Wi-Fi* через яку будуть поступати команди. Напруга подається з *DD1*, і може працювати або від сонячної панелі, або від акумуляторів, для більшої автономності пристрою. Напруга подається на піни 3.3 В та *GND*.

Таким чином було розроблено схему та обрано усі потрібні елементи, що відповідають вимогам наведеним в ТЗ.

2.3 Вибір основних компонентів схеми

Основною метою розробки даного дипломного проекту стало забезпечення автономності роботи приладу. Відомо, що згідно ТЗ пристрій буде використовувати сонячні панелі з метою зарядження акумуляторів. Вони мають бути максимально ефективними, проте мати достатньо невеликий розмір. Тому необхідно визначити які є сонячні панелі, їх різновидності та обрати найбільш підходящу за видом.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.1 Сонячні панелі

Сонячні батареї це обладнання яке використовується для перетворення сонячної енергії на електричну. Сонячну енергію все частіше використовують в багатьох портативних пристроях, наприклад системах безпеки. З кожним роком стає все більше видів батарей та підвищується їх ККД. Адже великий вибір та різноманітність допомагають отримати максимальну ефективність при будь-яких кліматичних умовах.

Самі готові панельні батареї складаються з кремнієвих пластин, акумулятору, інвертору, контролеру і тд. Сонячні панелі складаються з фотоелектричних осередків запакованих в спільну рамку, кожна з них зроблена з напівпровідникового матеріалу, наприклад кремнію. Коли сонячні промені потрапляють на негативно заряджену панель – напівпровідник нагрівається та частково поглинає їх енергію. Цей приток енергії вивільняє негативно заряджені частки (електрони) всередині напівпровідника. Додаткової енергії виявляється достатньо, щоб відірвати електрони від відповідних атомів. В результаті на їх місці лишаються дірки, а звільнені електрони починають блукати по кристалічній решітці. Під впливом електричного поля відбувається роз'єднання по позитивно та негативно заряджених часток, таким чином з'являється різниця потенціалів чи постійна напруга. Вільні електрони починають рухатись в певному напрямку і цей потік утворює електричний струм. І якщо прикласти металічні контакти до верху та низу фотоелементу то отриманий струм попрямою по дротах і його можна буде використовувати для роботи різноманітних пристроїв.

Щоб зменшити втрати від відображення світла фотоелементи покривають анти блискучим покриттям, а для захисту сонячної батареї від дощу та вітру її також прийнято покривати склом. Товщина сонячної панелі як правило складає десяту частину міліметра. Самі панелі об'єднуються у фотоелектричні модулі та встановлюються з орієнтацією на сонце. Також використовуються тонко плівкові або гнучкі сонячні панелі. Їх перевагами є мала товщина, легкість, ударостійкість, проте основним недоліком є знижений ККД. Такі

					РА81.202162.001 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

моделі часто використовуються в портативних зарядках для різноманітних пристроїв [5].

Нажаль взагалі ККД сучасних сонячних панелей не є високим адже в більша частина переробляє лише 12-18% потрапляючого на них сонячного світла та найкращий показник дорівнює 40% при ідеальних лабораторних умовах.

Сонячні панелі розрізняють на такі, як:

- монокристалічні;
- полікристалічні;
- аморфні.

Ці типи сонячних панелей є кремнієвими, але існують ще і інші види, проте хоч у деяких типів панелей є вищий ККД вони все одно не користуються широкою популярністю через свою високу вартість. Тому зараз саме кремніві пластини займають 80% ринку. Оскільки ми маємо на меті зробити пристрій за максимально доступною ціною, ми будемо використовувати саме кремнієві.

Монокристалічні — для виробництва монокристалічних пластин використовують найбільш чистий кремній, саме тому монокристалічні фотоелементи серед усіх кремнієвих пластин найдорожчі, але мають найкращий ККД. Отож із плюсів це високий ККД (приблизно 17-25%), менший розмір, який забезпечує таку саму ефективність у порівнянні з полікристалічними панелями, а також їх довговічність адже вони можуть генерувати енергію до 25-ти років.

Полікристалічні — у полікристалічних панелях використовується менш чистий кремній та самі кристали мають різностороннє орієнтування. Саме це забезпечує високий ККД при розсіяному світлі (12-18%). Звичайно він є нижчим ніж в монокристалічних панелях, але при пасмурній погоді показує вищу ефективність. За рахунок неоднорідності матеріалу – собівартість виробництва знижується. Так як орієнтація на сонце не так важлива для них, то їх використовують для дахів будинків та промислових будівель. Ще одним з плюсів є довгий термін експлуатації, адже через 20-ть років ефективність знижується лише на 15-20%. Також, з недоліків, це нижчий ККД та більший

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

розмір, який полікристалічні пластини займають в просторі вироблюючи ту саму одиницю потужності.

Аморфні — у виробництві панелей із аморфного кремнію використовується не чистий метал, а його гібрид. В результаті чого за рахунок неутворення класичних кристалів – витрати на виробництво значно нижчі. На даний час їх ефективність є значно нижчою порівнянню з іншими, адже ККД моделей другого покоління складає лише 8-9%, аморфні панелі останньої розробки, які мають 12% ККД, на даний час доволі дорогі. Але ця технологія дозволяє створювати шар кремнію, як на жорсткій так і на гнучкій підкладці. Саме тому модулі із аморфного кремнію активно використовуються в гнучких тонкоплівкових сонячних батареях, але і коштують вони значно дорожче. Структура аморфного кремнію максимально поглинає фотони слабого розсіяного світла для генерації електроенергії. Стабільність роботи не змінюється й при високих температурах. В цілому такі панелі більш роботоздатні навіть в складних умовах, адже не так бояться пилу як їх кристалічні аналоги.

Зробимо висновок, отож, вибір сонячних панелей здається не таким складним у сучасних умовах, через те як збудовані монокристалічні сонячні панелі вони дають такий ККД лише за умов постійної зміни налаштування до сонця, проте найменші за розміром. Аморфні нам не підходять через те що не зможуть надати нам потрібний ККД, та мають занадто велику ціну. Полікристалічні мають приємну ціну проте не можуть надати достатній ККД та розмір. Було обрано монокристалічні.

Тому було обрано 4 панелі компанії *Anbes Solar* [6] (рис. 2.3).

Характеристики:

- потужність: 1,25 Вт;
- напруга: 5 В;
- матеріал: монокристалічний кремній;
- розмір: 110x70 мм;
- вага: 28 г.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

16



Рисунок 2.3 — *Anbes Solar* [6]

2.3.2 Головний контролер

Розглянувши асортимент сучасних мікроконтролерів, які встановлюються на готових платформах, було вибрано підходящу платформу. Основною метою стало дослідження, який контролер має найкращі параметри енергоефективності, тому були перевірені контролери серії *ESP*.

Були перевірені контролери *ESP32* та їх нові серії з можливостями використання разом з камерами. Контролер *ESP32-S2*, має найкращі параметри енергоефективності, проте модулі з якими вона може працювати не підходять. Остаточню використана плата *ESP32* з мікроконтролером *Tensilica Xtensa LX6*.

Основною причиною вибору саме цієї плати стало поєднання в ній цілої низки ідеальних параметрів для нашого проекту, а саме те що всередині система з інтегрованими “*Bluetooth*” та “*Wi-fi*”. Також він має низьке електроспоживання та може працювати в будь-яких умовах. Завдяки використанню цього мікроконтролеру має зручне середовище програмування, тому легко налаштувати режими електроспоживання, що також є частиною технічного завдання. Даний виріб є дешевим і широко розповсюдженим, простим в налаштуванні і робота з ним є не складною. Важливим фактором є і те, що для роботи з такими модулями написано близько 200 програм, із широким

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

функціоналом.. Також він має можливість широкого спектру модифікацій. Також важливим фактором для вибору є доступна ціна та габарити та можливість влаштування енергоефективної камери.

2.3.3 Камера

Після того як було вирішено, який контролер використовувати, було проведено дослідження, які саме камери краще всього використовувати. Була перевірена ціла низка камер різної якості та параметрів, серед остаточних маємо саме модулі до *ESP32*, *OV2640* (рис. 2.4) [7] або її нова модель *OV5640*. Проте після дослідження було виявлено, що нова модель навіть при параметрах розширення відеозапису в 2592×1944 , має набагато меншу кількість кадрів у секунду, що є дуже негативним фактором для запису та передачі відео. Тому *OV2640* став остаточним вибором, в основному через її сумісність з *ESP32*, при маленьких розмірах камера має вражаючі характеристики.



Рисунок 2.4 — *OV2640* [7]

Характеристики:

- тип матриці: *OV2640 2MP*;
- кут огляду: 120 градусів;
- максимальна роздільна здатність матриці;
- відео: *UXGA 1600x1200 (15 fps) / SVGA 800x600 (30 fps)*;
- споживає лише: 0,12 Вт.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.3.4 Акумулятор

Під час вибору акумулятору, було виявлено такі вимоги як:

- термін служби;
- кількість циклів заряд-розряд;
- габарити;
- вага;
- надійність.

Було проведено дослідження всіх доступних варіантів акумуляторів та визначено їх плюси та мінуси, через які було визначено, які саме параметри не задовольняють ТЗ.

Усі свинцеві в основному мають низьку кількість циклів заряд-розряд:

Свинцеві автомобільні батареї занадто великі, погані в обслуговуванні, гази, повільний заряд та тощо.

Свинцеві *AGM/GEL*, що також використовуються часто з сонячними панелями, проте не є безпечними, не мають великої ємності.

Свинцеві *OPzS*, є найкращими з свинцевих проте через це вони не є вигідними в ціні, недостатня кількість циклів.

Серед видів літєвих акумуляторів можемо визначити основні літій-іонні *Li-ion*, літій-титанатні *LTO*, літій-залізо-фосфатні *LiFePO4*. *LTO* та *LiFePO4*, мають дуже високу ціні, хоча і мають ідеальні для нас параметри, проте навіть враховуючи роботу в 10 років, не задовольняють умови ціни. Тому було виявлено, що найкращий варіант це *Li-ion*, тому що мають ідеальну кількість циклів заряд-розряд, розміри, ціну та термін служби.

Тому було обрано Акумулятор *Li-Ion 18650* з ємністю 3300 мА·год *LiitoKala NCR18650B* (рис. 2.5) [8]. Дана модель має максимально можливу ємність для батарей такого типу та високі показники довговічності та надійності роботи та ціну. Плата захисту в акумуляторах *Panasonic* захищає акумулятор від короткого замикання, перезаряду тощо.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 — *LiitoKala NCR18650B* [8]

2.3.5 Контролер заряду

Після дослідження було визначено, що повинна бути додатково розроблена плата для контролю заряду, що повністю буде задовольняти усі умови ТЗ та ідеально підходити, як до акумулятору так і до сонячних панелей, з якими найчастіше й використовується у проектах.

Модуль призначений для зарядки літієвих акумуляторів, що перезаряджаються, за допомогою методу зарядки постійного струму/постійної напруги (CC/CV). Крім безпечної зарядки літієвої батареї, модуль також забезпечує необхідний захист для літієвих акумуляторів.

Було вирішено, що мають бути характеристики:

- вхідна напруга від 4 В до 8 В;
- напруга відключення батареї 4,2 В;
- струм заряду: макс 1000 мА;
- струм заряду: мін 50 мА;
- розмір: 29x17 мм;
- діапазон робочих температур від -20 °С до +125 °С.

