

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних систем**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 20 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Радіотехнічні інформаційні технології»

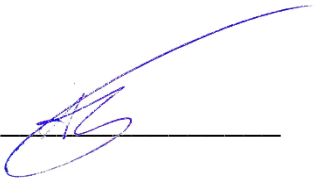
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Пристрій керування декоративним освітленням»

Виконав:

студент IV курсу, групи РТ-81

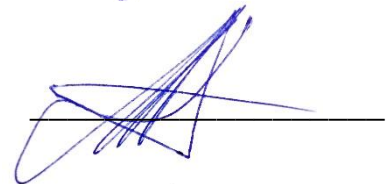
Бруско Андрій Вадимович

_____ 

Керівник:

Старший викладач кафедри РТС, PhD

Мирончук Олександр Юрійович

_____ 

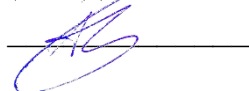
Рецензент:

Доцент кафедри ПРЕ, к.т.н., доц.

Шульга Аліна Вікторівна

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

Студент (-ка)

_____ 

Київ – 2022 р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Радіотехнічні інформаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Сергій ЖУК

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Бруску Андрію Вадимовичу

1. Тема проєкту «_____ Пристрій керування декоративним освітленням _____»

керівник проєкту Мирончук Олександр Юрійович, PhD, затверджені наказом по університету від «_1_»__06____ 2022 р. № 822-с

2. Термін подання студентом проєкту 20.06.2022 р.

3. Вихідні дані до проєкту

_____1. Напруга живлення складає від 5 до 12В. 2. Споживання пристрою (в імпульсі) – 2А. 3. Підключення одночасно двох типів світлодіодних стрічок.

4. Зміст пояснювальної записки__Перелік скорочень; Вступ; 1. Аналіз технічного завдання; 2. Огляд аналогів; 3. Проектування структурної схеми; 4. Вибір електронних компонентів; 5. Розробка схеми електричної принципової; 6. Розробка електронного модуля; 7. Корпус; 8. Програма.

_____5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) __Додаток Д (схема структурна), Додаток Е

(схема електрична принципова), Додаток Є (друкована плата), Додаток Ж (СК електронного модуля), Додаток З (СК пристрою).

6. Консультанти розділів проекту*

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

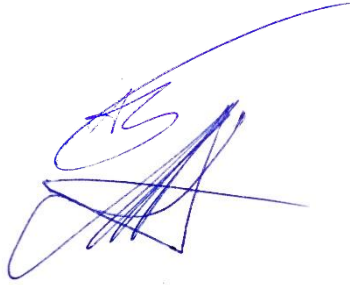
7. Дата видачі завдання 25.04.2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Розробити ТЗ та провести його пояснення (аналіз);	06.05.2022	Виконано
	Порівняти наявні аналоги та зробити висновки;	06.05.2022	Виконано
	Розробити структурну схему пристрою;	13.05.2022	Виконано
	Розробити схему електричну принципову;	20.05.2022	Виконано
	Розробити друковану плату;	20.05.2022	Виконано
	Розробити корпус пристрою;	20.05.2022	Виконано
	Розробити програмне забезпечення.	27.05.2022	Виконано

Студент

Керівник



Андрій Бруско

Олександр Мирончук

АНОТАЦІЯ

Актуальність теми обумовлена сучасним поглядом на дизайн інтер'єру та оформлення низки видів приміщень.

Мета роботи полягає у розробці конкурентоспроможного продукту. У дипломному проекті розроблено пристрій керування декоративним освітленням, а саме розроблено схему електричну принципову та конструкцію пристрою з обґрунтуванням прийнятих рішень. У проекті наведені розрахунки, що описують граничні та нормальні характеристики готового пристрою. Опис окремих функцій супроводжується частиною коду програми. Дипломний проект містить 57 сторінок пояснювальної записки, 41 рисунок, 10 таблиць, 5 креслеників, 4 додатків.

ANNOTATION

The urgency of the topic is due to the modern view of interior design and design of a number of types of premises.

The purpose of the work is to develop a competitive product. In the diploma project the device of management of decorative lighting is developed, namely the scheme of electric principle and a device design with the substantiation of the accepted decisions is developed. The project provides calculations describing the limit and normal characteristics of the finished device. The description of individual functions is accompanied by part of the program code. The diploma project contains 57 pages of explanatory note, 41 figures, 10 tables, 5 drawings, 4 appendices.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

на тему: «Пристрій керування декоративним освітленням»

Київ — 2022 р.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	5
Вступ.....	6
1 Аналіз технічного завдання	7
1.1 Аналіз технічних вимог.....	7
1.2 Аналіз конструкторських вимог.....	7
1.3 Аналіз електричних вимог	8
2 Огляд аналогів	9
2.1 WI-Fi SP108E DC5-24V Gen.2	9
2.2 BEILAI RGB Remote Controller	10
2.3 JOYINLED LED Strip WiFi RGB Controller.....	11
2.4 Висновки	12
3 Проектування структурної схеми.....	13
3.1 Блок керування RGB стрічками.....	13
3.2 Блок узгодження логічних рівнів	14
3.3 Головний контролер	14
3.4 Конвертер напруги.....	16
3.5 Радіокерування	17
3.6 Висновки	17
4 Вибір електронних компонентів.....	19
4.1 Orange Pi Zero LTS	19
4.2 Конвертер напруги.....	20

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>			
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Пристрій керування декоративним освітленням</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Бруска А. В.</i>						
<i>Перевірив</i>		<i>Адаменко Ю.Ф.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>				<i>PT-81 РТФ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>П.І.Б.</i>						

4.3 Конвертер логічних рівнів	21
4.4 ШІМ контролер	22
4.5 Радіоприймач.....	23
4.6 Висновки	24
5 Розробка схеми електричної принципової	25
5.1 Головний контролер	25
5.2 I2C.....	26
5.3 Узгодження логічних рівнів.....	26
5.4 Радіоприймач.....	27
5.5 Перетворювач напруги	28
5.6 ШІМ контролер та MOSFET.....	28
5.7 Подача живлення.....	29
5.8 Висновки	30
6 Розробка електронного модуля	31
6.1 Електронні компоненти.....	31
6.1.1 Конденсатори	31
6.1.2 Транзистори.....	32
6.1.3 Світлодіодний індикатор.....	32
6.1.4 Гвинтові клемники.....	33
6.1.5 PBS гребінка для підключення Orange Pi Zero	33
6.1.6 PLS гребінка для підключення радіоприймача.....	33
6.1.7 Резистор типорозміру 0805	34

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>		
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Пристрій керування декоративним освітленням</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Бруска А. В.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Адаменко Ю.Ф.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>			<i>PT-81 РТФ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>П.І.Б.</i>					

6.1.8 Мікросхема в корпусі SOIC-14.....	34
6.1.9 Мікросхема в корпусі TSSOP-28.....	34
6.2 Матеріали.....	34
6.3 Розрахунки.....	35
6.3.1 Провідники.....	35
6.3.2 Площа.....	36
6.4 Трасування друкованої плати.....	37
6.5 Технологія виготовлення.....	41
6.6 Монтаж ЕРЕ.....	42
6.7 Висновки.....	43
7 Корпус.....	44
7.1 Нижня частина.....	44
7.2 Верхня частина.....	45
7.3 Кріплення.....	46
7.4 Збірка.....	47
7.5 Матеріал.....	48
7.5.1 Поліметилметакрилат (PMMA).....	48
7.6 Висновки.....	49
8 Програма.....	50
8.1 Linux.....	50
8.2 Python.....	50
8.3 Бібліотеки.....	51

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>		
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Пристрій керування де-коративним освітленням</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Бруска А. В.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Адамко Ю.Ф.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>			<i>PT-81 РТФ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>П.І.Б.</i>					

8.4 Алгоритм.....	51
8.5 Дані	53
9 Реалізація	54
Висновки	55
Перелік джерел та посилань.....	56
Додаток А.....	2
Додаток Б	6
Додаток В.....	8
Додаток Г	9

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>			
<i>ЗМ.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Бруска А. В.</i>			<i>Пристрій керування де-</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Адаменко Ю.Ф.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>			<i>коративним освітленням</i>	<i>PT-81 РТФ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>П.І.Б.</i>						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — Друкована плата;

ЕК – Електронний компонент;

SBC – Single Board Computer;

API – Application Programming Interface;

WiFi – Wireless Fidelity;

TWI – Two Wire Interface;

ШИМ – Широтно-імпульсна модуляція;

OPi – Orange Pi;

MOSI – Master Output - Slave Input;

GPIO – General Purpose Input/Output;

FTP – File Transfer Protocol.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ВСТУП

Оскільки на ринку існують готові рішення для задоволення потреби в декоративному освітленні, була проведена порівняльна характеристика. Перевагами готових рішень є: простота налаштування, низька ціна. До недоліків було зараховано такі пункти: обмежена персоналізація, неможливість взаємодії з іншими системами, неможливість віддаленого та програмованого керування (з іншого приміщення, іншого міста, тощо), фіксований набір ефектів, фіксована довжина стрічки.

Описана в даній роботі розробка повинна виправити наступні недоліки: забезпечити можливість взаємодії з іншими системами, можливість масштабування, віддалений доступ через мережу інтернет, пз з можливістю модифікації. Недоліками, у порівнянні з готовими рішеннями є більші габарити блоку керування та необхідність активної точки доступу, чи провідного підключення до мережі інтернет. Окремо необхідно зазначити необхідність проведення підбору джерела живлення, з урахуванням потреб блоку керування та освітлювальних елементів.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						6
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз технічних вимог

Технічні вимоги складаються з експлуатаційних, конструкторських та електричних.

- Експлуатаційні вимоги складаються з кліматичних, вимог до надійності, первинної напруги живлення та зручності роботи.
- Кліматичні умови:
 - Температура повітря $+1...+35^{\circ}\text{C}$;
 - Відносна вологість повітря 60% при 20°C ;
- Врахування кліматичних факторів не доцільне, оскільки задані умови є прийнятними для роботи пристрою такого типу.
- Зоною використання даного пристрою є помірний і холодний клімат. Категорія 4. В приміщенні зі штучно регульованими кліматичними умовами. Пристрій не призначений для руху.
- Пристрій попадає у категорію УХЛ4.
- Оскільки пристрій є стаціонарним, то ударного чи вібраційного впливу зазнавати не буде.

1.2 Аналіз конструкторських вимог

- При аналізі вимог не виявлено специфічних або складних у реалізації запитів.
- Корпус виконаний з двох частин, різних кольорів, з обробленими ребрами. Доцільно виготовити корпус за допомогою пресування або лиття.
- Маса пристрою не вказана, а тому вміст не обмежується цим параметром.
- Наведені елементи корпусу: прямокутні отвори у бокових поверхнях для підведення силових та інформаційних кабелів, зокрема 1 для інтерфейсів USB та Ethernet, та 6 для гвинтових клемників. Також у верхній панелі необхідно передбачити отвір для світлодіодного індикатора.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Нижня панель повинна містити 4 отвори для кріплення, що обрамлені виступом завтовшки 3мм.

- Вимог до ремонтпридатності не висувається.

1.3 Аналіз електричних вимог

- Живлення від 5В до 12В постійної напруги.
- Струм споживання (без навантаження) не більше 2А в імпульсі.

					PT81.468389.001 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОГЛЯД АНАЛОГІВ

Кав'ярня, коворкінг, офіс ІТ-компанії, квест-рум та й проста житлова кімната в сучасних стилях часто містять декоративне освітлення, що доповнює або формує інтер'єр. Та не завжди це освітлення є статичним.

Для керування освітленням такого типу пропонується використовувати готові блоки, що містять в собі певний функціонал. Незважаючи на різноманіття готових виробів, освітлювальні елементи, тобто світлодіодні стрічки залишаються незмінними – це звичайні RGB або одноколірні стрічки, що відтворюють один колір цілком за всією довжиною, або ж адресовані, тобто кожна точка стрічки здатна відтворювати незалежний колір світла.

Оскільки головний акцент даної роботи зроблений на функціоналі, то до уваги буде взятий лише він, а не ціна та масо-габаритні параметри.

2.1 WI-Fi SP108E DC5-24V Gen.2

Пристрій підтримує адресовані (піксельні) стрічки LED, на чіпах (діодах) WS2801 WS2811 WS2812B SK6812 LDP8806 LPD6803 APA102 INK1003. Його характеристики:

- Живлення 5-24 В;
- Максимальна довжина стрічки: 2048 елементів;
- Розміри рис. 2.1;
- Кількість каналів: 1;
- Ціна: 11.5 USD.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						9
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Specifications:
 Working temperature: -20°C-60°C;
 Working Voltage: DC5V-24V;
 Working Current: 20MA-90MA;
 Remote distance: 30 Meters;
 Product size: 80mm*41mm*20mm;
 Product weight: 40g;
 Certificates: CE, ROHS;

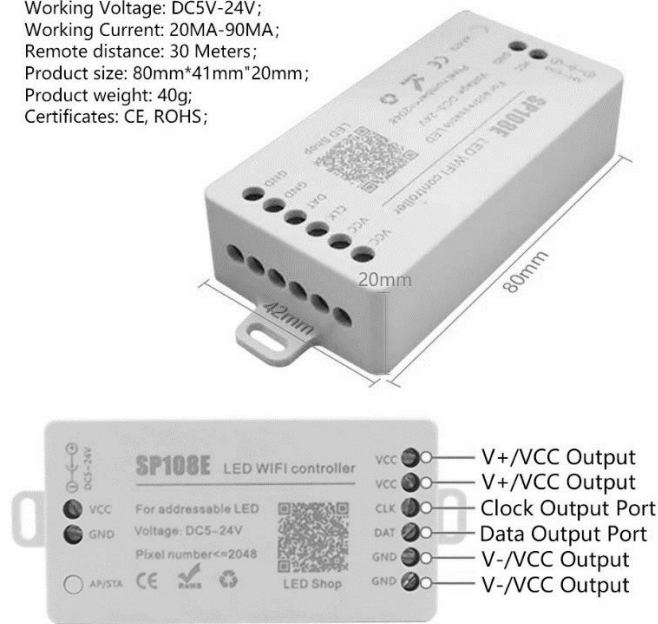


Рисунок 2.1 - SPI smart контроллер WI-Fi SP108E DC5-24V Gen.2 RGB/RGBW [1].
 Керування здійснюється за допомогою додатку для IOS/Android, в якості каналу зв'язку використовується WiFi, як у режимі точки доступу (AP), так і при підключенні до безпроводного роутера.