2.3.6 Регулятор напруги

Використання типового лінійного стабілізатора напруги для зниження напруги з 4,2 В до 3,3 В не є гарною ідеєю, оскільки, коли акумулятор розрядиться до, наприклад, 3,7 В, регулятор напруги перестане працювати, оскільки він має високу напругу відсікання. Щоб ефективно знижувати

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		20

напругу на батареях, вам потрібно використовувати стабілізатор з низьким падінням, або скорочено *LDO*, який може регулювати вихідну напругу.

Після дослідження було зроблено висновок, що одним з найкращих та найрозповсюджених (зادля забезпечення можливості швидкого ремонту та заміни) варіантів є *HT7333-A* (рис. 2.6) [9]. Його буде використано при розробці плати контролю заряду.

Характеристики:

- робоча температура: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- напруга - вхід (макс.): 6 В;
- струм - вихід: 250 мА;
- напруга - вихід (мін./фіксований): 3,3 В.



Рисунок 2.6 — *HT7333-A* [9]

Регулятор напруги повинний мати керамічний конденсатор і електролітичний конденсатор, щоб згладити піки напруги.

Для регулятора напруги *VR1* було використано електролітичний конденсатор *C4* ємністю 100 мкФ і керамічний конденсатор *C5* ємністю 100 нФ, підключені паралельно до *GND* і *Vout*, для зглаження піків.

Конденсатор електролітичний *C4* 100 мкФ 25 В. (рис. 2.7) [10] було обрано від компанії *Asanergi*. Основні характеристики:

- номінальна ємність: 100 мкФ;
- допустиме відхилення ємності: $\pm 20\%$;
- номінальна напруга: 450 В;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

21

— робоча температура: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $105\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 2.7 — Конденсатор електролітичний [10]

Конденсатор керамічний $C2$, $C3$, $C5$ ємністю 100 нФ . (рис. 2.8) [11] було обрано від компанії Ether. Основні характеристики:

- ємність 100 нФ ;
- відстань між пінами 5 мм ;
- напруга 50 В ;
- допустиме відхилення $+80/-20\%$.



Рисунок 2.8 — Конденсатор керамічний [11]

Мікросхема $TP4056$ ($TC4056A$) $U1$ (рис. 2.9) для контролю заряду батарей [19].

З параметрами:

- вхідна напруга від 4 В до 8 В ;
- струм заряду від 50 мА до 1000 мА ;
- діапазон робочих температур від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

22



Рисунок 2.9 – Мікросхема TP4056 [19]

Резистори $R1$, $R2$, $R4$ опір 1 кОм, потужність – 0,25 Вт, допуск $\pm 1\%$ (рис.2.10) [18].



Рисунок 2.10 – Резистор 1кОм [18]

Резистор $R3$. Резистор опір 1.2 кОм, потужність 0.25 Вт, 1% допуск [24]. (рис. 2.11)



Рисунок 2.11 – Резистор 1.2кОм [24]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

23

Мікросхема *DW01A* (рис. 2.12) контролер захисту акумулятора *SOT23-6* - використовується в платах захисту акумуляторів. На платі *U2*.



Рисунок 2.12 - *DW01A* [20]

Це тип транзистору *MOSFET*. (рис. 2.13) На схемі *Q1*. Характеристики:

- максимальна температура каналу: 150 °С;
- максимально допустимий постійний струм стоку 6 А;
- порогова напруга включення: 1,2 В.



Рисунок 2.13 - *FS8205* [21]

Резистор 100 Ом (рис. 2.14). На схемі *R5*. Основні характеристики:

- номінальний опір 100 Ом;
- нормований допуск $\pm 5\%$;
- робоча температура від -55 °С до +155 °С;
- максимальна робоча напруга 250 В.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

24



Рисунок 2.14 – Резистор 100 Ом [22]

Тепер коли елементна база обрана, можливо перейти до конструкції друкованої плати.

					<i>РА81.202162.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Проектування друкованої плати

3.1.1 Попередній аналіз конструкції

Дисплеї і тому подібне мають бути відсутні, так як пристрій керується через модуль *Wi-Fi*, на який будуть приходити команди із «зв'язаного» із ним смартфона або комп'ютеру через *IP* протокол, проте трансляцію також можливо подивитись через додаткові веб-сайти та системи, як наприклад *Home Assistant*, який дозволяє підключення *IP* камер, для перегляду з будь-якої точки світу. Має кнопку виключення на контролері. Проте платформа *ESP32* не має портів для прямого програмування, а потребує *UART* програматор через піни на платі, а отже доступ до нього має бути комфортним, оскільки може виникнути ситуація, коли потрібно перепрограмувати мікроконтролер, проте такі ситуації можуть бути лише при перевстановленні на інший роутер мережі, отож достатньо рідко. Програмне забезпечення буде додано до встановлення.

Для живлення *ESP*, на якому встановлена камера, буде розроблений контролер заряду. Слід зазначити, що елементна база має забезпечувати відповідність до необхідних електричних параметрів. Також має бути розташована таким чином, щоб її було легко замінити.

3.1.2 Розрахунок конструкції друкованої плати та її проектування

Перед тим як почати, треба вибрати клас точності для плати. Друковані плати 3-го класу - найбільш поширені, оскільки забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, проте для їх виробництва потрібно рядове, хоча і спеціалізоване, обладнання, тому друковану плату краще буду замовити на підприємстві. Отож, виберемо 3-ій клас точності для плати.

Буде використано комбінований метод. Полягає в отриманні провідників шляхом труїння фольгованого діелектрика і металізацією отворів електрохімічним способом. Суть методу труїння фольгованого матеріалу з наступним витравленням фольги з окремих ділянок плати. Цей метод забезпечує отримання чітких ліній провідників друкованої схеми. Він характеризується меншою трудомісткістю в порівнянні з електрохімічним

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		26

методом. Друковані плати надійніші, оскільки при цьому діелектрик знаходиться в сприятливішій умові, тому що фольга оберігає його від дії електроліту [23].

Для того, щоб зменшити розміри пристрою на друкованій платі розміщені лише елементи завдяки, яким йде заряд акумуляторів та наявна система захисту від короткого замикання, перезаряду, стрибків напруги, через використання регулятора напруги та конденсаторів. Контролер оснований на системі *TP4056*, з модифікаціями для нашого пристрою. Сонячні панелі підключаються до контактів *IN+* та *IN-*, *ESP32* до *OUT-* та *OUT+*.

Матеріалом плати буде доцільно вибрати фольгований склотекстоліт *FR-4* 2 мм. Цей склотекстоліт є якісним та дешевим варіантом порівняно з аналогами.

Оскільки даний пристрій призначений для одиночного виробництва, доцільно використовувати розповсюджений варіант припою ПОС-61. Він складається на 61% з олову, решта свинець. В якості флюсу використаємо *KINGBO RMA-218*, тому що він не содержит шкідливих речовин та має дуже хороші паяльні характеристики.

Плату було розроблено у спеціальному програмному забезпеченні. Завдяки їй було проведено трасування верхнього (рис. 3.1) та нижнього шарів плати (рис. 3.2). Трасування було проведено вручну. Елементи, що можуть перегріватись винесено на декілька міліметрів далі.

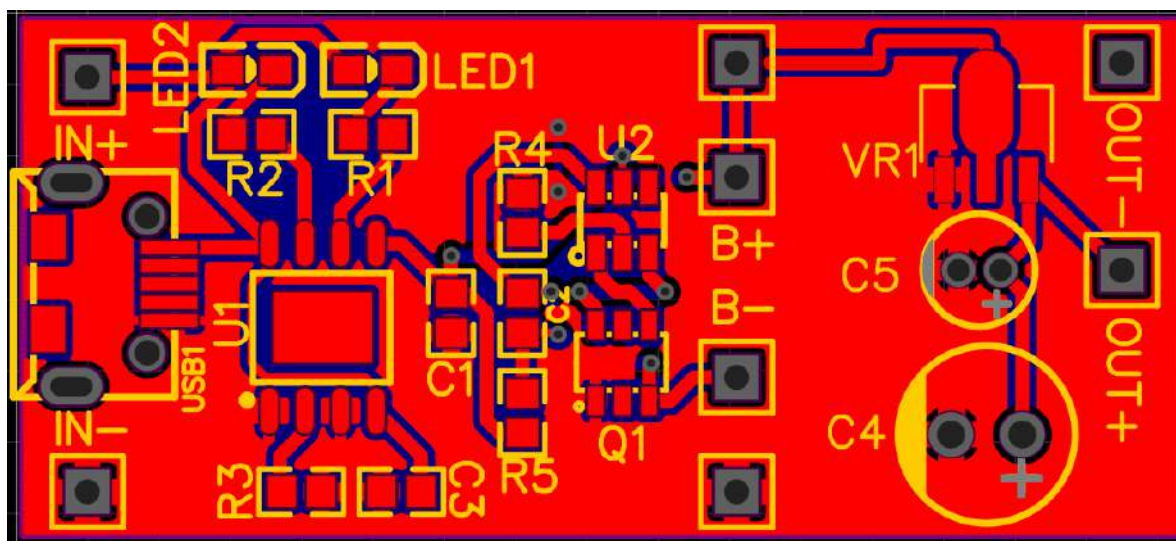


Рисунок 3.1 — Верхній шар контролеру заряду

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

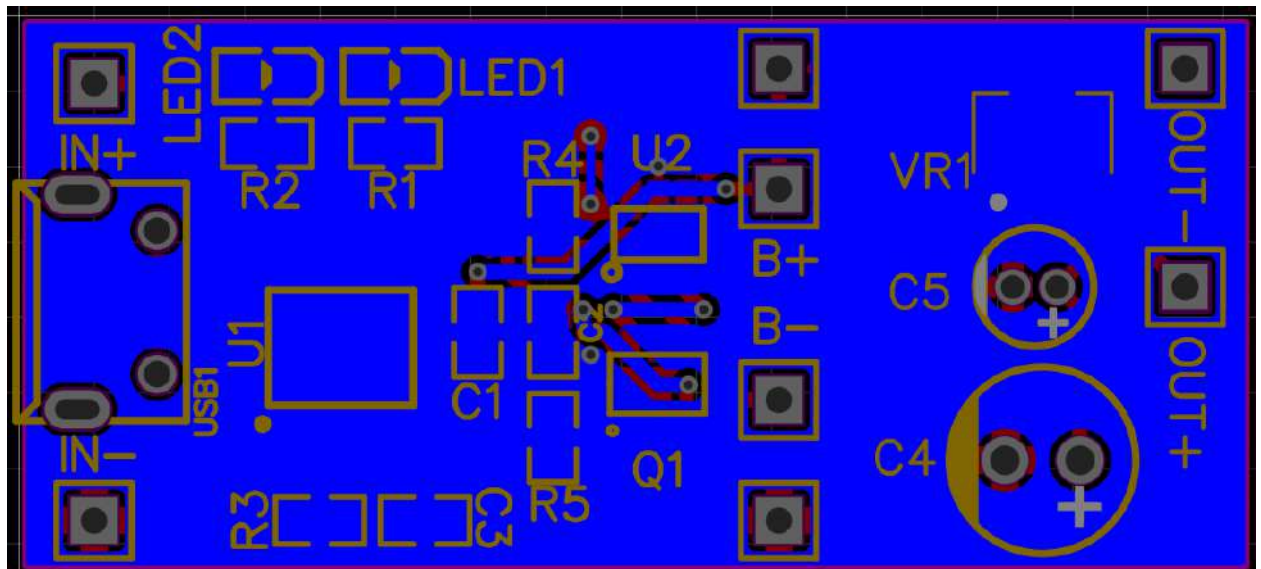


Рисунок 3.2 — Нижній шар контролеру заряду

У верхньому шарі було вирішено використати заливку землі, через наявність великої кількості елементів.

Отже, було отримано контролер заряду для використання з нашим контролером *ESP32*, який буде розташований окремо, для збереження оптимальних розмірів, та буде підключений до контактів на розробленій платі завдяки припою та кабелів. Для ролі кабелів живлення підійде будь-який стандартний кабель для *ESP32*.

Для подальшої роботи потрібно розрахувати діаметри отворів для вивідних елементів за формулою:

$$D_0 = D_V + 0,2,$$

де D_0 – розміри отворів для вивідних елементів,

D_V – розміри виводів.

Отримаємо:

Назва елемента	D_V , мм	D_0 , мм
TP4056	0,38	0,58
DW01A	0,5	0,7
FS8205	0,5	0,7
R1-R5	0,8	1
VR1	0,8	1
C1-C5	0,8	1

Рисунок 3.3 — Монтажні отвори

Номінальне значення діаметра контактної площадки необхідно визначати по формулі:

$$D = d + 2g_n,$$

де D – діаметр контактної площадки або діаметр кола вписаного в контактну площадку, мм;

d – діаметр монтажного отвору, мм;

g_n – номінальний гарантійний поясок контактної площадки, мм.

Оскільки було обрано 3-ій тип класу точності $g_n = 0,35$ мм. Отримаємо, що $D = 1,7$ мм.

Для визначення габаритів ДП користуються формулою:

$$S_{\text{заг}} = k_M S_{\text{МГ}} k_{\text{СГ}} S_{\text{СГ}} k_{\text{ВГ}} S_{\text{ВГ}} S_{\text{кріпл}}$$

де $k_{\text{МГ}}, k_{\text{СГ}}, k_{\text{ВГ}}$ — коефіцієнти мало-, середньо- та високогабаритних елементів відповідно, $S_{\text{МГ}}, S_{\text{СГ}}, S_{\text{ВГ}}$ — площі мало-, середньо- та високогабаритних елементів відповідно, $S_{\text{кріпл}}$ — площа кріплень.

Для малогабаритних елементів коефіцієнт k буде дорівнювати одиниці. Оскільки на платі присутній лише один високогабаритний елемент, для нього використаємо коефіцієнт 1,5.

Плата кріпиться до корпусу за допомогою гнучких кліпс по її периметру. Також плата додатково притискається по периметру верхньою частиною корпусу.

Од.вим	мм	мм	мм	мм2		
Назва	X	Y	K	S	K-ть	
U1		5	4	2	40	1
R3,R5		3	2	1	12	2
C6		6	6	1,5	54	1
C2,C3,C7,C		5	5	1	100	4
U4		5	4	2	40	1
U2		3	4	2	24	1
R1,R2,R4		2	3	1	18	3
USB		6	8	2	96	1
U1		5	8	2	80	1
Q1		4	4	1,5	24	1
Led		2	4	1,5	24	2
Конт. М		2	2	1	32	8
						644

Рисунок 3.4 — Площа плати

З рис. 3.4 бачимо, що мініальний розмір плати має бути 644 мм². Обираємо параметри 40x18 мм, тобто загальна площа 720 мм².

Ширина друкованих провідників залежить від максимального струму та напруги, що проходять через сигнальні та силові ланцюги. Для силового ланцюга масимальний струм буде 1 А при максимальній напрузі 5 В. Для сигнальних провідників максимальний струм будет 1200 мкА, а максимальна напруга – 5 В.

Розрахунок їх ширини було проведено в програмі *Mathcad*, скриншот наведений у додатку. Усі дані були занесені у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 — Розміри друкованих провідників.

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм	
			у вузькому	у широкому
Силова	5	1	0,714	0,714
Сигнальна	5	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,3	0,55

3.2 Проектування корпусу приладу

Було розроблено спеціальний корпус для пристрою. В корпусі розташована три акумулятори типу 18650 з ємністю 3300 мА·год, розроблена плата та *ESP-32* з встановленою камерою. Розміри корпусу підібрані з урахуванням розташування елементів, отворів кріплення та естетичної складової.

Вимогами стало забезпечення кліматичні вимог згідно стандарту захист від *IP66* до *IP67*, тобто всепогодна відеокамера, яка має високий захист корпусу, тому без проблем може протистояти сильним вітрам та опадам. Може розміщуватись під захисним карнизом і без нього. Карнизом може виступати сонячна панель.

Захист від механічний впливів згідно *IK07*, тобто надійність камери, що зможе витримати удар вантажем до 500 г з невеликої висоти.

Також було додану спеціальний захист для лінзи камери, який встановлюється на верхню частину корпусу, це скло з подвійним захистом.

На рис. 3.5 зображена базова частина корпусу. По периметру корпусу розташовані отвори *M3*.

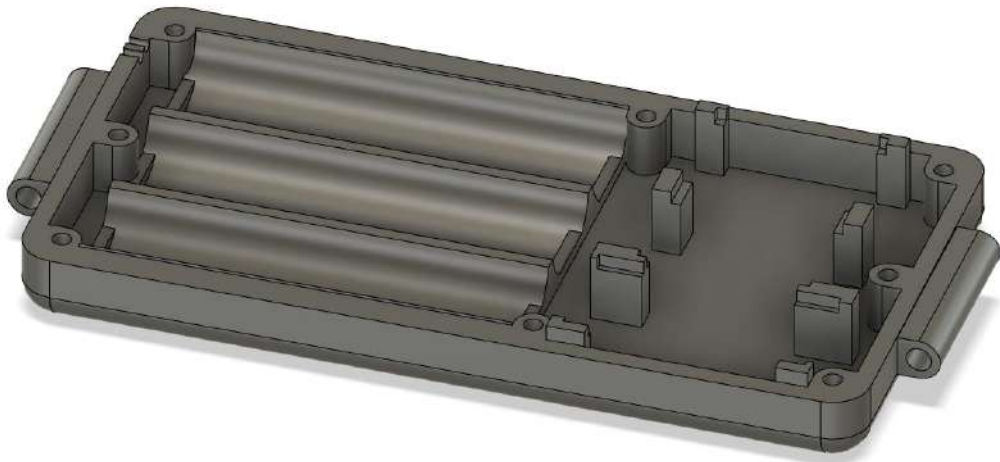


Рисунок 3.5 — Базова частина корпусу

На рис. 3.6 зображена базова частина корпусу. Акумулятори розташовані у відсіку, що запобігає їх переміщення всередині корпусу. Незакріплені акумулятори можуть пошкодити пайку або інші елементи, що в свою чергу може призвести до короткого замикання.

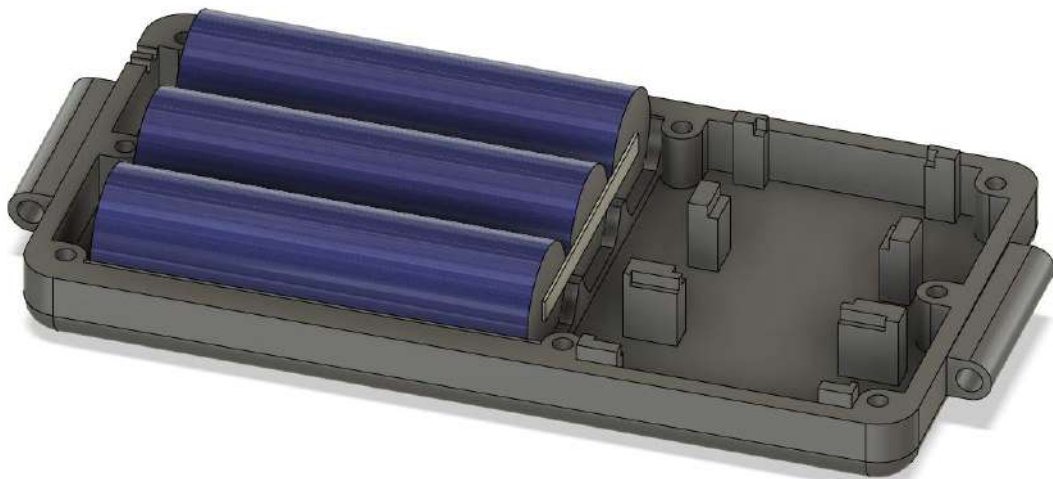


Рисунок 3.6 — Розташування акумуляторів

На рис. 3.7 зображено розташування розробленої плати. Плата кріпиться до корпусу за допомогою гнучких кліпс по її периметру. Також плата додатково притискається верхньою частиною корпусу.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

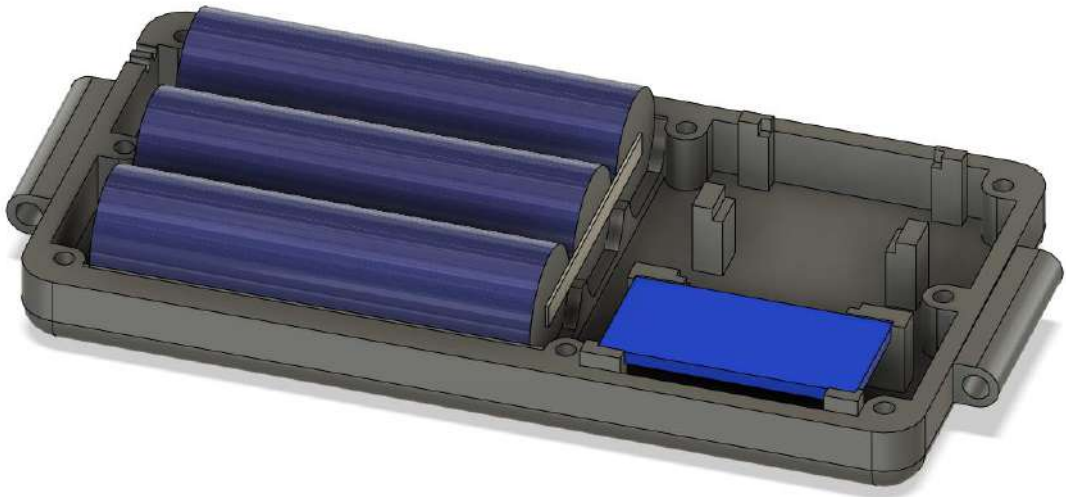


Рисунок 3.7 — Розташування друкованої плати

На рис. 3.8 зображене розташування *ESP-32*. Кріплення аналогічне до розробленої плати. *ESP-32* розташована таким чином, щоб камера була по центру корпусу та шлейф підключення не перегинався в корпусі після зборки.