2.2 BEILAI RGB Remote Controller

Пристрій підтримує світлодіодні стрічки RGB зі спільним анодом, та напругою живлення 12В – 24В.



Рисунок 2.2 - BEILAI DC 12-24V 6A/CH 3Channel RGB RF Controller [2].
 Його характеристики:

- Живлення 12-24 В;

- Максимальна довжина стрічки обмежена потужністю 216Вт при 12В, та 432Вт при 24В напрузі живлення;
- Розміри згідно рис. 2.2;
- Кількість каналів: 1;
- Ціна: 13.59 USD.

Керування здійснюється за допомогою пульта дистанційного керування. Обмін даними здійснюється по радіоканалу на частоті 433МГц.

2.3 JOYINLED LED Strip WiFi RGB Controller

Дане рішення дозволяє керувати однією стрічкою зі спільним анодом. Керування здійснюється за допомогою додатку для IOS/Android, або за допомогою пульта з IR інтерфейсом (приймач необхідно вивести для прямої видимості).



Рисунок 2.3 - JOYINLED LED WIFI RGB 24Key [3].

Пристрій пропонується у наступних варіантах виконання:

- RGB, з керуванням виключно через WiFi;
- RGB, з керуванням через WiFi та пульт;
- RGBW, з керуванням через WiFi та пульт;
- RGB, з керуванням через Bluetooth;

Характеристики виробу:

- Живлення 5-24 В;
- Максимальна довжина стрічки обмежена струмом 4А сумарно на всі канали;
- Розміри Ш×В×Д, мм: 22×9×52;
- Ціна: 9.5 USD.

2.4 Висновки

Наведені рішення забезпечують керування виключно однією стрічкою, що дозволяє розташувати їх безпосередньо на місці підключення. Два із трьох продуктів надають великий вибір ефектів та дозволяють інтеграцію з голосовими помічниками. Такий підхід зручний при використанні одного пристрою, де не потрібна синхронізація кількох стрічок та більш складна персоналізація ефектів, а саме – відтворення анімації з непослідовним порядком точок на стрічці. Щодо підключення кількох приладів у одній системі, виявилось що стрічки не можуть бути синхронізовані, тобто кожен пристрій діє окремо та незалежно, підпорядковуючись лише простим командам, наприклад: увімкнути/вимкнути окрему стрічку, задати ефект для окремої стрічки, вимкнути всі стрічки.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						12
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Для коректної розробки пристрою необхідно визначити його складові, опираючись на функціонал, що має бути впроваджений у приладі. Це дозволить краще зрозуміти специфіку складових та сформулювати чіткі критерії підбору ЕК в подальшому.

3.1 Блок керування RGB стрічками

Функція даного блоку полягає у керуванні кольоровими та монохромними світлодіодними стрічками. На інформаційний вхід буде поданий сигнал, що міститиме дані про яскравість кожного окремого каналу. Вихід даного блоку є силовою частиною, тобто такою, що керуватиме навантаженням. Відповідно, кожен канал може бути керований як окремо, так і групами по 3, для відтворення кольору в палітрі RGB.

Простим та найпоширенішим способом керування яскравістю світлодіодних стрічок є використання ШІМ. Широтно-імпульсна модуляція полягає у використанні прямокутних імпульсів змінної тривалості, що варіюється в межах періоду сигналу. Сигнал має незмінну амплітуду, яка в даному випадку дорівнює максимальній робочій напрузі стрічки. Такий метод є зручним у цифровій техніці, оскільки на відміну від зміни напруги, є більш ефективним та точним. Регулювання яскравості світіння таким методом можливо завдяки інерційності людського зору. На достатньо високій частоті світлові спалахи сприймаються як постійне світло, а отже, регулюючи тривалість спалаху можна отримати потрібну яскравість.

Найчастіше ШІМ-контролери використовують в парі з ключами – потужними транзисторами, що дозволяють виконувати швидке перемикання у лінії зі струмом та напругою, що значно перевищують такі у сигнальних лініях.

					PT81.468389.001 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Блок узгодження логічних рівнів

У виробі, що передбачує роботу на різних напругах необхідно забезпечити як фіксовані напруги для живлення всіх компонентів, так і узгодження логічних рівнів. Даний блок забезпечить справну роботу адресованої стрічки.

У цифровій техніці при передачі сигналів є потреба відрізнити низький та високий логічний рівень, вони ж «0» та «1», що в ідеальних умовах відповідають рівням Gnd та Vcc. На практиці ж, високий рівень сигналу детектується не на рівні Vcc, оскільки розробники знають про втрати в лініях передачі та про імовірну різницю в напругах живлення компонентів. Саме тому логічна «1» сприймається вже після досягнення сигналом амплітуди, що може складати, наприклад $0,4V_{CC}$. Така особливість розпізнавання сигналу стає в нагоді, коли йдеться про узгодження кількох компонентів, що живляться різною напругою. У одному випадку порогове значення може виявитись достатнім, щоб правильно розпізнати сигнал нижчого логічного рівня, а в іншому – доведеться реалізувати «повторення» сигналу зі збільшенням амплітуди. Відповідно, напруга живлення даного блоку має відповідати вищому логічному рівню. В даній розробці можна обійтись одним таким вузлом, оскільки передача інформації адресованим стрічкам відбувається в одному напрямку, та не потребує зворотного пониження рівня сигналу.

Такий підйом логічного рівня можна виконати за допомогою транзисторів або мікросхем з компараторами. Варто наголосити, що передача даних виконується на частоті, що може перевищити робочий діапазон обраного ЕК, тому при підборі необхідно зосередити увагу і на цьому параметрі.

3.3 Головний контролер

Даний блок є центром всієї конструкції. Саме він задає логіку роботи пристрою, забезпечує комунікацію та взаємодію з користувачем та виконує керування периферійними пристроями.

З розвитком технологій та здешевленням виробництва, з'являються продукти, що відкривають нові можливості та спрощують входження до розроб-

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

ки. На сьогодні у аматорів є великий вибір обчислювальних виробів від контролерів до систем на чипі.

Розробка власного рішення повинна вирішувати недоліки готових продуктів. Коротко зупинимось на їх переліку, що впливає з огляду аналогів:

- Один пристрій керує лише однією стрічкою;
- Відсутня синхронізація ефектів між стрічками;
- Фіксований перелік сервісів, за допомогою яких може здійснюватись керування;
- Обмеження в персоналізації ефектів, попри великий набір та різноманіття.

Для вирішення описаних проблем необхідно використати платформу, що має необхідні апаратні інтерфейси, та достатню продуктивність для виконання програми, яка виконує наступні операції:

- Виконує обмін даними з веб-сервісами;
- Передає інформацію одразу на декілька каналів світлодіодних стрічок.

Кожна RGB стрічка вимагає три лінії, що здатні генерувати ШІМ сигнал. Оскільки планується підключення кількох стрічок такого типу, було вирішено виділити окремий блок з ШІМ контролером, а дані про яскравість передавати з головного контролера. Отже, зв'язок між описаними блоками виконаємо за допомогою шини TWI (Two Wire Interface) – двопровідної послідовної шини, що використовує протокол I²C [4]. Лінією SCL відбувається подача тактових сигналів від головного пристрою, а лінією SDA – дані. Швидкість передачі даних у «швидкому» режимі складає 400 кБіт/с. Одночасно на одній шині може знаходитись лише 1 головний пристрій. Окрім неї, головний контролер передає дані адресованій стрічці, що вимагає наявності інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interafce) [5] – послідовний синхронний повнодуплексний інтерфейс. Лінія даних з цього інтерфейсу підключається до блоку узго-

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

дження логічних рівнів для правильної роботи зі стрічками, напруга живлення яких вища за живлення головного контролера.

Підключення до мережі інтернет можливе за допомогою провідного або безпроводного інтерфейсів. WiFi – зручний та популярний спосіб обмінюватись даними з мобільними та стаціонарними пристроями, тому перевага надається саме цьому типу підключення. Ethernet – надійний провідний варіант підключення. Наявність обох способів підключення може знадобитись, якщо місце встановлення готового виробу не дозволяє використовувати один з наведених. Наприклад, стіни приміщення можуть блокувати WiFi сигнал до пристрою, встановленого на фасаді будівлі, проте є можливість проведення кабеля до місця встановлення. Протилежний випадок, коли інтернет-провід не був прокладений всередині приміщення, проте наявний достатній сигнал з точки доступу або безпроводного роутера.

3.4 Конвертер напруги

Роль даного блоку – забезпечити допустиме живлення для компонентів пристрою. Універсальність пристрою передбачує варіативність напруги. Оскільки в даній розробці живлення складає 5В або 12В, то необхідно керувати напругою, що потрапляє на вхід компонентів з верхньою межею в 5В.

Популярні два види перетворювачів напруги: імпульсні та лінійні. Особливість лінійних полягає у простій конструкції, низькій ціні та невеликій ефективності. Хоча ефективність тим краща, чим менша різниця вхідної та вихідної напруг, та все ж це в десятки разів менш ефективно, ніж робота імпульсних перетворювачів. Вони більш складні, ціна вища, проте такий тип конвертерів дозволяє використовувати більший діапазон вхідної напруги, та зберігає відносно великий коефіцієнт корисної дії при більших навантаженнях, а отже, розсіює менше тепла. Як результат, використовується саме DC-DC (імпульсний) перетворювач.

Отже, для живлення логічної частини пристрою використовується конвертер напруги, вхід якого під'єднано до загального входу живлення.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

3.5 Радіокерування

Як і в аналогічних рішеннях, керування безпосередньо за допомогою дистанційного пульта є бажаним і потрібним. Його наявність дозволяє обирати один із попередньо заготованих режимів роботи пристрою за відсутності інтернет мережі.

Із наявних варіантів вибір однозначно зроблений на користь радіо керування, оскільки оптичний (ІЧ світловий випромінювач/приймач) вимагає прямої видимості від користувача до встановленого пристрою.

Під'єднаний за допомогою однопровідної лінії з власним протоколом, приймач дозволяє здійснювати автономне (від мережі інтернет) керування. Більшість готових наборів (пульт та приймач) працюють на частоті 433МГц.

3.6 Висновки

У даному розділі були описані основні критерії для підбору ЕК, що забезпечать необхідний функціонал пристрою.

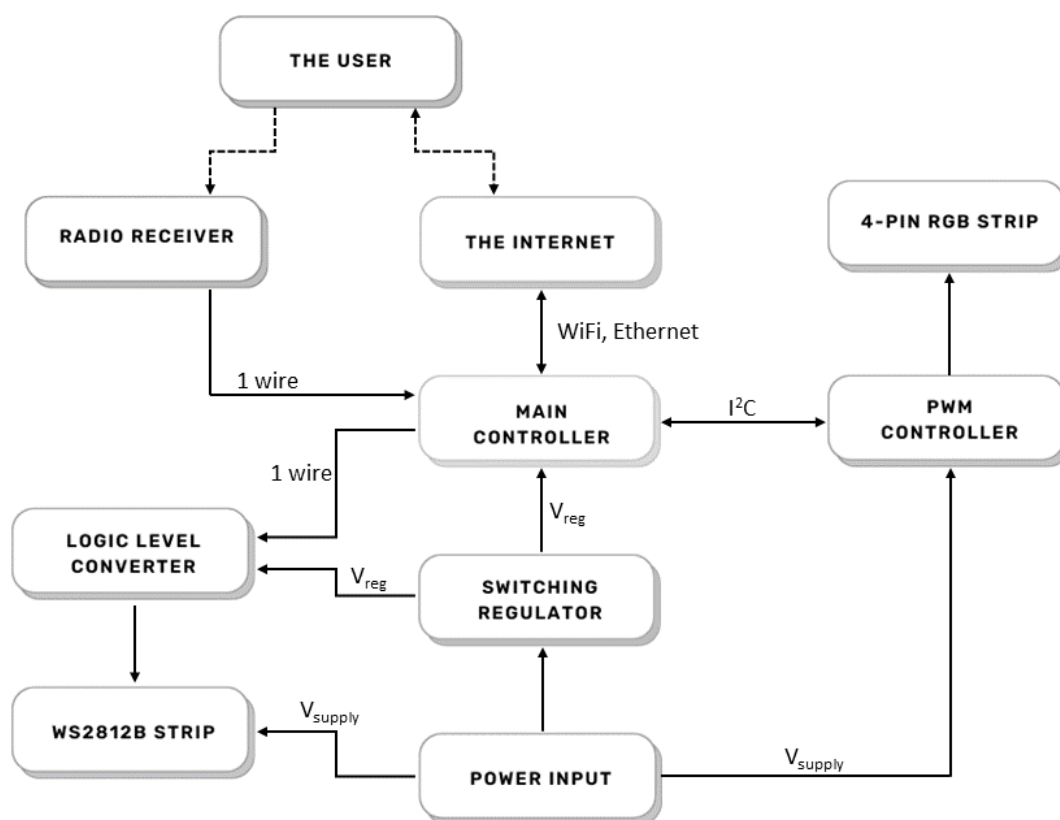


Рисунок 3.1 – структурна схема пристрою.

Були проаналізовані недоліки готових рішень, та розроблена структура пристрою, яка містить наступні вдосконалення:

- Під'єднання кількох стрічок різних типів;
- Паралельна та синхронна робота завдяки єдиному центральному керуванню;
- Спосіб керування не обмежений додатком чи конкретним сервісом.

Розроблена структурна схема зображена на рис. 3.1.

					<i>РТ81.468389.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>18</i>

Даний пристрій є найдешевший у своєму класі, враховуючи доступність на місцевому ринку, та надає простір для втілення усіх поставлених задач. Завдяки комплектації даної платформи вдалось реалізувати функції, що дають перевагу над аналогами, а саме:

- 100Mbit Ethernet дає змогу провідного підключення до інтернету без застосування додаткових адаптерів;
- WiFi модуль на основі XR819 забезпечує безпроводний інтерфейс;
- 26 GPIO (включно з виводами живлення) містять SPI, I2C, що використані для під'єднання ШІМ контролера та адресованої стрічки одночасно;
- USB для підключення додаткових пристроїв вводу/виводу та накопичувачів будь-якого об'єму.

Стандартний роз'єм micro USB дозволяє жити пристрій, та надає доступ до консолі через UART. Попри це, живлення можна подати через піни розширення, а UART вихід дублюється на PLS контактах біля роз'єму RJ-45.

Дана плата з'єднується з периферією за допомогою колодки PBS з кроком 2.54 мм. Живлення здійснюється через перетворювач, розташований на під'єднаній платі, в обхід роз'єму micro USB.