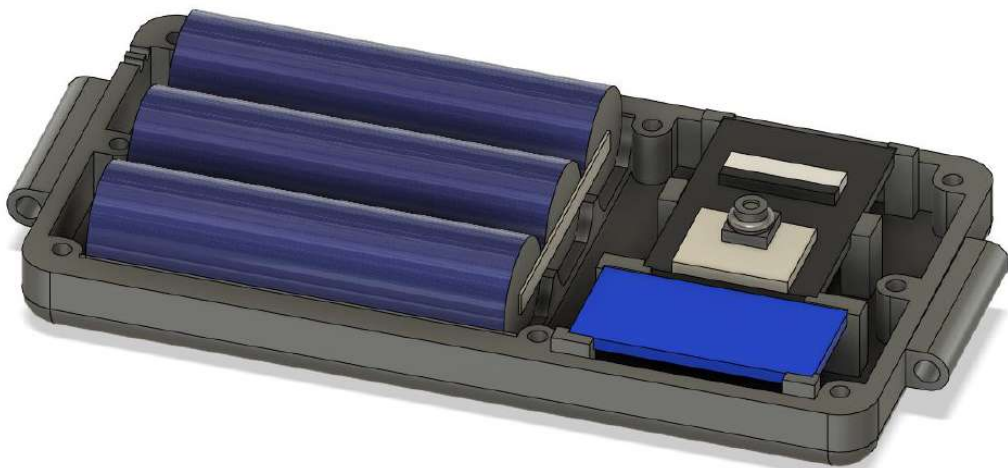


Рисунок 3.8 — Розташування *ESP-32*

Для запобігання потрапляння вологи та пилу між двома частинами корпусу розташована резинова прокладка, що стискається при зборці (рис. 3.9). Завдяки розташуванню отворів по периметру запобігається можливе послаблення герметичності корпусу під час перепаду температур.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

32

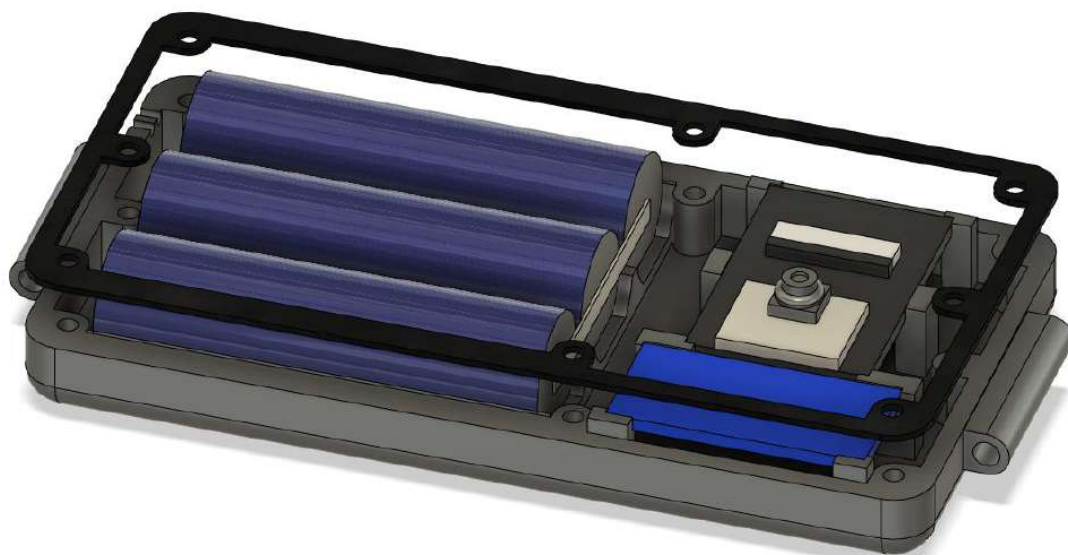


Рисунок 3.9 — Резинова прокладка між частинами корпусу

Верхня частина корпусу (рис. 3.10) має отвір та захисне скло для камери. Скло герметично закріплене до корпусу, що також запобігає потраплянню вологи та пилу.



Рисунок 3.10 — Верхня частина корпусу

На рис. 3.11 зображено кріплення для чотирьох сонячних панелей, корпус з елементами, подовжувач для кріплення панелей та кріплення до вертикальної поверхні. Завдяки модульній розробці корпусу з використанням шарнірного кріплення панелі та кріплення пристрою вони можуть бути взаємозамінними. Наприклад, вертикальне кріплення може бути використане як зверху корпусу так і снизу. Таким же чином і кріплення панелей. Завдяки

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

33

шарнірним кріпленням камера та панелі можуть бути виставлені під різним кутом, згідно з потребами користувача та розміщення пристрою.

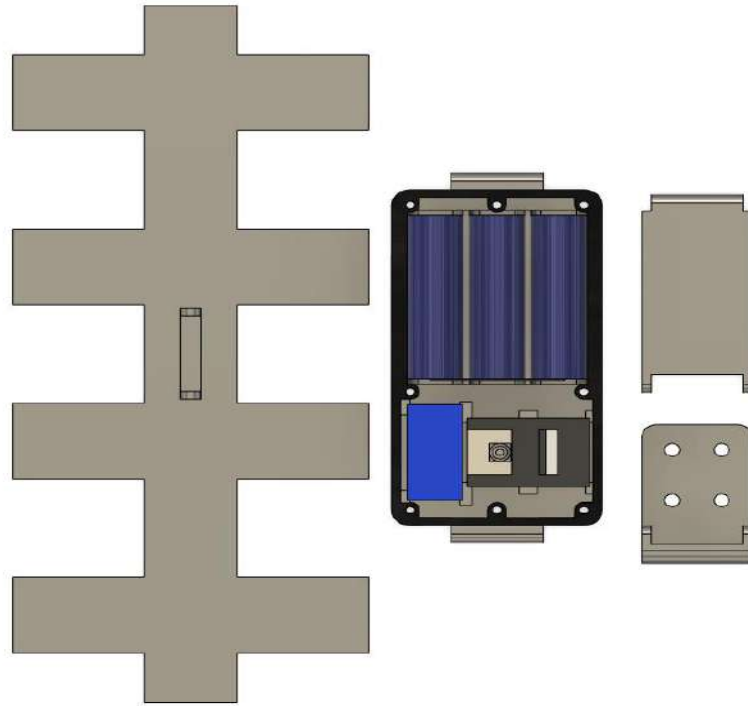


Рисунок 3.11 — Кріплення для корпусу

Пристрій в зібраному виді зображений на рис. 3.12.

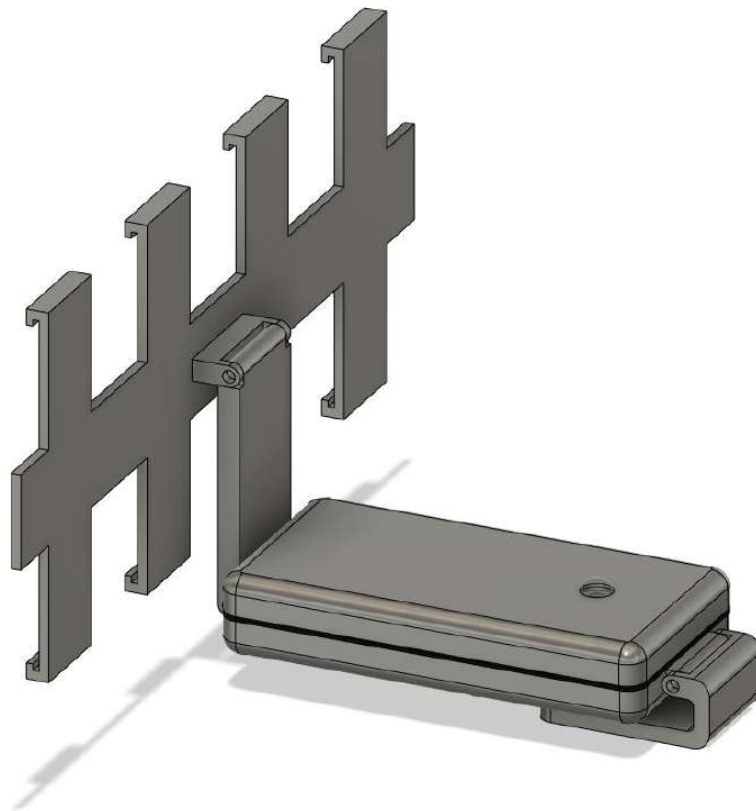


Рисунок 3.12 — Пристрій у зібраному стані

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

34

Розташування отворів для сбору пристрою (рис. 3.13). Діаметр отворів передбачає використання гвинтів діаметром 3 мм. Також отвори мають розширення, щоб сховати капелюшок гвинта. Для забезпечення герметичності між корпусом та гвинтом використовується прокладка.



Рисунок 3.13 — Отвори для збірки корпусу

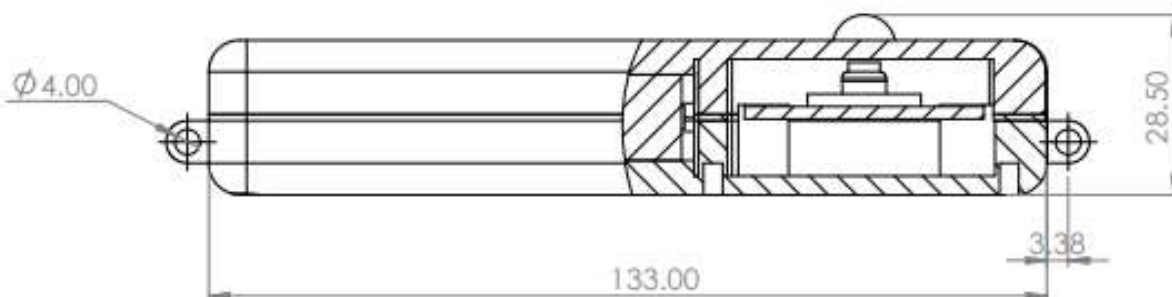


Рисунок 3.14 — Частина кресленику пристрою

З повним креслеником можливо ознайомитись у Додатку Є.

Отже, було розроблено корпус, що захищає компоненти та надає естетичного виду пристрою.

3.3 Встановлення пристрою

Умови розташування пристрою залежать лише від сонячних панелей. Нахил панелей важливий, оскільки ваші панелі вироблятимуть максимум енергії, коли сонце знаходиться прямо перпендикулярно їм. Наприклад, взимку сонце знаходиться низько по відношенню до горизонту. У цьому випадку, щоб сонячні батареї досягли найкращої продуктивності, найкращим

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

є крутий кут 60° . Навесні найкращий кут 45° , а влітку, коли сонце стоїть високо на небі, найкраще мати низький нахил на 20° , проте ми будемо використовувати середнє положення для наших сонячних панелей, що є найефективнішим для фіксованого розташування $36-45^\circ$. (рис. 3.15)

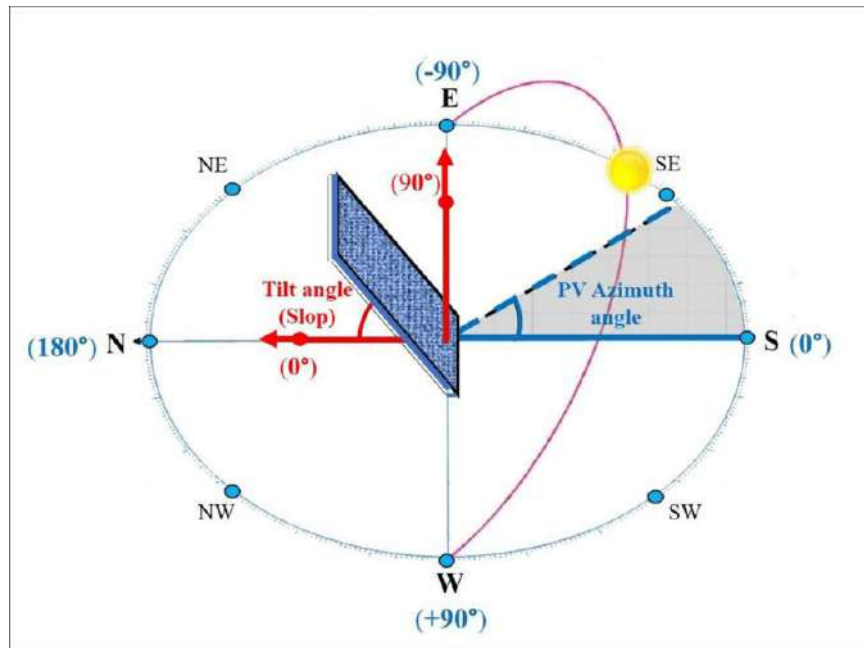


Рисунок 3.15 — Ескіз правильного влаштування панелі [12]

В залежності від країни сонячні панелі можуть дивитись у різному напрямку. В основному для фотоелектричних панелей, де електроенергія знову вводиться в мережу для перепродажу, оптимальна орієнтація на південь під кутом 37° , що максимізує загальне виробництво електроенергії.

Завдяки сайтам в відкритій мережі Інтернет, також можемо подивитись, що найкраще для України, так наприклад, сайт *footprint.com*, каже нам, що на цей час найкращий кут нахилу це $35,7^\circ$ від горизонталі та [13].

Оптимальні кути нахилу за сезоном:

- весна: $35,7^\circ$;
- літо: $20,7^\circ$;
- падіння: $35,7^\circ$;
- зима: $50,7^\circ$.

Оптимальні кути нахилу по місяцях:

- січень: $45,7^\circ$;
- лютий: $40,7^\circ$;
- березень: $35,7^\circ$;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

- квітень: 30,7°;
- травень: 25,7°;
- червень: 20,7°;
- липень: 25,7°;
- серпень: 30,7°;
- вересень: 35,7°;
- жовтень: 40,7°;
- листопад: 45,7°;
- грудень: 50,7°.

Конструкція повинна бути розташована 90° до стінки за допомогою кронштейну, позиція сонячних панелей зафіксована корпусом, для досягнення найкращих результатів, може бути модифікованим до використання трекеру сонця. Кронштейн може мати поворотний механізм для того щоб змінювати нахил в різні періоди року.

3.4 Розробка програмного забезпечення пристрою

Пристрій керується через модуль *Wi-fi*, на який будуть приходити команди із «зв'язаного» із ним смартфона або комп'ютеру через *IP*-адресу, проте трансляцію також можливо подивитись через додаткові веб-сайти та системи, як наприклад *Home Assistant*, який дозволяє підключення *IP*-камер для перегляду з будь-якої точки світу.

Подібна система з інтегрованим модулем зв'язку має багато відкритих кодів, можливостей яких повністю вистачить для розроблюваного пристрою. Для прикладу, можна використати код від автору “*S60SC*”.

Розробка програмного забезпечення пристрою буде проводитися в середовищі *Arduino IDE* на комп'ютері, проте є і веб-версія даної програми. Дане середовище призначене спеціально для роботи із платформами *Arduino* та схожими на неї, як наш контролер *ESP32*, мовою програмування є *C*, тому легко додавати різні модифікації декількома рядками коду.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб спростити код програми та полегшити її написання, було прийняте рішення використовувати вмонтовані в середовище бібліотеки: *esp_camera.h* та *WiFi.h*, вони є в відкритому доступі.

Приблизна схема кінцевої роботи пристрою з роботою через роутер. (рис. 3.16)

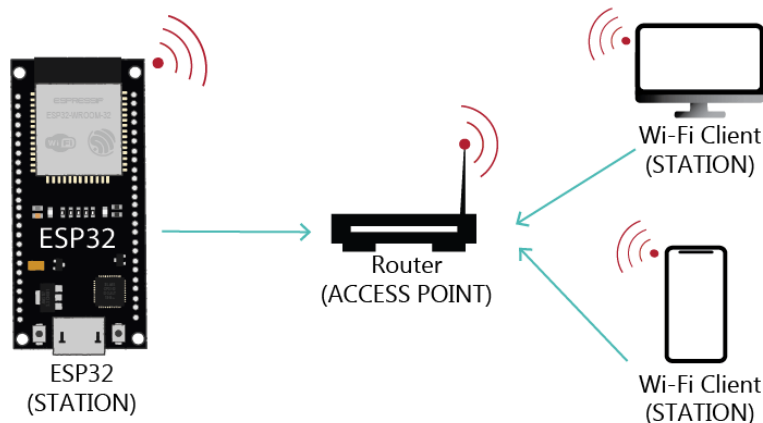


Рисунок 3.16 — Ескізна схема підключення *ESP32* [14]

Така система дозволяє обробляти команди, які приходять на модуль *Wi-fi* на *ESP32*. Після обробки даних в головному контролері, формується пакет даних, який відправляється до клієнта-отримувача. Код програми наведений у додатку Б.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

4 АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИЛАДУ

4.1 Розрахунки віброміцності

Для того, щоб розрахувати віброміцність вузла необхідні такі параметри, як:

Довжина плати $a = 0,04$ м;

Ширина плати $b = 0,018$ м;

Товщина плати $h = 0,002$ м;

Щільність плати $\rho = 1,38 \cdot 10^3$ кг/м³;

Модуль пружності $E = 3,4 \cdot 10^8$;

Коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,136$;

Маса елементів що встановленні на платі $M = 0,004783$ кг.

Розрахуємо приведену масу елементів на друкованій платі:

$$m_e = M / S = 6,643 \text{ кг/м}^2. \quad (4.1)$$

де S – площа плати.

Розрахуємо приведену масу плати з деталями:

$$m = \rho \cdot h + M = 2,765 \text{ кг/м}^2. \quad (4.2)$$

Розрахуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \xi)} = 0,262 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (4.3)$$

Визначимо значення функції $\varphi(B)$ для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(B) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,62 \cdot \frac{b}{B} + \frac{1}{B^2}}{1 + 1,62 \cdot \frac{b}{B^3} + \frac{b}{B^6}}} = 10,416 \quad (4.4)$$

де $B = \frac{a}{b} = 2,222$ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини та ширини плати.

Розрахуємо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(B)}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} \approx 319 \text{ Гц}. \quad (4.5)$$

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Резонансна частота плати 319 Гц, тобто це в 4 рази більше максимальної частоти впливу вібрації ($f = 70$ Гц).

4.2 Розрахунки, що підтверджують автономність

Основною метою проекту стала розробка автономної камери, тому розрахунки будуть проводитись виключно з метою підтверження можливостей та енергоефективності кінцевого виробу.

Пристрій буде перевірений в різних умовах роботи у вигляді графіків та чітких розрахунків. Приведені такі розрахунки:

- оптимальна кількість сонячних панелей при стандартних умовах освітлення;
- оптимальна кількість акумуляторів для забезпечення роботи в умовах пасмурного дня та до моменту можливості почати зарядку від панелей;
- час роботи в залежності від режиму.

Для того, щоб визначити кількість сонячних панелей було проведено дослідження стосовно наступних пунктів для забезпечення автономності пристрою – це сонячне покриття України, та стандартні умови використання, тобто під яким кутом і в якому напрямку слід розташовувати сонячні панелі, щоб оптимізувати виробництво електроенергії для нашого пристрою, вимоги до яких вже було зазначено (рис. 4.1).

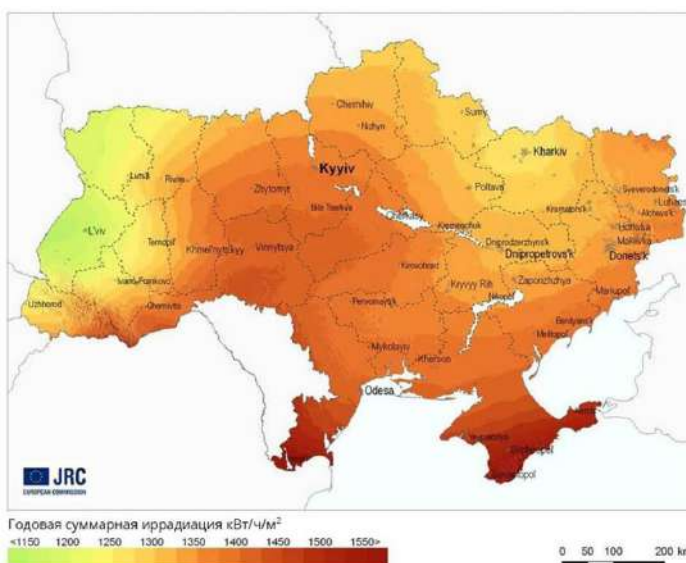


Рисунок 4.1 — Сонячне випромінювання в Україні [15]

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист 40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Також важливо зазначити, що сонячні панелі використовуються лише у місцях з високим параметром сонячного випромінювання.

Україна у цьому плані є непоганим місцем для цього, тому ця тема стає ще більш актуальною. Для перевірки подібних параметрів, ми можемо використати онлайн сайти *Nasa*, чи їх безкоштовну версію *globalsolaratlas.info*, завдяки, якій було визначено пікові години роботи сонячних панелей в Україні, що є немаловажним параметром.

Хоча кількість сонячного світла, яку отримують панелі, має важливе значення, точніше уявлення про кількість енергії, яку можуть виробляти панелі, — це пік сонячних годин. Важливо, перш за все, зазначити, що «сонячні години пік» — це не те саме, що «години світлового дня». Пікова сонячна година визначається як година в день, коли інтенсивність сонячного світла досягає в середньому 1000 Вт/метр².

Розрахувати, яку дозу електроенергії виробляє сонячна батарея на день, досить легко, якщо ви знаєте, де ваше місце знаходження пік сонця. Все, що вам потрібно зробити, це помножити свій рейтинг сонячних панелей на час пік сонячних променів у вашому місці, щоб отримати приблизну продуктивність панелей.

Вибрані сонячні панелі будуть видавати кожна по 1.25 Ватт на кількість сонячних годин для України:

$$1550 \text{ (Вт/метр}^2\text{)} / 1000 = 1,55 \text{ пікових годин,}$$

тому

$$1,25 \text{ Вт} \cdot 1,5 = \sim 2 \text{ Вт.}$$

Тобто веб-камера зможе працювати в день 16 годин лише за рахунок сонячних панелей, тому що в середньому пристрій споживає 0,6 Вт. В режимі очікування камера може працювати понад 300 годин.

Також завдяки іншого інформ-ресурсу *www.worlddata.info*, було визначено середню кількість, на цей час, сонячних годин в Україні:

- схід сонця сьогодні: 4:44 ранку;
- захід сьогодні: 21:09 ночі.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист
41

Отже вибрані сонячні панелі будуть давати електроенергію 16 годин в день, 5 годин з яких це пікові значення при яких сонячні панелі будуть видавати максимум своїх можливостей.