4.2 Конвертер напруги

Розглянута проблема різниці напруги логічної та силової частини пристрою вирішується використанням понижуючого конвертера напруги. Для забезпечення стабільності роботи пристрою потрібно обрати конвертер, що може забезпечити більший вихідний струм, ніж споживають компоненти у звичайному режимі роботи. Це пов'язано з короткочасними стрибками споживання струму в момент виконання операцій, як передача даних, підключення до точки доступу, тощо.

Обраний конвертер побудований на MP1584 та має таку ж назву. Головні характеристики:

- Вхідна напруга: 4.5 – 28 В;

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вихідна напруга: 0.8 – 20 В;
- Максимальний вихідний струм: 3А (імпульсний);
- ККД: до 96%;
- Пульсація вихідної напруги: до 30 мВ;
- Частота роботи: 1 МГц (типова), 1.5 МГц (підвищена);
- Розміри, Ш×Д×В, мм: 17×22×4.



Рисунок 4.2 - MP1584 DC-DC Step-down voltage converter [7].

Модуль встановлюється на головну плату за допомогою 8 штирьових контактів.

4.3 Конвертер логічних рівнів

Вирішення задачі узгодження логічних рівнів можна покласти на спеціалізовану мікросхему. Для цього обрана 74АНСТ125 – чотириканальний конвертер рівнів, що приймає на вхід сигнали з амплітудою 3В, і видає на виході сигнали 5В рівня.

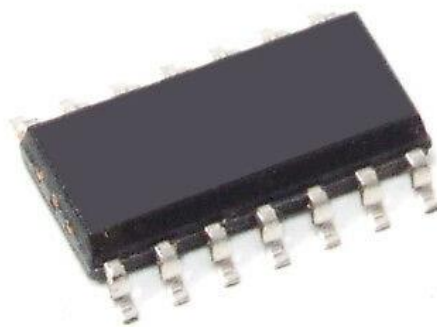


Рисунок 4.3 - National Semiconductor 74АНСТ125 [8].

Головні характеристики:

- Максимальний струм сигналу: 8 мА;
- Напруга живлення: 4.5 – 5.5 В;
- Розміри, Ш×Д×В, мм: 8.5×3.8×1.5.

Обрана мікросхема у виконанні SO-14, 14-піновий корпус, поверхневий монтаж.

4.4 ШІМ контролер

Для керування великою кількістю ШІМ каналів необхідна велика кількість виводів контролера, що підключені до таймера. Більшість контролерів та мікрокомп'ютерів мають невелику кількість таких виводів. Хоча і є змога використовувати програмну модуляцію, але це створює проблему у вигляді додаткового навантаження на ядро.

Обрана мікросхема PCA9685 – 16-канальний контролер ШІМ, що означає можливість підключення одразу чотирьох RGB стрічок. Інтерфейс передачі даних – I²C.

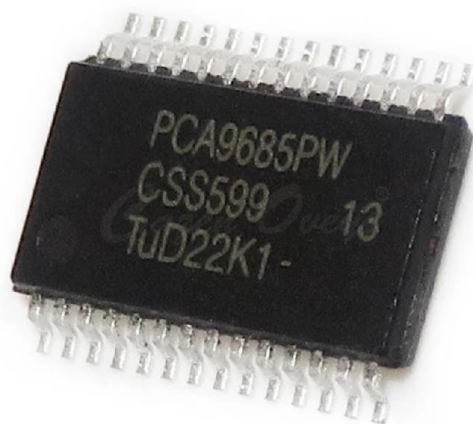


Рисунок 4.4.1 – NXP PCA9685, 12-bit PWM [9].

Хоча і буде застосований всього один контролер, проте його адреса на шині може бути сконфігурована за допомогою передбачених виводів. Його характеристики:

- Напруга живлення: 2.3 – 5.5 В;
- Частота ШІМ: 40 – 1000 Гц;
- Кількість можливих адрес на шині: 62;

- Допустимий струм на виході: 25 мА.

Для керування навантаженням, цей контролер вирішено доповнити N-канальними транзисторами. Обрані транзистори IRF3205SPBF. Це варіант транзистора IRF3205 у виконанні D²Pак.



Рисунок 4.4.2 – International Rectifier IRF3205SPbF [10].

Головні характеристики:

- Порогова напруга перемикання: 2 – 4 В;
- Максимальна напруга drain-stock: 55 В;
- Максимальний струм навантаження: 110А.

4.5 Радіоприймач

Для дистанційного керування за допомогою пульта, використовується приймач, що транслює код отриманої команди до головного контролера. Був обраний найпростіший приймач, що виконує дану функцію.

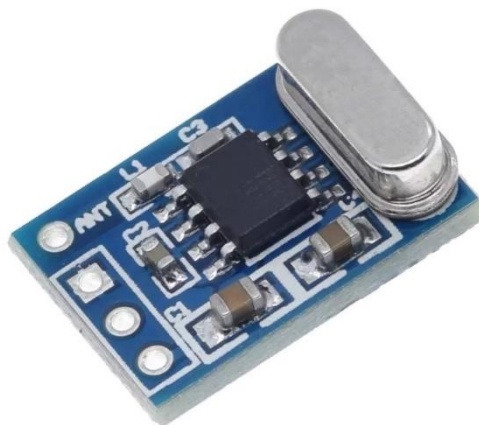


Рисунок 4.5 – Synохо SYN480R [11].

Приймач виконаний на однойменній мікросхемі SYN480R. Описується виробником як “antenna-in to data-out” рішення. Як і конвертер напруги, ви-

користаний у вигляді готового модуля, що встановлюється за допомогою штирів PLS. Коротко про нього:

- Робоча частота: 433 МГц;
- Чутливість приймача: -107dBm;
- Швидкість обміну даними: 2.5kbps(SWP), 10kbps (FIXED);
- Робоча напруга: 3 – 5.5 В;
- Розміри, Ш×Д, мм: 12×17.5.

4.6 Висновки

У попередніх пунктах розділу були описані ключові компоненти, від яких залежить реалізація функцій. Обрані компоненти також доповнюються пасивними компонентами, як конденсатори, резистори, роз'єми, проте не впливають на вирішення поставленої задачі, а тому будуть коротко описані у розділі про розробку електронного модуля пристрою.

					<i>РТ81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						24
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

Мета даного розділу – описати та пояснити з'єднання складових пристрою. За потреби, підключення враховуватиме рекомендації, що диктуються протоколом передачі даних, або особливістю конкретного ЕК.

5.1 Головний контролер

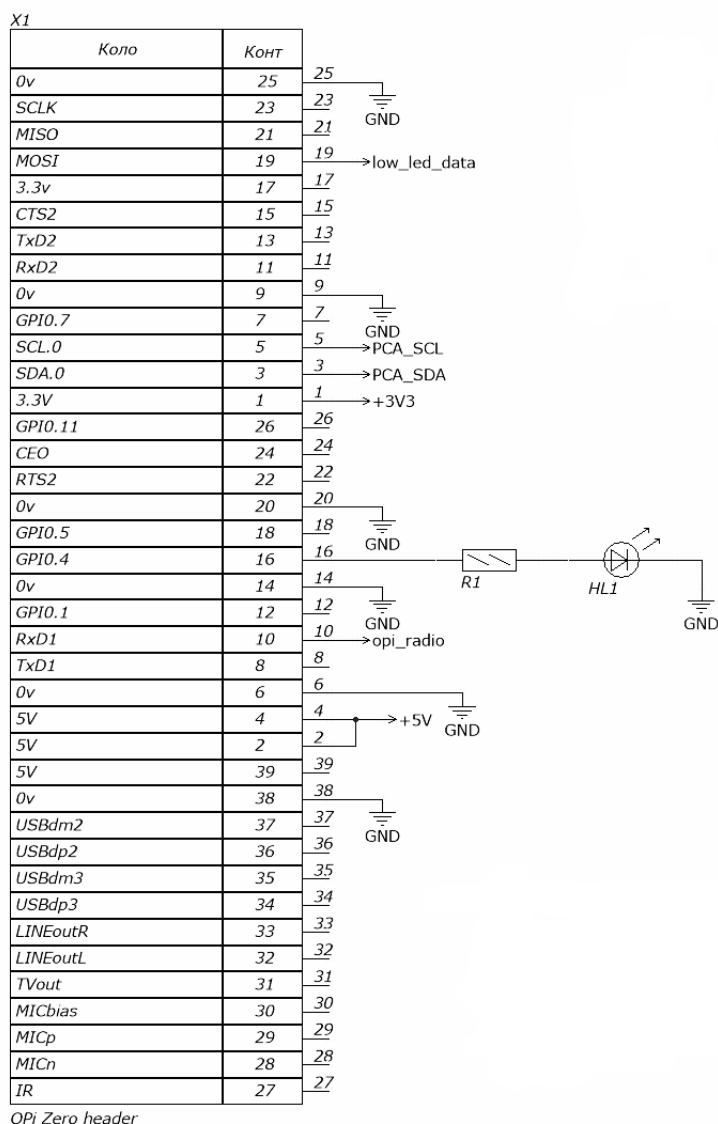


Рисунок 5.1 – Підключення головного контролера.

Безпосередньо навколо Orange Pi Zero розподілена периферія, тому одразу виділимо потрібні підключення:

- Всі лінії живлення, що входять та виходять з OPi;
- Лінія I²C;

- Лінія MOSI інтерфейсу SPI (Master Output – Slave Input);
- Довільний GPIO для світлодіодного індикатора стану пристрою;
- Довільний GPIO для прийому даних від радіоприймача.

Оскільки OPi має обмеження максимального струму на GPIO, необхідно захистити його від перевантаження світлодіодом. Для цього використаємо резистор.

Orange Pi має вбудований стабілізатор напруги, що виведений на піни. Напруга складає 3 – 3.3 В, вона рекомендована для роботи радіоприймача та відповідає логічному рівню мікрокомп'ютера.

5.2 I2C

Саме тому шину I²C вирішено підтягнути до цього виводу. Необхідність підтяжки лінії викликана тим, що активним сигналом в ній є низький рівень. Тобто, у стані спокою (IDLE) на обох провідниках повинен бути встановлений високий логічний рівень. Рекомендований номінал резисторів для підтяжки: 4.7 – 10 кОм.

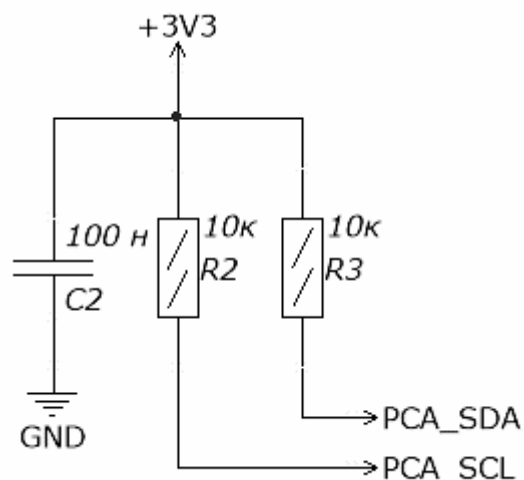


Рисунок 5.2 – Підтяжка лінії I²C.

5.3 Узгодження логічних рівнів

Як було зазначено у підборі ЕК, мікросхема містить 4 ідентичні блоки. Проте в даному виробі буде задіяний лише один, а під'єднаний наступним чином:

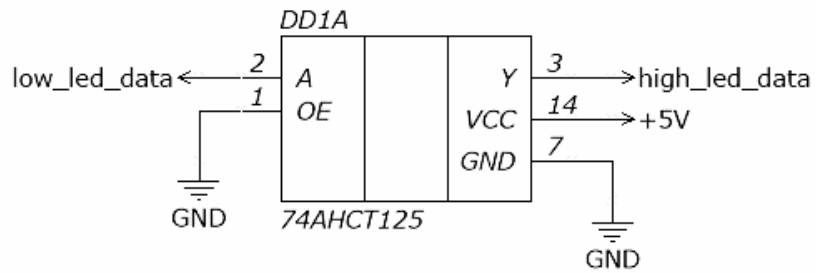


Рисунок 5.3.1 – Підключення задіяного блоку конвертера логічних рівнів.

Решту блоків не задіюємо, тому підключаємо наступним чином:

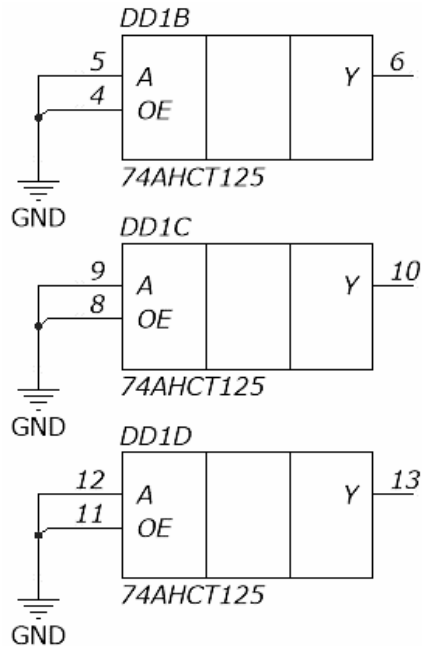


Рисунок 5.3.2 – Підключення незадіяних блоків 74AHCT125.

5.4 Радіоприймач

Підключення не має особливостей. Живлення для модуля поступає від стабілізатора в головному контролері. Поблизу розташовуємо згладжуючий конденсатор невеликої ємності.

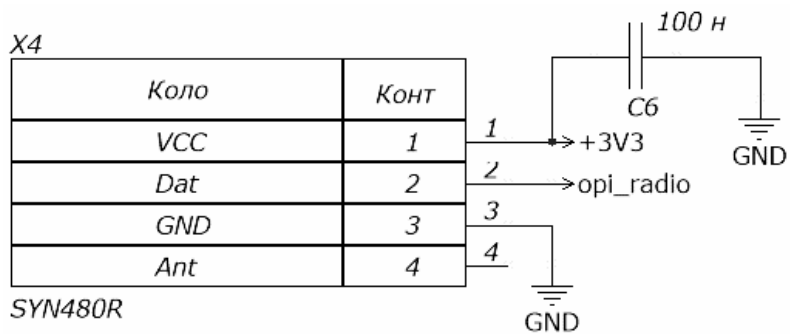


Рисунок 5.4 – Підключення модуля приймача SYN480R.

Для конфігурації адреси РСА9685 на лінії І²С передбачено 6 виводів; усі вони заземлені через резистори. Також вивід ОЕ, що є інверсним, та відповідає за увімкнення виводу сигналу на контакти мікросхеми, також заземлений. Таким чином, низький інверсний рівень відповідає дозволяючому сигналу на вивід даних. Поблизу мікросхеми доданий згладжуючий конденсатор на лінії живлення. Решта виводів (а саме 12 з 16) виведені на керування транзисторами.