Визначимо кількість міліампер, що може видавати одна панель, та можливості розробленої плати контролю, та з цього визначимо максимальну можливу кількість сонячних панелей та перевіримо розрахунками, чи буде така кількість відповідати нашим вимогам стосовно автономності.

Вибрана сонячна панель марки *Anbes Solar* має характеристики:

- потужність: 1,25 Вт;
- напруга: 5 В.

З цих параметрів ми можемо порахувати скільки мА·год може вона видавати. Щоб перевести Ватт в Амperi , знадобиться формула:

$$I = P / U,$$

де I - це сила струму в амперах;

P – потужність у ватах;

U - напруга у вольтах.

Формула (Вт·год) · 1000/(В) = (мА·год). Наприклад, якщо батарея потужністю 1,25 Вт, розрахована на 5 В, ємність становить:

$$1,25 \text{ Вт} \cdot (1000/5) \text{ В} = 250 \text{ мА} \cdot \text{год}.$$

Враховуючи те, що розроблений контролер заряду може максимально проводити лише 1000 мА, було вирішено використовувати максимальну можливу кількість сонячних панелей, тобто 4. Це дозволить платі одночасно працювати від сонячних панелей, без виснаження акумуляторів, що призведе до подовження часу автономності. Проте це данні лише під час ідеального положення сонця на небозводі.

Сонячні панелі будуть під'єднані одна до одної паралельно, щоб збільшити потужність, проте не змінити вольтаж.

Для того, щоб вирахувати ефективність сонячних панелей під час дня ми можемо використати діаграму середніх значень, проте вона не є точною, через унікальність розташування панелей в кожній країні, сезонах, тощо. Проте ми повинні знати данні для того, щоб вирахувати за скільки ми можемо зарядити

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

акумулятори. Для цього попередньо було вираховано сонячні пікові години, та зазначено можливості сонячної панелі. Було обрано 3 акумулятори, тому що ємність кожного приблизно 3300-3400 мА·год, в залежності від місця замовлення, що дозволить використовувати пристрій на одному заряді акумуляторів приблизно 58 годин при повному відключенні від сонячних панелей, що дозволить пристрою працювати два дні при повністю пасмурній погоді та забезпечить її автономність.

3 акумулятори по 3300 мА·год = 9900 мА·год.

В залежності від активного режиму роботи пристрій має різне споживання енергії. Згідно з технічним завданням вказано, що розробка має три режими роботи.

1. В режимі очікування, під час якого пристрій лише очікує подальші команди пристрій споживає:

$$9900 \text{ мА} \cdot \text{год} / 30 \text{ мА} = 330 \text{ годин.}$$

2. В режимі економії, під час якого вимкнута підсвітка місцевості:

$$9900 \text{ мА} \cdot \text{год} / 170 \text{ мА} = 58,23 \text{ годин.}$$

3. В максимальному режимі, під час якого ввімкнена максимальна яскравість підсвітки, пристрій споживає:

$$9900 \text{ мА} \cdot \text{год} / 310 \text{ мА} = 31,93 \text{ години.}$$

Зробимо розрахунки, за який час при постійному сонячному випромінюванні можемо зарядити ці акумулятори повністю:

1. Розділити потужність сонячної панелі на напругу акумулятора, щоб оцінити максимальний вихідний струм заряду сонячним контролером заряду.

$$5 \text{ Вт} / 5 \text{ В} = 1 \text{ А}$$

2. Домножити струм на втрати в системі (на обраній платі це ~95%).

$$1 \text{ А} \cdot 95\% = 950 \text{ мА}$$

3. Помножити ємність акумулятора на 1, поділену на ефективність заряду (у літій-іонних акумуляторів це 95%).

$$9,9 \text{ А} \cdot (1/95\%) = 10,42 \text{ А}$$

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.202162.001 ПЗ

Лист

43

4. Розділити ємність акумулятора на струм, щоб оцінити, скільки часу знадобиться для зарядки всього акумулятора.

$$10,42 \text{ А} / 0,95 \text{ А} = 10,96 \text{ годин.}$$

Отже, маємо результат, що вибрані акумулятори можуть повністю зарядитись за 11 годин під прямим сонячним випромінюванням. Проте частіше всього це ідеалізовані данні з максимальною можливістю від сонячних панелей. Також треба додати 2 години, щоб врахувати етап поглинання.

Таким чином отримано результат енергоефективності, що дозволить нам використовувати плату без вимушеного очікування, тому що акумулятори будуть повністю дозаряджатись під час 16-ти годин сонячного сяйва при правильному влаштуванню та при правильному нахилі для ефективності сонячних панелей, параметри нахилу були додані на початку розділу. Ці розрахунки приведені за середнім значенням сонячного покриття влітку. Під час зими, значення енергоефективності спадають на ~35%, весною на ~24%, осінню ~17,8%.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз аналогів та існуючих рішень, було визначено їх переваги та недоліки, з яких частково було сформовано вимоги до пристрою. Недоліком часто є недостатня енергоефективність, розміри та ціна. В процесі дипломного проектування розроблено пристрій, що базується на цих вимогах та зазначеному завданні.

2. Було обрано основні складові компоненти. Так як пристрій призначено для одиничного виготовлення, було прийняте рішення використовувати вже готові електронні блоки та модулі, та розробити друковану плату контролю заряду на основі системи TP4056 з додатковим захистом. Таке рішення забезпечило низьку вартість основних систем пристрою. Було проведено дослідження та обрано основні компоненти схеми в залежності від вимог ТЗ.

3. Спроектовано друковану плату для захисту заряду акумуляторів та обрано елементну база, додано додатковий захист. Розроблено відповідну документацію. Спроектований корпус, який забезпечує захист від зовнішнього впливу та має гарний естетичний вигляд. Для отримання максимуму сонячної енергії пристрій необхідно встановлювати відповідно до наданих рекомендацій.

4. Завдяки проведеним розрахункам та аналізу роботи сонячних панелей – встановлено скільки годин пристрій може пропрацювати в умовах різних режимів роботи та підтверджено його працездатність.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		45

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Використання сонячної енергії в Україні [Електронний ресурс] : [Інформація про використання сонячних панелей]./ *mywatt.ru* // Режим доступу – <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/skilki-koshtuie-vstanoviti-sonyachni-paneli-shho-potribno-znati-pro-domashni-ses/> — Назва з екрану.

2. Переваги використання акумуляторів [Електронний ресурс] : [Інформація про акумулятори]./ *ddcountermeasures.com* // Режим доступу – <https://ddcountermeasures.com/diy-solar-powered-wireless-security-camera/> — Назва з екрану.

3. *KoogEEK ZC-IPC216* [Електронний ресурс] : [Інформація про камеру]./ компанія ПРОМ // Режим доступу – <https://prom.ua/p1464475574-besprovodnaya-ulichnaya-kamera.html> — Назва з екрану.

4. *Blink-Outdoor* [Електронний ресурс] : [Інформація про камеру]./ компанія АМАЗОН // Режим доступу – <https://www.amazon.com/Blink-Outdoor-Wireless-Security-Camera-3cam/dp/B086DKSHQ4> — Назва з екрану.

5. Типи сонячних панелей [Електронний ресурс] : [Інформація про типи сонячних панелей]./ компанія 8СОЛАР // Режим доступу – <https://www.8msolar.com/types-of-solar-panels> — Назва з екрану.

6. *Anbes Solar 1.25 Вт 5 В* [Електронний ресурс] : [Інформація про сонячну панель]./ компанія АЛІЕКСПРЕСС // Режим доступу – <https://www.aliexpress.com/item/32819488562.html> — Назва з екрану.

7. *OV2640 (FOV120)* – [Електронний ресурс] : [Інформація про камеру]./ *arduino.ua* // Режим доступу – <https://arduino.ua/ru/prod4501-modyl-kameri-2mp-ov2640-dlya-esp32-cam-fov120> — Назва з екрану.

8. *LiitoKala NCR18650B* ємність 3300 мА·год [Електронний ресурс] : [Інформація про акумулятори]./ компанія ЛИТОКАЛА // Режим доступу – <https://liitokala.com.ua/product/liitokala-lit-34b-pcb-ncr18650b-pcb-3400mah-zaschitoy/> — Назва з екрану.

9. Стабілізатор напруги [Електронний ресурс] : [Інформація про стабілізатор напруги]./ *arduino.ua* // Режим доступу –

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		46

<https://arduino.ua/prod3567-stabilizator-napryajeniya-3-3v-0-25a-ht7333-1> —

Назва з екрану.

10. Конденсатори електrolітичні 100 мкФ [Електронний ресурс] : [Інформація про конденсатор]./ *asenergi.com* // Режим доступу – <https://asenergi.com/catalog/kondensatory-elektroliticheskie/100mkf.html> — Назва з екрану.

11. Конденсатор керамічний ємністю 100 нФ [Електронний ресурс] : [Інформація про конденстор]./ *radiodetali.com.ua* // Режим доступу – <https://radiodetali.com.ua/ua/product/kondensator-keramicheskij-100-nf-50-v-y5v-20-51086> — Назва з екрану.

12. Ескіз правильно нахилу [Електронний ресурс] : [Інформація про правильний кут нахилу для сонячних панелей]./ *www.researchgate.net* // Режим доступу – https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-the-solar-panel-orientation_fig1_349608444 — Назва з екрану.

13. Калькулятор кута нахилу сонячної панелі [Електронний ресурс] : [Інформація про нахил сонячних панелей]./ *footprinthero.com* // Режим доступу – <https://footprinthero.com/solar-panel-tilt-angle-calculator> — Назва з екрану.

14. Ескіз роботи ESP32 Wi-fi [Електронний ресурс] : [Інформація про ESP32]./ *randomnerdtutorials.com* // Режим доступу – <https://randomnerdtutorials.com/esp32-useful-wi-fi-functions-arduino/> — Назва з екрану.

15. Сонячне випромінювання в Україні [Електронний ресурс] : [Інформація про сонячне випромінювання]./ *journals.pan.pl* // Режим доступу – https://journals.pan.pl/Content/114483/PDF/art_08.pdf — Назва з екрану.

16. Ступені захисту [Електронний ресурс] : [Інформація про ступені захисту камери]./ *www.shindaiwa.net* // Режим доступу – <https://www.shindaiwa.net/uk/stepen-zashchity-ip/> — Назва з екрану.

17. IP-камера [Електронний ресурс] : [Інформація про камери]./ компанія Вікіпедія // Режим доступу – <https://uk.wikipedia.org/wiki/IP-камера> — Назва з екрану.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		47

18. Резистор 1 кОм [Електронний ресурс] : [Інформація про резистори]./
arduinokit.com.ua // Режим доступу – <https://arduinokit.com.ua/p1228324534-rezistor-025w-10sht.html> — Назва з екрану.

19. Мікросхема TP4056 [Електронний ресурс] : [Інформація про мікросхему]./
www.mini-tech.com.ua // Режим доступу – <https://www.mini-tech.com.ua/kontroller-zaryada-li-ion-tp4056-smd> — Назва з екрану.

20. Мікросхема DW01A [Електронний ресурс] : [Інформація про мікросхему]./
blackchip.com.ua // Режим доступу – <https://blackchip.com.ua/ru/mikroshemy/dw01a-kontroller/> — Назва з екрану.