Оскільки транзистори можуть споживати дещо великий струм при перемиканні, встановлені резистори, що захистять контролер від перевантаження.

Як відомо, у польових транзисторів затвор має певну електричну ємність, а тому залишається у відкритому стані тривалий час, якщо примусово його не закрити. При відтворенні ШІМ сигналу дуже важливо щоб транзистор якомога точніше слідував йому, оскільки від цього напрямку залежить точність відтворення кольору. Для примусового закривання транзистору встановлено резистор між затвором та стоком. Його номінал також впливає на швидкість перемикання, проте немає потреби точного розрахунку.

5.7 Подача живлення

Вхідне коло об'єднує всі перераховані раніше вузли.

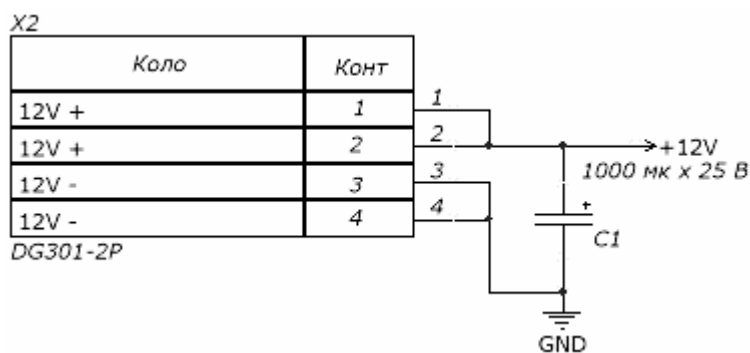


Рисунок 5.7 – Вхідний вузол живлення.

Для правильної роботи всіх компонентів безпосередньо біля них встановлені згладжуючі конденсатори, а вхідний вузол містить найбільшу ємність, що згладить більш значні стрибки напруги, спричинені роботою блоку живлення. У фінальній версії схеми було прийняте рішення відмовитись від за-

хисного діода, що унеможливить пошкодження від неправильного під'єднання блоку живлення. Це пояснюється великим струмом, що протікатиме під час роботи пристрою, та неодмінно спричинить значний нагрів та додаткові складності при розміщенні компонентів на ДП.

5.8 Висновки

Результатом даного розділу проектування є повна схема електрична принципова на пристрій для керування декоративним освітленням. Нижче наведена схема повністю.

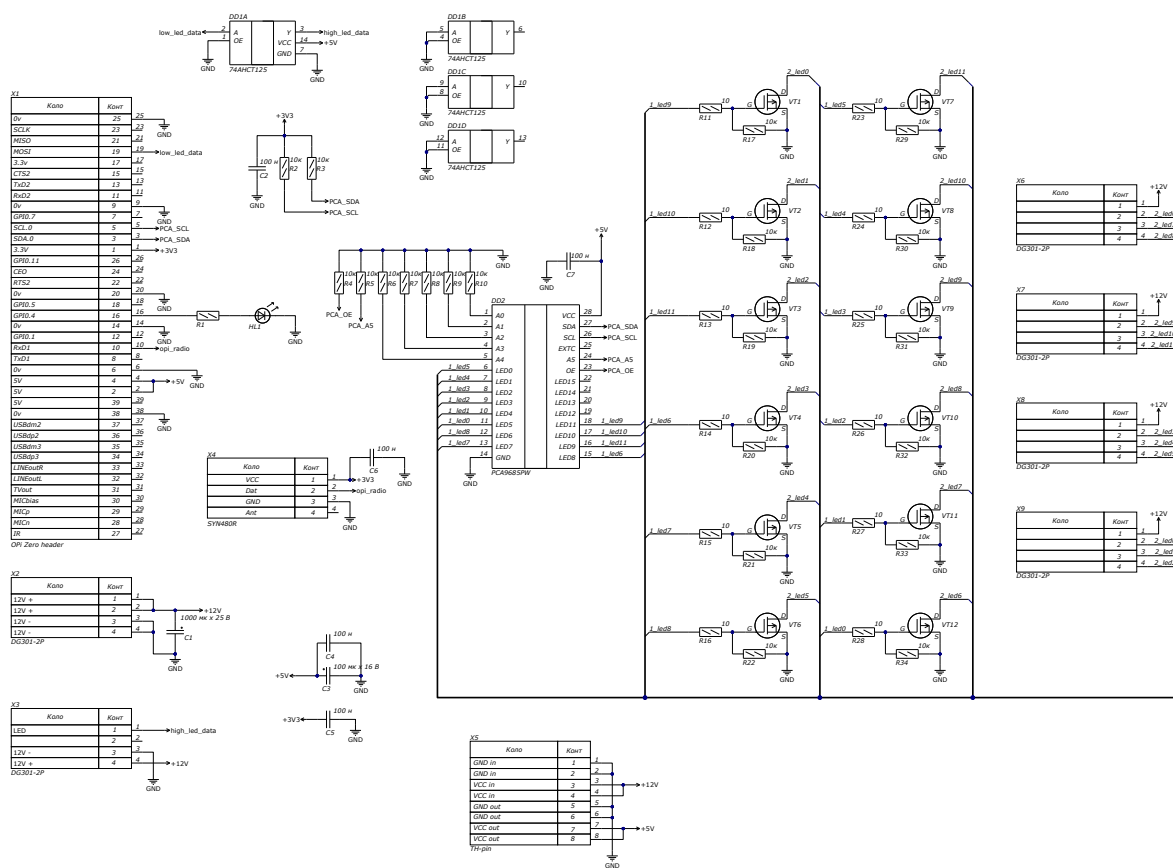


Рисунок 5.8 – Схема електрична принципова.

Входами та виходами за даною схемою визначаються:

- Роз'єм подачі живлення 5 – 12 В;
- Чотири роз'єми для підключення RGB стрічок;
- Роз'єм підключення адресованої стрічки;
- Роз'єм підключення до мережі інтернет;
- Роз'єм підключення накопичувачів/пристроїв.

6 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

Даний розділ містить проектування ДП (друкованої плати) та уточнення по збірці ЕМ (електронного модуля) для пристрою керування декоративним освітленням. У ході роботи була використана система автоматизованого проектування Altium Designer 20.

Оскільки в попередніх розділах була складена схема електрична принципова та описані ключові компоненти, у наступному розділі будуть наведені їх моделі, потрібні для коректного проектування ЕМ.

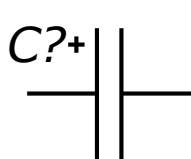
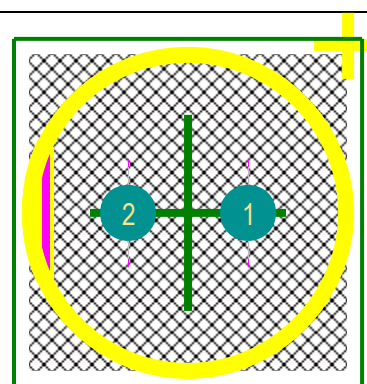

6.1 Електронні компоненти

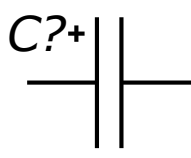
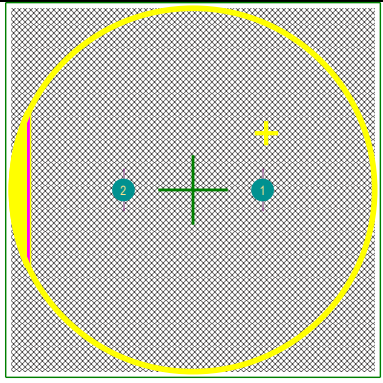

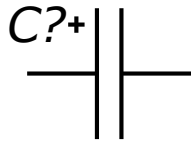
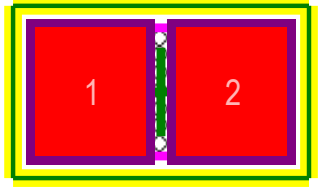
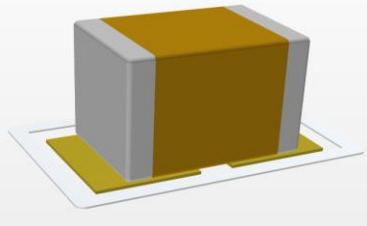
Для розробки та перевірки ДП зручно використовувати комп'ютерні моделі реальних компонентів, що містять наступну інформацію:

- Форму та розмір контактних плям з ДП;
- Розмір та розташування отворів або форму та розташування майданчиків;
- 3D модель компонента.

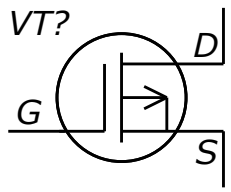
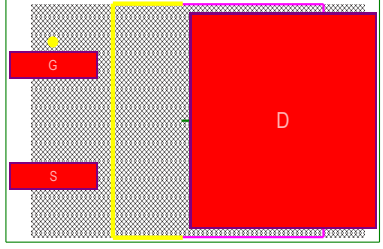
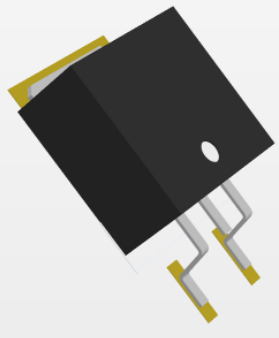
САПР Altium Designer є зручним інструментом для створення бібліотеки компонентів, що будуть використані у процесі розробки. Тому для кожного компонента були створені моделі. Їх перелік розглядається далі.

6.1.1 Конденсатори

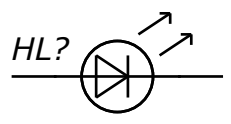
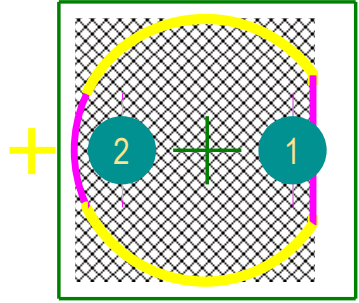

Сх. позначка	Footprint	3D
		

6.1.2 Транзистори

Сх. позначка	Footprint	3D
		

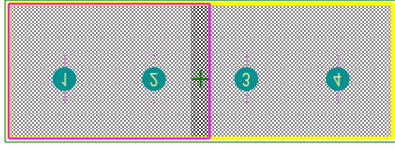

6.1.3 Світлодіодний індикатор

Сх. позначка	Footprint	3D
		

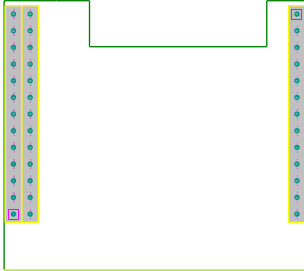
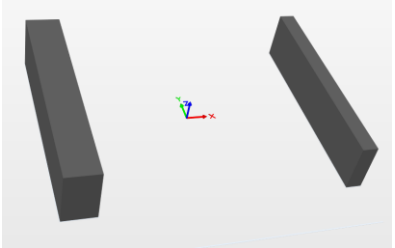
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PT81.468389.001 ПЗ

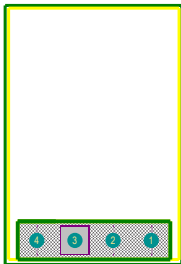
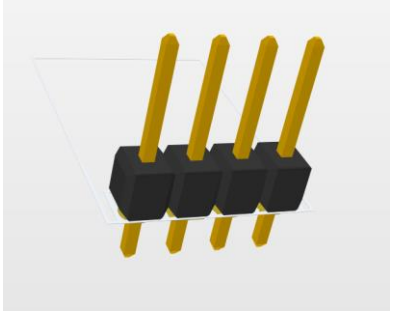
6.1.4 Гвинтові клемники

Сх. позначка	Footprint	3D										
<p>X? DG301-2P</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Коло</th> <th>Конт</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Коло	Конт		1		2		3		4		
Коло	Конт											
	1											
	2											
	3											
	4											

6.1.5 PBS гребінка для підключення Orange Pi Zero

Сх. позначка	Footprint	3D																																																																																
<p>X?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Коло</th> <th>Конт</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Dv</td><td>25</td></tr> <tr><td>SCLK</td><td>23</td></tr> <tr><td>MISO</td><td>21</td></tr> <tr><td>MOSI</td><td>19</td></tr> <tr><td>3.3v</td><td>17</td></tr> <tr><td>CTS2</td><td>15</td></tr> <tr><td>TxD2</td><td>13</td></tr> <tr><td>RxD2</td><td>11</td></tr> <tr><td>Dv</td><td>9</td></tr> <tr><td>GPIO_7</td><td>7</td></tr> <tr><td>SCL_0</td><td>5</td></tr> <tr><td>SDA_0</td><td>3</td></tr> <tr><td>3.3v</td><td>1</td></tr> <tr><td>GPIO_11</td><td>26</td></tr> <tr><td>CEO</td><td>24</td></tr> <tr><td>RTS2</td><td>22</td></tr> <tr><td>Dv</td><td>20</td></tr> <tr><td>GPIO_5</td><td>18</td></tr> <tr><td>GPIO_4</td><td>16</td></tr> <tr><td>Dv</td><td>14</td></tr> <tr><td>GPIO_1</td><td>12</td></tr> <tr><td>RxD1</td><td>10</td></tr> <tr><td>TxD1</td><td>8</td></tr> <tr><td>Dv</td><td>6</td></tr> <tr><td>5V</td><td>4</td></tr> <tr><td>5V</td><td>2</td></tr> <tr><td>5V</td><td>39</td></tr> <tr><td>Dv</td><td>38</td></tr> <tr><td>USBdm2</td><td>37</td></tr> <tr><td>USBd2</td><td>36</td></tr> <tr><td>USBdm3</td><td>35</td></tr> <tr><td>USBd3</td><td>34</td></tr> <tr><td>LINeouR</td><td>33</td></tr> <tr><td>LINeouL</td><td>32</td></tr> <tr><td>TVout</td><td>31</td></tr> <tr><td>MICbas</td><td>30</td></tr> <tr><td>MICp</td><td>29</td></tr> <tr><td>MICn</td><td>28</td></tr> <tr><td>TR</td><td>27</td></tr> </tbody> </table>	Коло	Конт	Dv	25	SCLK	23	MISO	21	MOSI	19	3.3v	17	CTS2	15	TxD2	13	RxD2	11	Dv	9	GPIO_7	7	SCL_0	5	SDA_0	3	3.3v	1	GPIO_11	26	CEO	24	RTS2	22	Dv	20	GPIO_5	18	GPIO_4	16	Dv	14	GPIO_1	12	RxD1	10	TxD1	8	Dv	6	5V	4	5V	2	5V	39	Dv	38	USBdm2	37	USBd2	36	USBdm3	35	USBd3	34	LINeouR	33	LINeouL	32	TVout	31	MICbas	30	MICp	29	MICn	28	TR	27		
Коло	Конт																																																																																	
Dv	25																																																																																	
SCLK	23																																																																																	
MISO	21																																																																																	
MOSI	19																																																																																	
3.3v	17																																																																																	
CTS2	15																																																																																	
TxD2	13																																																																																	
RxD2	11																																																																																	
Dv	9																																																																																	
GPIO_7	7																																																																																	
SCL_0	5																																																																																	
SDA_0	3																																																																																	
3.3v	1																																																																																	
GPIO_11	26																																																																																	
CEO	24																																																																																	
RTS2	22																																																																																	
Dv	20																																																																																	
GPIO_5	18																																																																																	
GPIO_4	16																																																																																	
Dv	14																																																																																	
GPIO_1	12																																																																																	
RxD1	10																																																																																	
TxD1	8																																																																																	
Dv	6																																																																																	
5V	4																																																																																	
5V	2																																																																																	
5V	39																																																																																	
Dv	38																																																																																	
USBdm2	37																																																																																	
USBd2	36																																																																																	
USBdm3	35																																																																																	
USBd3	34																																																																																	
LINeouR	33																																																																																	
LINeouL	32																																																																																	
TVout	31																																																																																	
MICbas	30																																																																																	
MICp	29																																																																																	
MICn	28																																																																																	
TR	27																																																																																	

6.1.6 PLS гребінка для підключення радіоприймача

Сх. позначка	Footprint	3D										
<p>X?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Коло</th> <th>Конт</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VCC</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Dat</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>GND</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ant</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Коло	Конт	VCC	1	Dat	2	GND	3	Ant	4		
Коло	Конт											
VCC	1											
Dat	2											
GND	3											
Ant	4											

ріалу або середовища. Це є відношення що описує, у скільки разів взаємодія між зарядами в однорідному середовищі менша, ніж у вакуумі.