21. FS8205 [Електронний ресурс] : [Інформація про мосфет]./
alltransistors.com // Режим доступу – alltransistors.com/ru/mosfet/transistor.php?transistor=49910 — Назва з екрану.

22. Резистор 100 Ом [Електронний ресурс] : [Інформація про резистор]./
radiostore.com.ua // Режим доступу – <https://radiostore.com.ua/p69579235-rezistor-100-025.html> — Назва з екрану.

23. Методи виготовлення друкованих плат [Електронний ресурс] : [Інформація про методологію виробництва]./
um.co.ua // Режим доступу – <http://um.co.ua/6/6-11/6-116440.html> — Назва з екрану.

24. Резистор 1.2 кОм [Електронний ресурс] : [Інформація про резистор]./
компанія ПРОМ // Режим доступу – <https://prom.ua/p748214855-rezistor-kom-025vt.html> — Назва з екрану.

					РА81.202162.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		48

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

асист. Нікітчук А. В.

(керівник)

д.т.н., проф. Степанов М. М.

(В.о. зав. кафедри ПРЕ)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет»

Київ – 2022 року

A. 1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва проекту: «Автономний пристрій для фіксування, обробки та передачі фото та відео інформації у телекомунікаційній мережі Інтернет».

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою прикладної радіоелектроніки від «2» травня 2022 р.

A.2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

Метою дипломного проекту є розробка конструкції автономної камери з підзарядкою від сонячних батарей, а також повноцінна перевірка її на працездатність та оформлення необхідної конструкторської документації для неї. Також повинна бути наявна база можливостей та систем захисту.

Система має змогу постійно працювати від сонячних панелей та/або акумулятору. Час та її можливості автономної роботи зазначено в тексті дипломної роботи.

Схема працює від двох сонячних панелей, що підзаряджають акумулятори. Їх характеристики зазначені в параграфі про аналітичний вибір правильних компонентів для дипломної роботи.

A.3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

A.3.1 Вхідні параметри

Напруга живлення, В: 5.

Максимальний струм живлення, мА: 1000.

Струм споживання (від вибраного режиму роботи), мА:

- спалах вимкнений: 170;
- спалах увімкнено та яскравість максимум: 310;
- очікування, під час якого пристрій лише очікує подальші команди: до 30;

Управління: пристрій має в конструкції керовану плату *ESP-32* з кнопкою включення.

Тип з'єднання: бездротове з підключенням до мережі інтернет через роутер на відстань до 15 метрів;

А.3.2 Вимоги до надійності

Пристрій повинен бути відновлюваний і ремонтпридатний по ГОСТ 27.002-89.

Середнє напрацювання на відмову, не менше, годин.....30000;

Середній час відновлення, не більше, годин.....1,5;

Середній строк служби, років.....3;

Імовірність безвідмовної роботи до 1000 годин, не менше.....0,98.

Кліматичні вимоги згідно стандарту захист від *IP66* до *IP67*, тобто всепогодна відеокамера, яка має високий захист корпусу, тому без проблем може протистояти сильним вітрам та опадам. Може розміщуватись під захисним карнизом і без нього. Карнизом може виступати сонячна панель.

Захист від механічних впливів згідно *IK07*, тобто надійність камери, що зможе витримати удар вантажем до 500 г з невеликої висоти.

А.3.3 Вимоги до технологічності

Вимоги до технологічності згідно ГОСТ 14.201-83.

А.3.4 Вимоги до стандартизації та уніфікації

В конструкції повинні бути використані стандартні та уніфіковані деталі та вузли.

А.3.5 Вимоги до складальних частин конструкції, сировини та експлуатаційних матеріалів.

Вибір полягає лише для корпусу.

Для використання назовні рекомендується використання корпусу з металу задля захисних властивостей металу.

В конструкції повинні бути використані деталі та матеріали, що можливо купити на серійній промисловості і дозволені до використання.

А.3.6 Умови експлуатації і вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Кліматичне виконання приладу — Т1 (згідно з ГОСТ 15150-69, 1 - експлуатація на відкритому повітрі з впливом будь-яких атмосферних факторів (дощ, злива, сніг, пил при сильному вітрі)):

- робоча температура від -10 °С до +50 °С;

- гранична температура від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- середнє значення вологості повітря 80% при температурі $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- граничне значення відносної вологості повітря 100% при температурі $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$;

А.3.7 Вимоги до електромагнітної сумісності

Пристрій повинен відповідати вимогам по електромагнітній сумісності та індустриальним радіозавадам по ГОСТ 22505–97 (Технічний регламент №22).

А.3.8 Естетичні та ергономічні вимоги

Пристрій має бути виконаний в одному корпусі та передбачати кріплення на стіну.

Інші вимоги за ДСТУ 2429–94.

А.3.9 Вимоги до маркування і упаковки

Маркування необов'язкове

Пакування: апаратуру необхідно загорнути в бульбашко повітряну плі вк і помістити в коробку для транспортування.

А.3.10 Вимоги транспортування та зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 15150-69.

Зберігання: у сухому приміщенні із температурою не нижче від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.11 Вимоги до транспортування і зберігання приладу

Транспортувати автомобільним, залізничним та авіаційним транспортом в упакованому вигляді.

Умови зберігання виробу — Л1 (згідно ГОСТ 15150–69).

А.3.12 Вимоги до експлуатації, зручності технологічного обслуговування і ремонту

Має бути передбачений легкий доступ для ремонту.

А.3.13 Економічні показники.

Прилад може виготовлятися для масового виробництва.

Забезпечення мінімальної вартості.

A.3.14 Екологічні показники

Використання матеріалів з найменшим впливом на екологію.

Використання відновлювальної енергії.

A.4 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Конструкторська документація має містити у своєму складі:

1. Текстову документацію. Це – ПЗ (пояснювальна записка), перелік елементів, специфікація.
2. Графічну документацію. Це – структурна схема пристрою, плакат пристрою.

A.5 ОІЄНТОВНИЙ ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Титульний лист

Завдання на дипломний проект

Зміст

Вступ

1. Аналіз технічного завдання
2. Огляд існуючих рішень
3. Вибір та обґрунтування схемо технічних рішень
4. Вибір та обґрунтування елементної бази
5. Проектування приладу
6. Розрахунки, що підтверджують працездатність
7. Опис конструкції

Висновки

Перелік посилань

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Перелік елементів

Додаток В Специфікація

A.6 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Дипломний проект виконується в 7 етапів.

Таблиця А.1 — Етапи дипломного проекту

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень	2.05.22 – 13.05.22	Розділ 1
2	Розробка та аналіз ТЗ	14.05.22 – 18.05.22	Підрозділ 1.3
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічних рішень	19.05.22 – 30.05.22	Підрозділ 2.1-2.2
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	31.05.22 – 2.06.22	Підрозділ 2.3
5	Проектування друкованої плати та корпусу	2.06.22 – 4.06.22	Розділ 3
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	31.05–04.06	Розділ 4
7	Оформлення документації	05.06–7.06	Креслення і додатки

А.7 ЕТАПИ ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗАКІНЧЕННЯ ЕТАПІВ І ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ ВЦІЛОМУ

Матеріали, які являються проміжними, подаються в вигляді розділів дипломного проекту на перевірку в зазначені терміни. Після закінчення виконання дипломного проекту, цей проект представляється і захищається комісії.

Виконавець

_____ Максим РОДЬКО

Керівник

_____ Артем НІКІТЧУК

ДОДАТОК Б. КОД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Текст коду програми, розробленої в середовищі Arduino IDE наведений нижче:

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

// Select camera model
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM

#include "camera_pins.h"

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

void startCameraServer();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(true);
  Serial.println();

  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 PSRAM IC present, init with UXGA resolution and higher JPEG quality
//           for larger pre-allocated frame buffer.
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;
}

#ifdef CAMERA_MODEL_ESP_EYE
  pinMode(13, INPUT_PULLUP);
  pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

// 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;
}

sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
// initial sensors are flipped vertically and colors are a bit saturated
if (s->id.PID == OV3660_PID) {
  s->set_vflip(s, 1); // flip it back
  s->set_brightness(s, 1); // up the brightness just a bit

```

```
s->set_saturation(s, -2); // lower the saturation
}
// drop down frame size for higher initial frame rate
s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);

#if defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE) ||
defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_ESP32CAM)
s->set_vflip(s, 1);
s->set_hmirror(s, 1);
#endif