Основою для друкованого модуля обрано матеріал FR-4. Його характеристики:

- Пробивна напруга паралельно шарам (при 90°C в трансформаторному маслі, 1мм завтовшки) ≥ 40 КВ;
- Діелектрична проникність (50 Гц): ≤ 5.5 ;
- Діелектрична проникність (1 МГц): ≤ 5.5 ;
- Щільність: 1.7 – 1.9 г/см³.

Для виготовлення провідників на такому матеріалі використовують покриття з мідної фольги. Покриття може бути одно- та двостороннім різної товщини. У описі виробу це зазначається наступним чином: FR-4 35/35 1,0мм, де FR-4 – назва матеріалу, 35/35 – товщина шару фольги у мікрометрах (якщо покриття одностороннє, то через дріб вказують нуль), 1,0 мм – товщина діелектричного шару. У даному виробі буде використаний саме такий матеріал для виготовлення друкованої плати електронного модуля.

6.3 Розрахунки

В цьому розділі будуть обчислені найважливіші параметри елементів друкованої плати.

6.3.1 Провідники

Оскільки пристрій містить силові лінії, тобто лінії що забезпечать передачу живлення від джерела до споживача, необхідно розрахувати їх параметри. Вхідними даними вважатимем товщину провідника $h_p = (35 \text{ мкм, як зазначено раніше})$, струм, що очікується на провіднику $I_{max_p} = (\text{попередньо } 5\text{А/гілка})$. Допустима щільність струму в провіднику $j_p = 20 \text{ А/мм}^2$. Розраховуємо ширину силової доріжки:

$$t_1 = \frac{I_{max_p}}{h_p \cdot j_p} = 7.143 \text{ мм}$$

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Для розрахунку ширини сигнальної доріжки скористаємось іншим правилом. Наразі важливо розрахувати мінімальну ширину, за якої втрата сигналу вздовж провідника складатиме не більше 3%. Вхідні дані: питомий опір провідників $\rho = 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, довжина провідника $l_S = 0.1 \text{ m}$, товщина фольги $l_S = 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$, прикладена напруга $U_{\text{supp}_S} = 3.3 \text{ v}$, максимальний струм $I_{\text{max}_S} = 0.02 \text{ A}$. Розрахуємо мінімальну ширину сигнальної доріжки:

$$t_2 = \frac{l_S \cdot I_{\text{max}_S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{\text{supp}_S} \cdot 0.03} = 0.01 \text{ mm}$$

6.3.2 Площа

Площа (та розміри) ДП обчислюються для того, щоб при розташуванні компонентів та трасуванні доріжок не з'явилась проблема нестачі місця. Оскільки маємо зазначені розміри пристрою у ТЗ, будемо відштовхуватись від них. Віднявши двічі товщину стінок та допуски для зручного встановлення плати у корпус, отримуємо розміри 100мм × 100мм. Підрахуємо, чи можливо розташувати всі компоненти на ДП такого розміру.

Для цього додамо площі всіх компонентів, з урахуванням коефіцієнтів. Їх використання зумовлено тим, що для трасування провідників поблизу компонентів з різною кількістю виводів потрібна різна площа ДП.

Таблиця 6.3.2

Компоненти	Площа	Коефіцієнт
DD1	62.4 см ²	1
DD2	75.85 см ²	1
X2, X3, X6-X9	116.116 см ²	1.5
HL1	17.185 см ²	1
R1-R34	6.923 см ²	1
VT1-VT12	192.85 см ²	1.5
OrangePi Zero	2064.058 см ²	2
SYN480R	196.041 см ²	1.5

MP1584	366.24 см ²	1.5
C1	174.239 см ²	1.5
C3	17.64 см ²	1
C2, C4-C7	7.92 см ²	1

$$S_{\text{ДП}} = \sum S_{\text{МГ}} + 1.5 \sum S_{\text{СГ}} + 2 \sum S_{\text{ВГ}} = 104.5 \text{ см}^2$$

де $S_{\text{МГ}}$, $S_{\text{СГ}}$, $S_{\text{ВГ}}$ – площі мало-, середньо- та великогабаритних електронних радіоелементів.

Отже, хоч площа ДП є меншою, ніж необхідно, проте не набагато, а тому цілком можливо виконати розташування всіх компонентів.

6.4 Трасування друкованої плати

З отриманого набору компонентів проектуємо друковану плату. У проекті Altium Designer створюємо об'єкт РСВ.









Minimum clearance		
Features	Capabilities	Patterns
Hole to hole clearance(Different nets)	0.5mm	
Via to Via clearance(Same nets)	0.254mm	
Pad to Pad clearance(Pad without hole, Different nets)	0.127mm	
Pad to Pad clearance(Pad with hole, Different nets)	0.5mm	
Via to Track	0.254mm	
PTH to Track	0.33mm	
NPTH to Track	0.254mm	
Pad to Track	0.2mm	

Рисунок 6.4.1 – Знімок екрану зі сторінки JLCPCB.

Спершу встановлюємо правила для середовища. Ця процедура необхідна для відповідності вимогам виробництва, на якому планується виготовлен-

ня даної друкованої плати. У нашому випадку – JLC PCB [12]. На сайті компанії можемо ознайомитись з повним переліком вимог, та, відповідно, внести їх до налаштувань проекту.

Наступним кроком необхідно задати властивості матеріалу, що буде використаний як основа. Як вже було зазначено, це склотекстоліт FR-4 35/35 завтовшки 1мм.

#	Name	Material	Type	Weight	Thickness
	Top Overlay		Overlay		
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm
1	Top Layer		Signal	1oz	0.03556mm
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric		0.95mm
2	Bottom Layer		Signal	1oz	0.03556mm
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm
	Bottom Overlay		Overlay		

Рисунок 6.4.2 – Налаштування матеріалу в проекті.

Всі компоненти додаються до робочого простору автоматично. Надалі необхідно зазначити класи провідників (сигнальні та силові) та встановити для них відповідні розміри. Це налаштування виконується за допомогою меню “Netlist manager”, що має наступний вигляд:

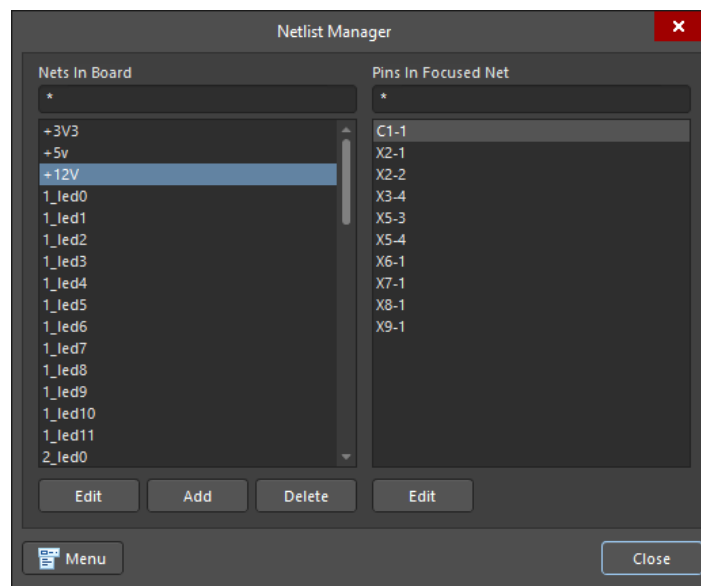


Рисунок 6.4.3 – Netlist Manager.

Тепер, коли виконані всі необхідні налаштування, можемо розташувати компоненти на площі ДП та виконати з'єднання виводів ЕРЕ.

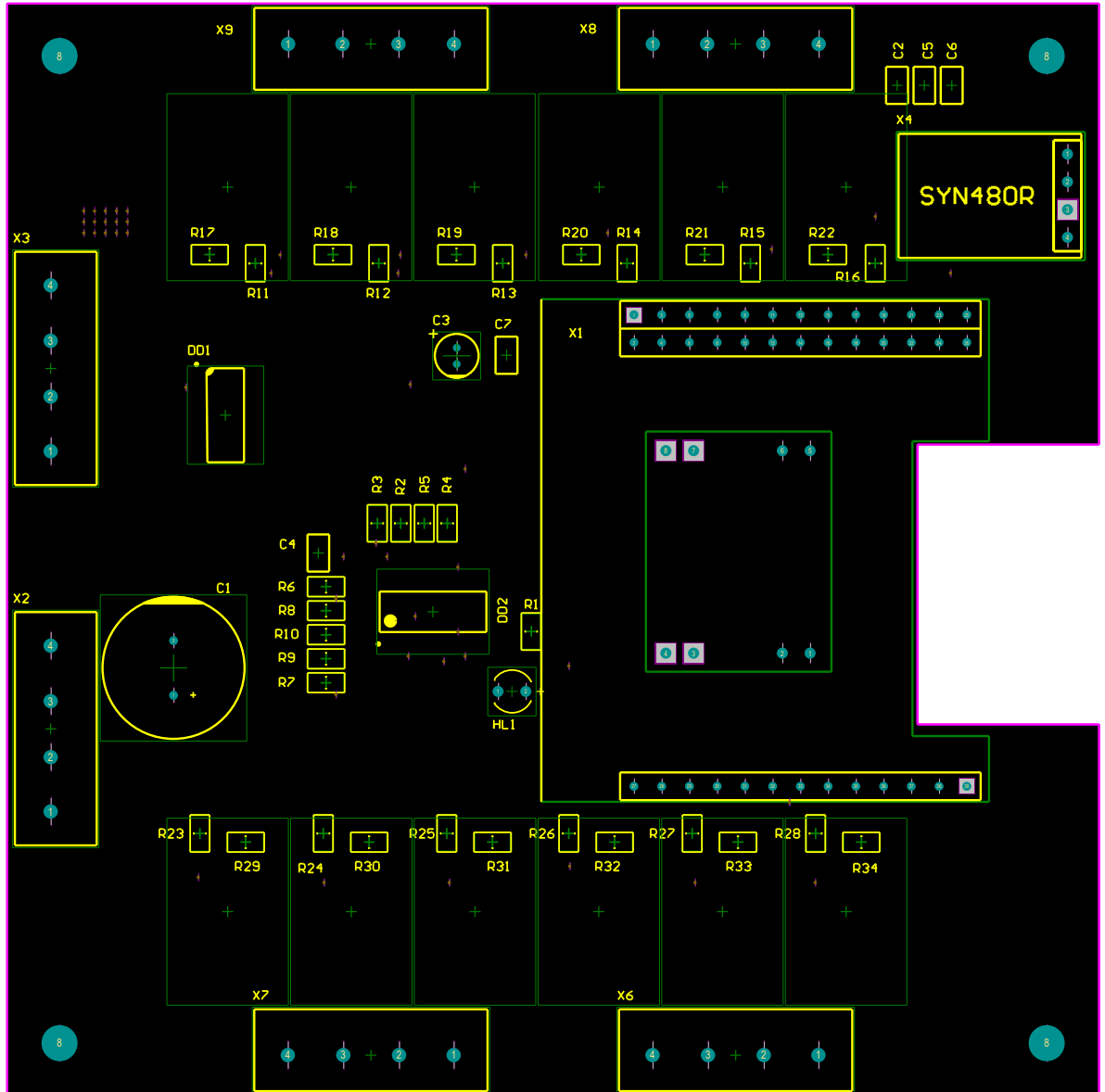


Рисунок 6.4.4 – Розташування ЕРЕ на ДП.

На рис. 6.4.4 зображено розташування компонентів, виділені жовтим кольором розміщені на верхній частині, зеленим – на нижній.

Розмістимо провідники.

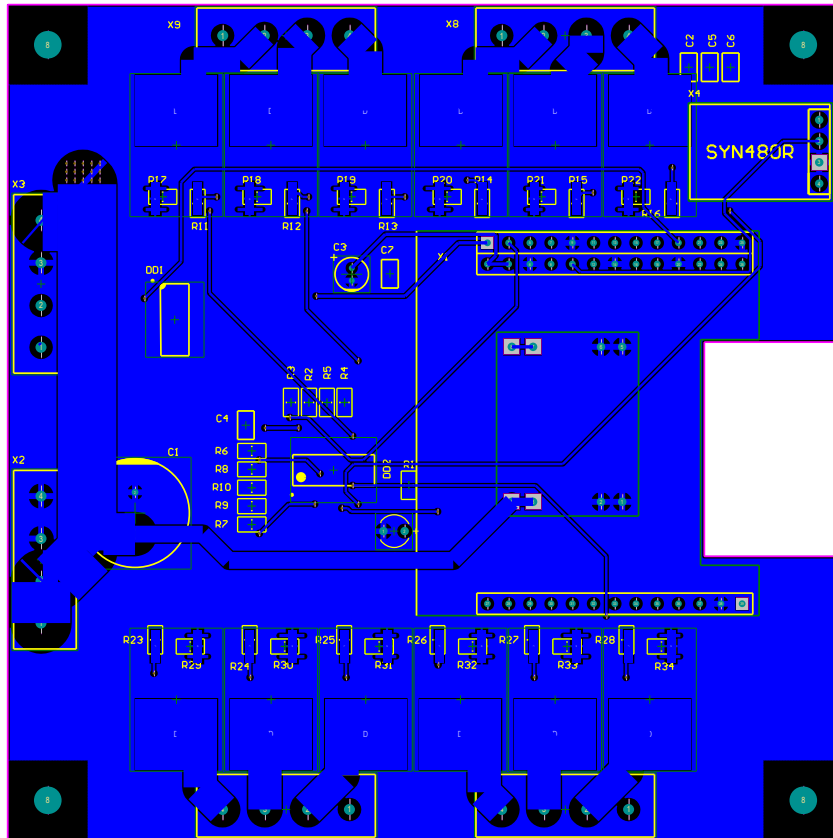


Рисунок 6.4.5 – Провідники та полігони нижнього шару ДП.

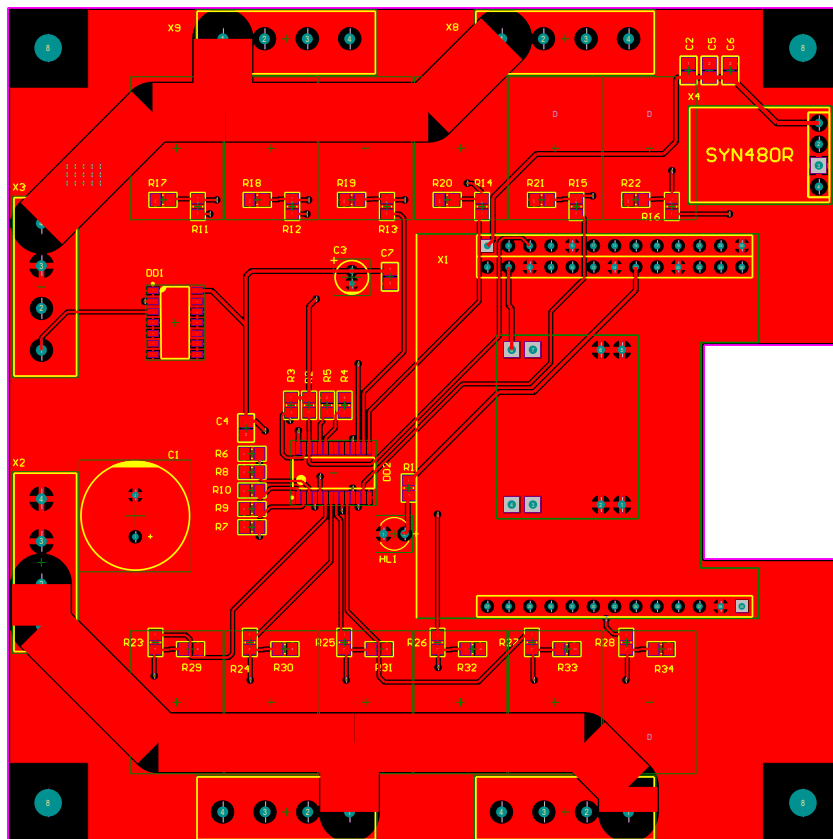


Рисунок 6.4.6 – Провідники та полігони верхнього шару ДП.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PT81.468389.001 ПЗ

Лист
40

В кутах ДП передбачуються отвори для кріплення в корпус. Діаметр обраний 3мм, «безпечна зона» навколо яких утворює квадрат зі стороною, що дорівнює трьом діаметрам отвору. Така зона передбачується у пристроях, де не потрібний контакт ДП з корпусом. Об'єктивної необхідності в даному випадку немає, проте якщо буде вирішено встановити розроблений ЕМ в інший корпус, може виникнути така потреба.

Полігональна заливка ДП здійснюється з погляду економії при травленні. Що менше міді потрібно розчинити – тим більшим буде ресурс розчину, а отже більше ДП можна виготовити з застосуванням однієї кількості розчину.

6.5 Технологія виготовлення

Розроблена друкована плата відповідає четвертому класу точності. Це означає, що мінімальна ширина друкованого провідника складає менш ніж 0.25мм. Таким чином, необхідно обрати технологію виготовлення, що поєднуватиме мінімальну вартість та необхідну точність.



Рисунок 6.5 – Обладнання виробництва JLCPCB для LDI експонування.

На виробництві JLCPCB виготовлення друкованих плат проводиться за технологією LDI – Laser Direct Image. Ця технологія використовує фоторезист для нанесення рисунку на фольгу, проте на відміну від класичного методу з плівковим трафаретом, використовується лазер. Це дозволяє прискорити

процес експонування фоторезисту та зменшити викиди матеріалів, а саме відсутність відпрацьованих трафаретів.

За допомогою цієї технології досягається точність в 20мкм, що гарантує неперевершену якість відтворення спроектованої ДП, та як наслідок, правильну та надійну роботу пристрою (не враховуючи факторів, що вносять ЕРЕ).

6.6 Монтаж ЕРЕ

Для завершення електронного модуля пристрою потрібно закріпити, тобто вмонтувати електронні компоненти на друковану плату.

Для закріплення компонентів застосовується припій або припійна паста. На виробництві даний процес автоматизується за допомогою використання роботизованих систем та ліній. Щоб закріпити компоненти з поверхневим монтажем, використовується паста, що наноситься за допомогою, або за допомогою роботизованого диспенсера.

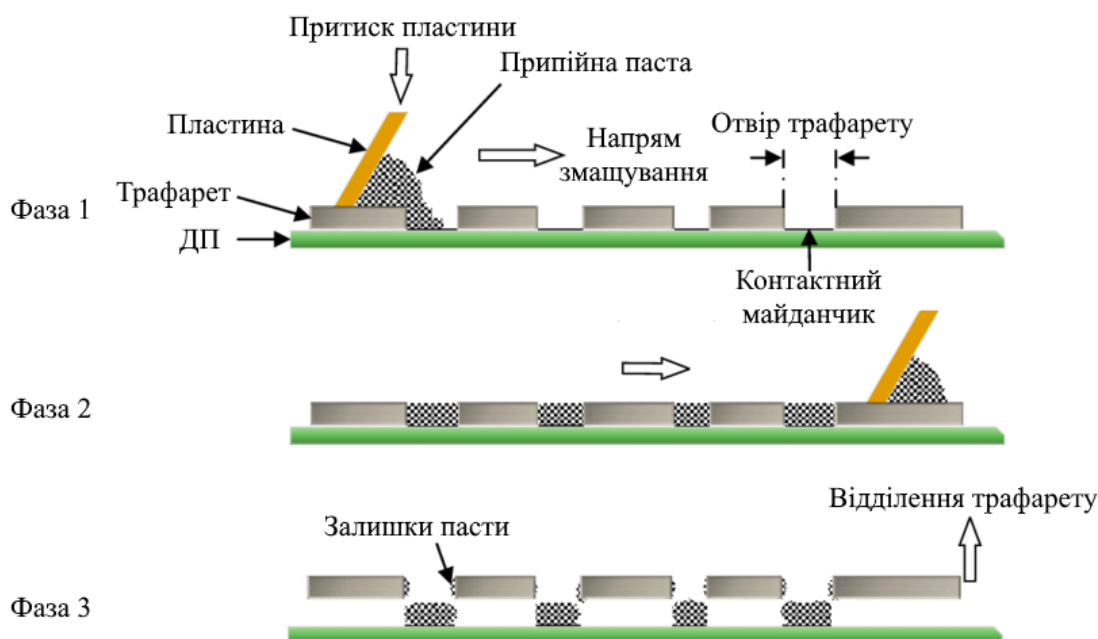


Рисунок 6.6.1 – Процедура нанесення припійної пасти на ДП.

Після нанесення пасти, на ДП встановлюються компоненти згідно креслеників. Наступним кроком є плавлення у печі. Температура та вологість повітря у промислових печах строго контролюються, а лінія налаштована таким чином, щоб не перегріти та не пошкодити компоненти та, власне, ДП.

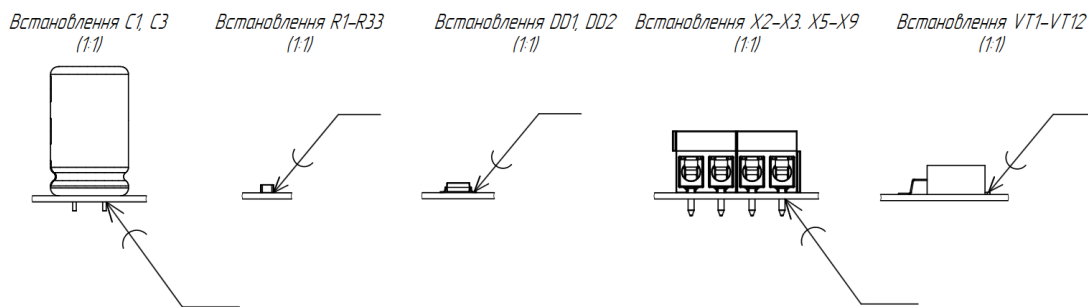


Рисунок 6.6.2 – Вказівки зі встановлення компонентів.

6.7 Висновки

В результаті отримуємо ЕМ – електронний модуль, тобто збірку, готову до встановлення в корпус. Він містить всі компоненти, що зазначені на схемі електричній принциповій. На поточному етапі для початку виконання своєї функції пристрою не потрібен корпус – модуль повністю завершений. Проте його функціонал повністю залежить від програми, виконання якої покладено на головний контролер – OrangePi zero.

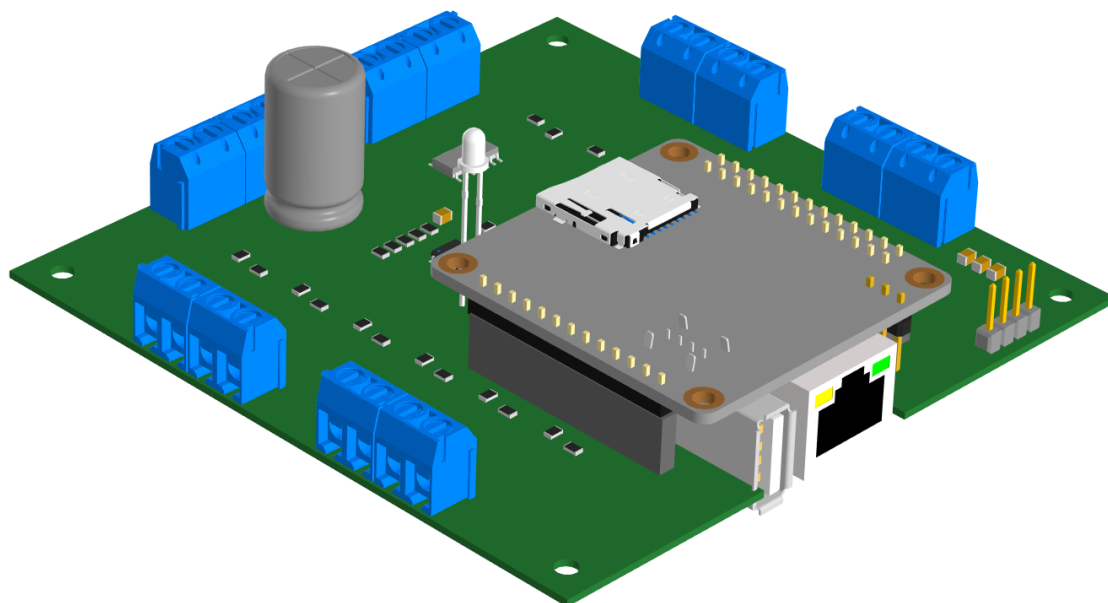


Рисунок 6.7 – Модель електронного модуля в зборі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PT81.468389.001 ПЗ

Лист

43

7 КОРПУС

У даному розділі буде описаний корпус для пристрою керування освітленням. Як і у аналогів, він виконує функцію кріплення, оформлення та захисту електронних компонентів. Для розробки використовується САПР Компас 3D. Ця програма дозволяє створювати кресленики та об'ємні моделі, з можливістю перетворювати одне в інше. Також є можливість створювати збірки, що актуально у даному проекті.

Згідно з технічним завданням, до корпусу пристрою є певні вимоги та вказівки. А саме:

- Габаритні розміри;
- Обробка ребер;
- Колір частин;
- Тип конструкції;
- Елементи на корпусі;
- Тип кріплення.

Враховуючи їх, розробимо об'ємну модель. За основу взятий кресленик електронного модуля та його об'ємна модель. Таким чином, всі розміщені елементи на ДП чітко співпадатимуть з елементами корпусу.

7.1 Нижня частина

Згідно з технічним завданням, колір деталі – брунатний. Електронний модуль монтується між нижньою та верхньою частиною корпусу. Для цього передбачені циліндричні виступи над площиною. Їх висота така, щоб при встановленні ЕМ компоненти не прилягали до корпусу. Таким чином залишається простір для розміщення термопрокладки. Це потрібно для розсіювання тепла, що може виділятися на активних елементах (транзисторах).

Для кріплення корпусу до інших поверхонь розміщені виступи на зовнішній стороні пристрою. Лінія стику з корпусом була згладжена, це покращує вигляд та запобігає накопиченню пилу.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						44
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

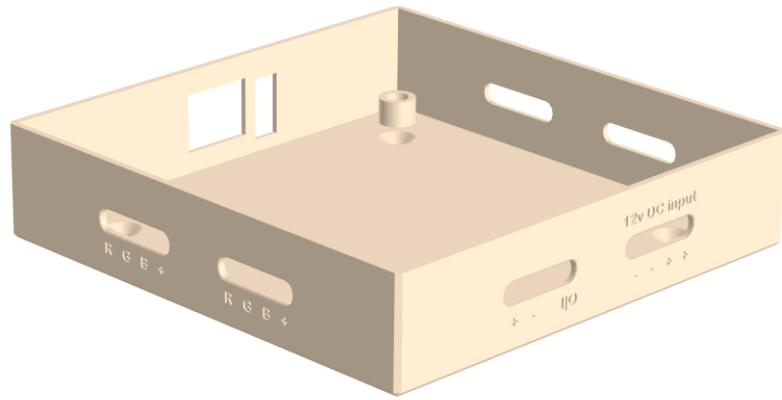


Рисунок 7.1.1 – Нижня частина корпусу пристрою.