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

startCameraServer();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("' to connect");
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  delay(10000);
}
```

ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ДРУКОВАНИЙ ВУЗОЛ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			РА81.467112.001 СК	Складальний кресленник		
A3			РА81.467112.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
				<u>Деталі</u>		
		1	РА81.467112.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Мікросхема DW01A	1	U2
				Мікросхема TP4056	1	U1
				Мосфет FS8205	1	Q1
				Резистор 1 кОм	3	R1,R2,R4
				Резистор 1.2 кОм	1	R3
				Резистор 100 Ом	1	R5
				RGB Світлодіод 2 мм	2	LED1, LED2
				Конденсатор 10 мкФ	1	C1
				Конденсатор 100 мкФ	1	C4
				Конденсатор 100 нФ	3	C2, C3, C5
				Регулятор напруги HT7333-A	1	VRI
				РА81.467112.003		
		№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив	Родько М.А				Літ.	Арк.
Перевір.	Нікітчук А.В					1
Реценз.					Аркушів	
Н. Контр					2	
Затверд.	Нікітчук А.В					
				Плата контролю заряду		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Матеріали</u>		
				Приній ПП-140 АУ70.033.013 ТУ		
						Арк.
						2
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	РА81.467112.003	

ДОДАТОК Г. СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРИСТРОЮ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A4			РА81.202162.001 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
A3			РА81.467112.001 СК	Складальний кресленик	1		
			РА81.467112.001 ЕЗ	Електрична принципова	1		
				<u>Складальні одиниці</u>			
		1	РА81.467112.001 СК	Друкований вузол	1		
				<u>Деталі</u>			
		2	РА81.202162.001	Корпус	1		
		3	РА81.202162.002	Кришка	1		
				<u>Інші вироби</u>			
		4		Гвинт М3 - 3.3 мм	6		
		5		ESP32 Integrated Wi-fi	1		
		6		Акумулятор ємності 3300 мА·год.	3		
		7		Сонячна панель 1.25 Вт 5 В. Підключення до модульного кріплення.	4		
			РА81.467112.004				
		№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Родько М.А				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Нікітчук А.В					1	1
Реценз.							
Н. Контр							
Затверд.	Нікітчук А.В						
Пристрій Специфікація							

ДОДАТОК Д. ДЕТАЛЬНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ

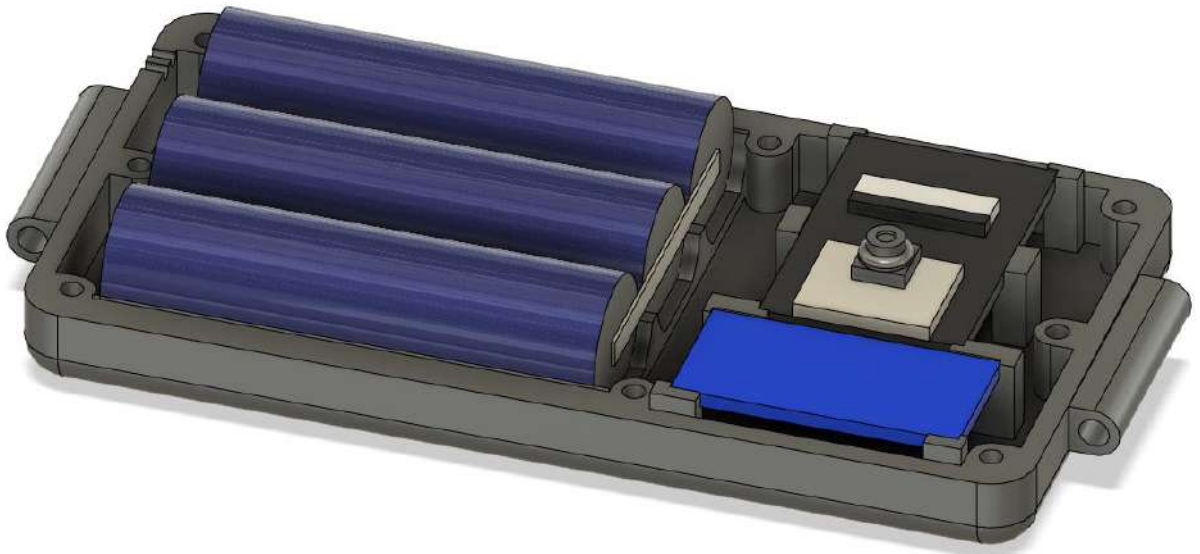


Рисунок Д.1 — Зовнішній вигляд пристрою №1



Рисунок Д.2 — Зовнішній вигляд пристрою №2



Рисунок Д.3 — Зовнішній вигляд пристрою №3



Рисунок Д.4 — Зовнішній вигляд пристрою №4

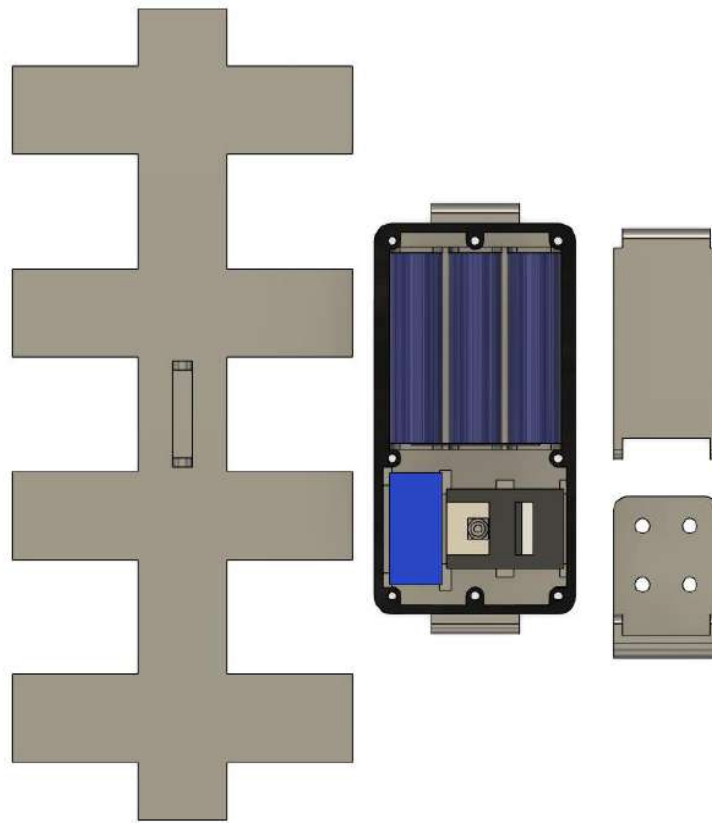
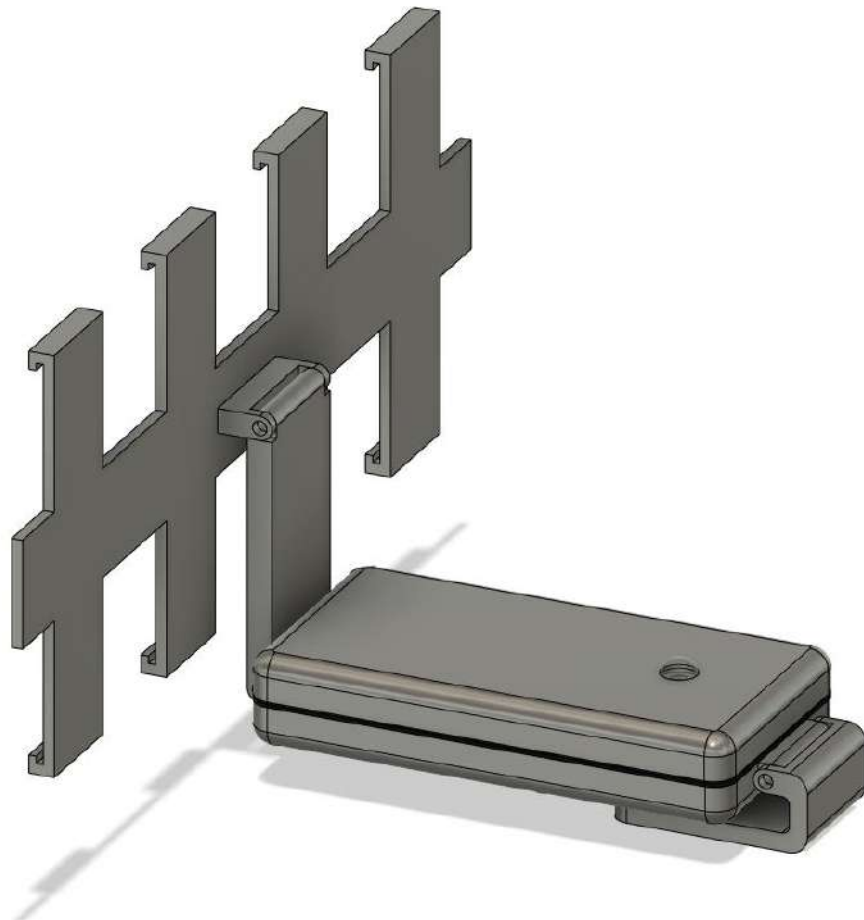


Рисунок Д.5 — Зовнішній вигляд пристрою №5



ДОДАТОК Е. РОЗРАХУНКИ В МАТНСАД.

Для

силових Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_p} := 0.25\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноp} := -0.05\text{mm}$

$$t1V_p := t_{minD_p} + |\Delta t_{ноp}| = 0.3\text{mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_p} := 0.45\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{ноp} := -0.1\text{mm}$

$$t1Ш_p := t_{minD_p} + |\Delta t_{ноp}| = 0.55\text{mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Довжина провідника (м)- $l_p := 0.006\text{m}$

Товщина фольги $h_p := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$

Прикладена напруга (В)- $U_{жив_p} := 5\text{V}$

Максимальний струм (А)- $I_{max_p} := 1\text{A}$

$$t2_p := \frac{l_p \cdot I_{max_p} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{жив_p} \cdot 0.03} = 0.02\text{mm}$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pfb.

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (mA)- $I_{max_p} := 1\text{A}$

Товщина фольги (mm)- $h_p := 70 \cdot 10^{-3}\text{mm}$

Допустима щільність струму в провіднику (А/мм²)- $j_p := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3_p := \frac{I_{max_p}}{h_p \cdot j_p} = 0.714\text{mm}$$

Ст - 2

Рисунок Є.1 Розрахунок силових ліній

Для сигнальних:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому

Вибираємо за класом $t_{minD_S} := 0.25\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.05\text{mm}$

$$t1V_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.3\text{mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому

Вибираємо за класом точності (на один менше) $t_{minD_S} := 0.45\text{mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.1\text{mm}$

$$t1III_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.55\text{mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм²/м)- $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Довжина провідника (м)- $l_S := 0.006\text{m}$

Товщина фольги $h_S := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$

Прикладена напруга $U_{жив_S} := 5\text{V}$

Максимальний струм (А)- $I_{max_S} := 0.0012\text{A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{max_S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{жив_S} \cdot 0.03} = 2.4 \times 10^{-5}\text{mm}$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.rtf.

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм $I_{max_S} := 0.0012\text{A}$

Товщина фольги (мм)- $h_S := 70 \cdot 10^{-3}\text{mm}$

Допустима щільність струму в провіднику (А/мм²)- $j_S := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3_S := \frac{I_{max_S}}{h_S \cdot j_S} = 8.571 \times 10^{-4}\text{mm}$$

Рисунок С.2 Розрахунок сигнальних ліній

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

Для силових:

$$t_{\min_v} \geq \begin{cases} t_{1V_P} & \text{у вузькому місці} \\ t_{2_P} \\ t_{3_P} \end{cases} \quad t_{\min_w} \geq \begin{cases} t_{1III_P} & \text{у широкому} \\ & \text{місці} \\ t_{2_P} \\ t_{3_P} \end{cases}$$

$$t_{\min_v_S} := \max(t_{1V_P}, t_{2_P}, t_{3_P}) = 0.714\text{-mm} \quad t_{\min_w_S} := \max(t_{1III_P}, t_{2_P}, t_{3_P}) = 0.714\text{-mm}$$

Для

$$t_{\min_v} \geq \begin{cases} t_{1V_S} & \text{у вузькому місці} \\ t_{2_S} \\ t_{3_S} \end{cases} \quad t_{\min_w} \geq \begin{cases} t_{1III_S} & \text{у широкому} \\ & \text{місці} \\ t_{2_S} \\ t_{3_S} \end{cases}$$

$$t_{\min_v_P} := \max(t_{1V_S}, t_{2_S}, t_{3_S}) = 0.3\text{-mm} \quad t_{\min_w_P} := \max(t_{1III_S}, t_{2_S}, t_{3_S}) = 0.55\text{-mm}$$

Рекомендована ширина для сигнального $t_{\min_w_P} = 0.55\text{-mm}$

Рекомендована ширина для силового $t_{\min_w_S} = 0.714\text{-mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною $t_{\min_w_P} = 0.55\text{-mm}$ та $t_{\min_w_S} = 0.714\text{-mm}$ то можна використувати ширину провідників $t_{\min_v_P} = 0.3\text{-mm}$ та $t_{\min_v_S} = 0.714\text{-mm}$

Рисунок Є3. Кінцевий результат розрахунків

ДОДАТОК Є. ВІДОМОСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання	2	
2	A4	РА81.202162.001 ПЗ	Пояснювальна записка	48	
3	A4	РА81.467112.003	Специфікація плати контролю заряду	2	
4	A4	РА81.467112.004	Специфікація пристрою	1	
5	A3	РА81.467112.001 Е1	Структурна схема	1	
6	A3	РА81.467112.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
8	A3	РА81.467112.001 СК	Друківана плата контролю заряду	1	
9	A3	РА81.467112.002 СК	Модуль веб-камери	1	

				ДП РА81.202162.001	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Родько М.А.		17.06	Відомість дипломного проекту	Лист
Керівн.	Нікітчук А.В.		17.06		1
Консульт.					Листів
Н/контр.					1
Зав.каф.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПРЕ Гр. РА-81