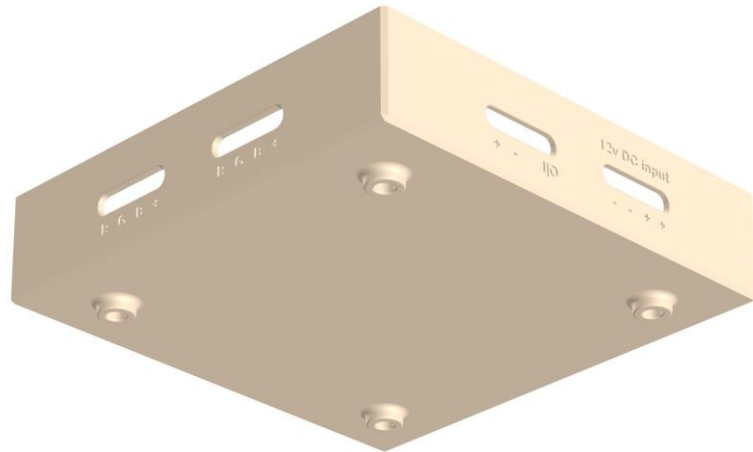


Рисунок 7.1.2 – Виступи для кріплення пристрою.

Прямокутні отвори для під'єднання дротів у клемники закруглені. Навколо них нанесені написи, що пояснюють призначення кожної клеми. Отвори для роз'єму Ethernet та USB не закруглювались, оскільки це б унеможливило під'єднання відповідних штекерів. Ребра було вирішено оформити у вигляді зрізу. Також цей тип оформлення називають фаскою, або грануванням. Він створює додаткову площину для відбивання світла, що загалом приємніше виглядає на випадок неприхованого встановлення.

7.2 Верхня частина

У ТЗ вказаний колір – коричневий. Для кріплення до нижньої частини додано чотири циліндричних виступи, що при складанні прилягають до ЕМ. Таким чином ЕМ затискається між двох частин корпусу.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

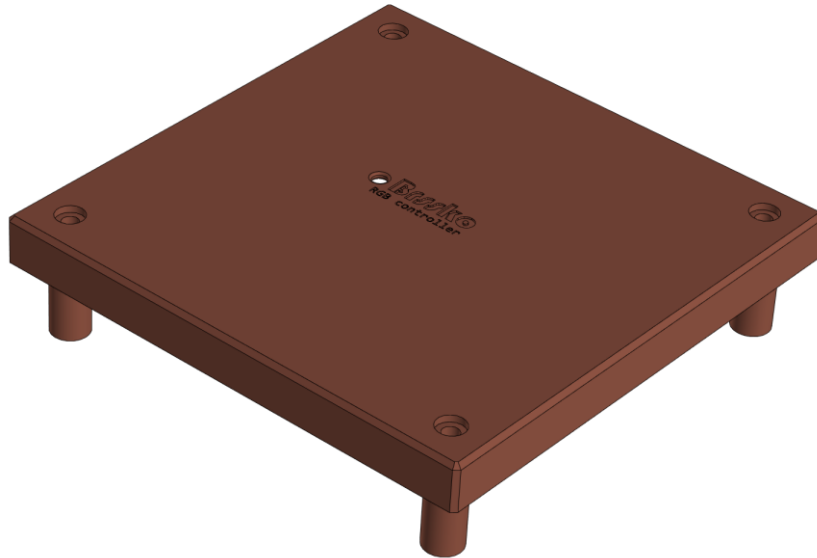


Рисунок 7.2.1 – Верхня частина корпусу (кришка).

На зовнішній поверхні наявний рельєфний логотип виробника та отвір для індикатора стану роботи пристрою. Як і нижня частина, верхня має обробку ребер у вигляді зрізу.

7.3 Кріплення

За вимогами уніфікації пристрою, для кріплення корпусу та ЕМ використовуються гвинти з метричною різьбою та хрестоподібним шліцом. Обраний гвинт М3×30. У нижню частину корпусу передбачено запресувати втулку з внутрішньою різьбою М3. Верхня частина корпусу містить заглиблення, яке дозволяє приховати шляпку гвинта.

Ном. діаметр різьби d	Шаг різьби P		D	k	R_1	Длина різьби b	
	крупний	мелкий				нормальна	удлиненная
...2,0	0,4	–	3,8	1,4	2,0	10	16
2,5	0,45	–	4,5	1,7	2,4	11	18
3,0	0,5	–	5,5	2,1	2,9	12	19
3,5	0,6	–	6,0	2,4	3,1	13	20
4	0,7	–	7,0	2,8	3,6	14	22
5	0,8	–	8,5	3,5	4,4	16	25
6	1,0	–	10,0	4,2	5,1	18	28
8	1,25	1,0	13,0	5,6	6,6	22	34
10	1,5	1,25	16,0	7,0	8,1	26	40
12	1,75	1,25	18,0	8,0	9,1	30	46
14	2,0	1,5	21,0	9,5	10,6	34	52
16	2,0	1,5	24,0	11,0	12,1	38	58
18	2,5	1,5	27,0	12,0	13,6	42	64
20	2,5	1,5	30,0	14,0	15,1	46	70

Рисунок 7.3.1 – Параметри різьби.



Рисунок 7.3.2 – Втулка з внутрішньою різьбою.



Рисунок 7.3.3 – Модель гвинта М3×30.

7.4 Збірка

Насамперед, встановлюються чотири втулки у відповідні заглиблення методом пресування. Це дозволить надійно вкрутити гвинт та попередити руйнування матеріалу корпусу при багаторазовому зборі/розборі.

У випадку, якщо планується жорстка фіксація пристрою на будь-якій поверхні, спершу потрібно вмонтувати нижню частину корпусу за допомогою двох або чотирьох гвинтів або шурупів. Далі встановлюється електронний модуль та підводяться дроти, відповідно до позначок на бічних гранях нижньої частини.

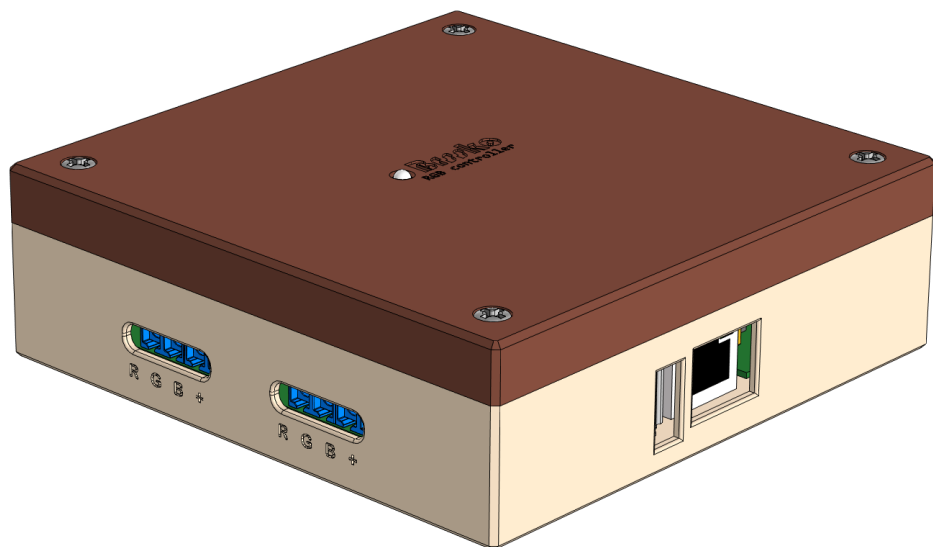


Рисунок 7.4.1 – Збірка пристрою керування освітленням.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

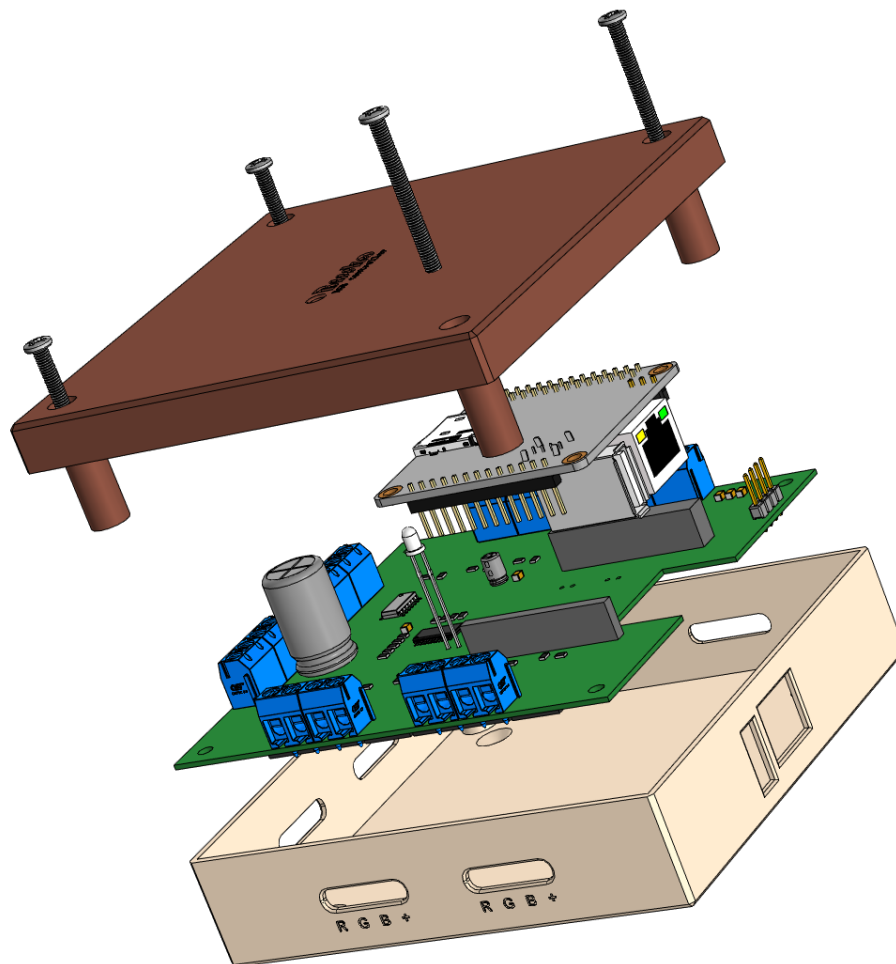


Рисунок 7.4.2 – Складові пристрою.

Після фіксації дротів та під'єднання роз'ємів, встановлюється верхня частина. За допомогою чотирьох гвинтів скріплюються дві частини корпусу, фіксуючи між собою плату з компонентами. На рис. 7.4.1 та 7.4.2 зображено збірку та всі її складові.

7.5 Матеріал

Зазвичай для виготовлення подібних пристроїв використовується «пластик». Проте це не єдиний матеріал, а великий асортимент різних сумішей, що відрізняються структурою, надійністю та іншими характеристиками.

7.5.1 Поліметилметакрилат (PMMA)

Поліметилметакрилат – найбільш часто використовується для виготовлення подібних виробів. Цей матеріал має гарні властивості для відливання,

високі показники жорсткості та твердості, помірною стабільністю і стійкий до появи царапин. Недоліком даного матеріалу є крихкість.

Щільність такого пластику складає від 1,14 – 1,19 г/см³. Діапазон температури використання лежить в межах від -75 до 90 градусів за Цельсієм. Також, він стійкий до УФ випромінювання та є недорогим матеріалом.



Рисунок 7.5 – деталі, виготовлені з РММА (поліметилметакрилату).

7.6 Висновки

У результаті даного етапу було завершено формування апаратної частини продукту. Отримано виріб, що відповідає технічному завданню, а саме: має розміри 107x107x38, нижня частина брунатного кольору, а верхня – коричневого, що збираються за допомогою чотирьох стандартизованих гвинтів. По периметру наявні 6 вікон для під'єднання живлення та світлодіодних стрічок, а також Ethernet порт та USB. На верхній кришці містяться логотип виробника та індикатор стану роботи пристрою Живлення здійснюється від зовнішнього блоку живлення постійної напруги від 5 до 12 вольт. Споживання власне пристрою без навантаження може досягати 2А в імпульсі.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8.3 Бібліотеки

Складні операції найчастіше оформлюють у вигляді функцій, щоб у тексті програми вони займали якомога менше місця та не ускладнювали візуальне сприйняття. Якщо ж для роботи функції потрібні ще й змінні, які не потрібні для решти програми, такі змінні об'єднують з функціями у клас. Якщо ж для роботи цього класу потрібні інші зовнішні компоненти – їх виділяють у бібліотеку – збірки об'єктів, підпрограм та сирцевого коду, що забезпечують вирішення близьких за тематикою завдань.

У даному проекті для реалізації функціоналу застосовуються наступні бібліотеки:

- Threading – забезпечує розділення програми на потоки;
- Spidev – спрощує доступ до інтерфейсу SPI, зокрема до буферу даних на відправку (MOSI);
- Ws2812 – користувацька бібліотека для обробки даних перед відправкою на адресовану стрічку;
- Socket – забезпечує передачу даних між сервером та клієнтом;
- Smbus – доступ до інтерфейсу I²C;
- PCA9685 – користувацька бібліотека для обробки даних перед відправкою на ШІМ контроллер;
- Telebot – бібліотека для створення Telegram чат-бота.

Socket у даному проекті використовується не між віддаленими сервером та клієнтом, а між програмами на єдиному пристрої. Потреба використання такого зв'язку спричинена несумісністю бібліотек для роботи з апаратною частиною системи із новішою версією Python. Тому програма поділена на дві частини: робота з мережею та робота з апаратною периферією.

8.4 Алгоритм

Завдання програми – отримувати дані від користувача та змінювати поведінку залежно від обраного режиму. Оскільки буде запущено дві програми,

то і алгоритмів роботи буде два. Розглянемо алгоритм роботи програми для взаємодії з користувачем на рис. 8.4.1.

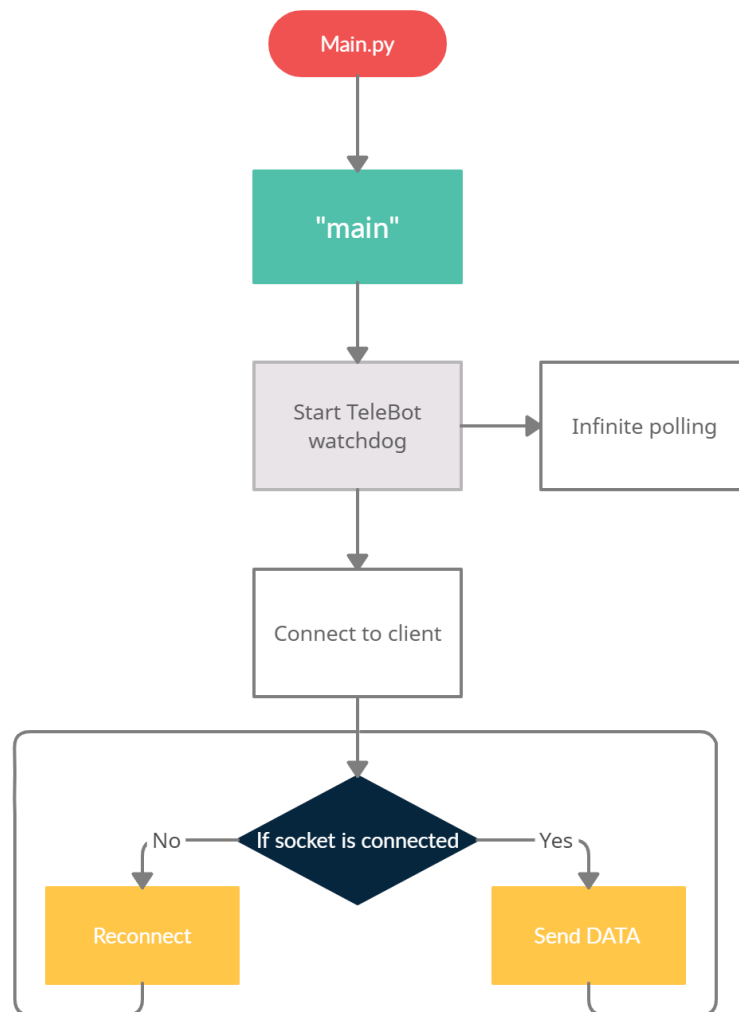


Рисунок 8.4.1 – Алгоритм роботи файлу main.py.

Щодо програми для керування периферією – її алгоритм ідентичний, за винятком іншої ролі при підключенні та інших функцій усередині. Зображено на рис. 8.4.2:

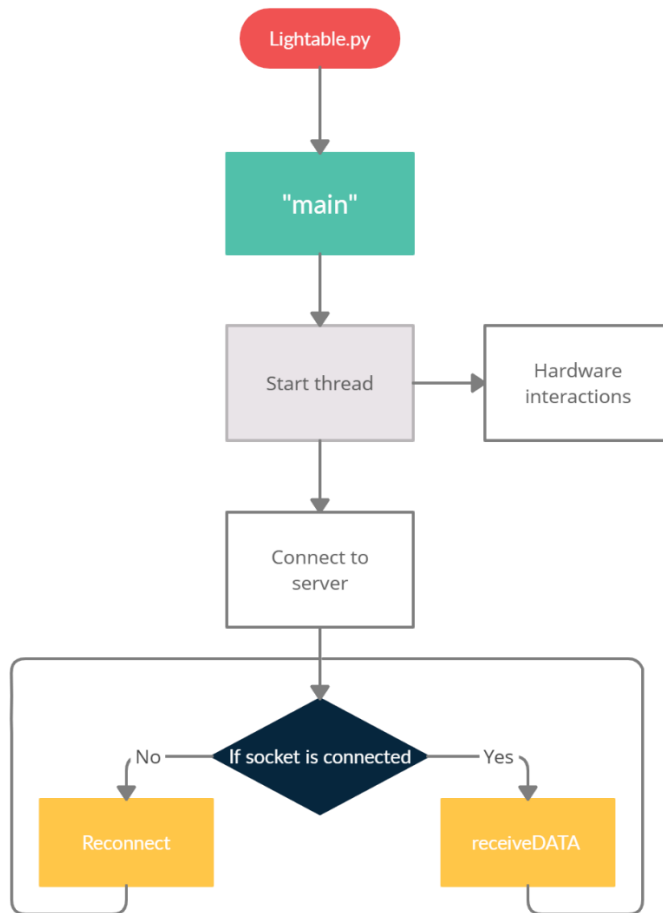


Рисунок 8.4.2 – Алгоритм програми lightable.py.

8.5 Дані

У роботі пристрою передбачене відтворення анімацій за допомогою світлодіодних стрічок. Окрім апаратної можливості їх відтворювати, реалізується також і програма, що їх відтворює.

Проте матеріал для відтворення може бути як заздалегідь внесений у програму, так і виділений у окремий файл. З погляду на персоналізацію, було вирішено винести файл анімацій. Він містить об'єкт програми Python з масивами даних. Таке рішення практично нічим не відрізняється від звичайного текстового файлу, проте значно спрощує алгоритм зчитування та обробку даних. Генерацією таких файлів може займатись як користувач, так і програма. Файл необхідно розміщувати в спеціальній директорії, що може бути зроблено через термінал, або за допомогою віддаленого підключення як до FTP сервера.

9 РЕАЛІЗАЦІЯ

На основі даного проекту було створено прототип та розміщено у навчальному корпусі радіотехнічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського.

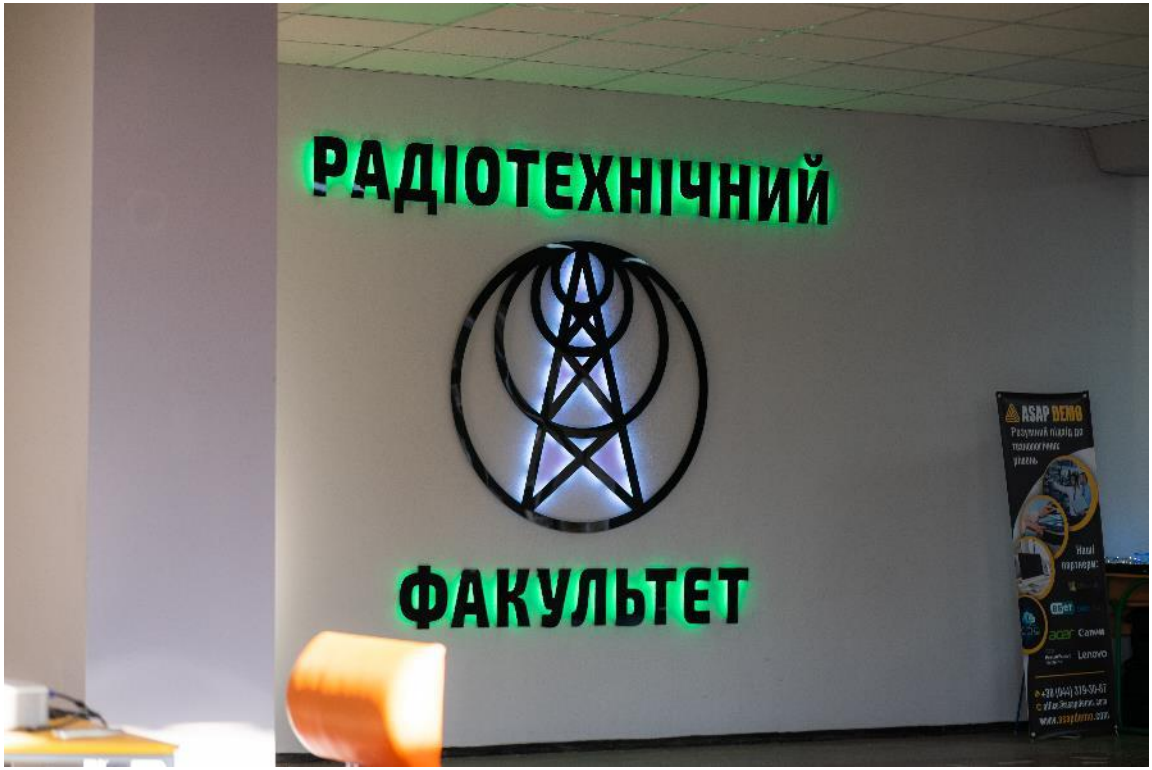


Рисунок 9 – Робота прототипу пристрою керування декоративним освітленням.

					PT81.468389.001 ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Був спроектований пристрій, що є універсальним рішенням для керування декоративним освітленням. У ході розробки був використаний програмний продукт Altium Designer. Розроблена документація відповідає нормам ЕСКД та ГОСТ.

За результатом аналізу вимог у ТЗ та габаритів обраних компонентів, було вирішено виконати ДП із двостороннім монтажем. Щоб забезпечити необхідні електричні параметри був використаний матеріал на основі FR4 та двостороннього мідного покриття завтовшки 35мкм. Метод виконання ДП – комбінований негативний. Елементи поверхневого монтажу кріпляться за допомогою паяльної пасти, що наноситься за допомогою трафарету. Монтаж наскрізних елементів виконується безсвинцевим припоєм, точково.

Корпус пристрою виконаний з поліметилметакрилату методом пресування. Вказаний матеріал є стійким до впливу температури та має стійкість до царапин, а тому зберігатиме товарний вигляд тривалий час. Кріплення здійснюється чотирма гвинтами, що з'єднують дві частини корпусу, затискаючи між собою ДП. Для фіксації використані втулки із внутрішньою різьбою М3 та насічками для кріплення у пластмасовій основі. Обрані замовником кольори були поділені між двома частинами корпусу і є гарним поєднанням для подібного пристрою. Логотип та позначки було вирішено виконати у вигляді заглиблення, таким чином виготовлення не вимагає додаткових процедур, а лише елементів на прес-формі. Зазначений серійний номер також може бути відтиснений у будь-якому місці нижньої частини корпусу.

В результаті був отриманий пристрій зі зручним набором підключень, можливістю керуватись локальними та дистанційними засобами та мінімалістичним дизайном, що задовільняє потреби та естетичну функцію. Його розміри складають 107x107x38мм.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						55
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. WI-Fi SP108E DC5-24V Gen.2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ledtechnics.dp.ua/p1307896500-spi-smart-kontroller.html>.
2. BEILAI DC 12-24V 6A/CH 3Channel RGB RF Controller [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aliexpress.ru/item/4000377732856.html>.
3. JOYINLED LED WIFI RGB 24Key [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aliexpress.ru/item/32902851593.html>.
4. Протокол I2C [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>.
5. SPI - Serial Peripheral Interface [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface.
6. Orange Pi Zero LTS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.orangepi.org/html/hardWare/computerAndMicrocontrollers/details/Orange-Pi-Zero-LTS.html>.
7. MP1584 datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.monolithicpower.com/en/documentview/productdocument/index/version/2/document_type/Datasheet/lang/en/sku/MP1584EN-LF-Z/document_id/204.
8. 74АНСТ125 datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/74АНСТ125.pdf>.
9. PCA9685 datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/PCA9685.pdf>.
10. IRF3205SPbF datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRF3205S-DataSheet-v01_01-EN.pdf?fileId=5546d462533600a4015355defac9190c.
11. SYN480R datasheet [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.jmrth.com/download.asp?n=470R.pdf>.

12. JlcPcb домашня сторінка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://jlcpcb.com/>.

13. Бруско А.В. Інтерактивний логотип // РАДІОЕЛЕКТРОНІКА В ХХІ СТОЛІТТІ - Радіотехнічний факультет КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 2021. – С. 19–20.

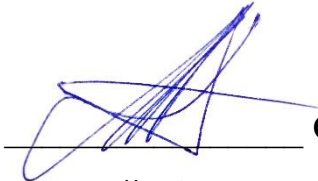
14. Brusko A.V. Interactive logo // Flight. Modern problems of science: abstracts of the XXI International scientific-practical conference of applicants for higher education and young scientists. - National Aviation University. - Kyiv, 2021. - P. 37-38.

					<i>PT81.468389.001 ПЗ</i>	Лист
						57
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А

ПОГОДЖЕНО

Науковий керівник



О. Ю. Мирончук

старший викладач

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

на тему «Розробка пристрою керування декоративним освітленням»

1 Назва і підстава для виконання

Назва дипломного проекту «Розробка пристрою керування декоративним освітленням»

2 Виконавці

Керівник дипломного проекту – ст. в. Мирончук Олександр Юрійович.

Виконавець – студент групи РТ-81 Бруско Андрій Вадимович.

3 Мета виконання ДКР і призначення продукції

Метою дипломного проекту є розробка пристрою, придатного для використання та оформлення необхідної конструкторської документації.

Функціонал контроллера полягає у керуванні декоративним освітленням за допомогою пульта дистанційного керування та/або будь-якого пристрою з доступом до мережі інтернет.

4 Технічні вимоги

4.1 Призначення

Напруга живлення: 5-12 В (4.5...12.5 В) постійного струму;

Керування: виключно дистанційне;

Без особливих вимог стійкості до зовнішніх впливів і чинників;

Кліматичні вимоги УХЛ4 згідно ГОСТ 15150–69;

Захист від механічних впливів С1 згідно ГОСТ 16019–2001.

4.2 Надійності

Середній термін служби необмежений, не менше 2-ох років;

Безвідмовність роботи щонайменше 20 годин на добу.

4.3 Конструкції

Прилад повинен мати форму боксу зі скругленнями ребер;

Складатись із електронного модуля та двох частин кожуху, що скріплюються 4-ма гвинтами зі сторони верхньої панелі;

Габаритні параметри, Ш×Д×В, мм: 110×110×40 (в процесі розробки може уточнюватись);

Прилад повинен мати 4 виступи висотою 3мм з отворами для кріплення на нижній панелі;

Прилад повинен мати прямокутні отвори на бічних панелях для підключення: 6 отворів для підключення дротів до гвинтових клемників (групи по 4 клеми), вмонтованих на електронний модуль; 1 отвір для підключення до роз'ємів USB type A та RJ45, що розташовані поруч;

На верхній панелі встановити світлодіодний індикатор, що сигналізуватиме про стан пристрою.

4.4 Уніфікації і стандартизації

Використовувати компоненти з наскрізним типом монтажу для роз'ємів, з якими передбачена взаємодія;

Використовувати гвинти з метричною різьбою, довжиною та діаметром; з хрестоподібним шліцом;

4.5 Дизайну, ергономіки та технічної естетики

Колір корпусу комбінований, нижня частина світло-брунатного кольору (#DBC7AF), верхня частина світло-коричневого кольору (#6F4134), покриття матове;

Скруглення ребер з радіусом 1.5мм, або фаска 1×45°;

Індикатор на верхній панелі білого кольору, матовий.

4.6 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Доступ до клемників повинен бути обмеженим, та наявним лише за умови від'єднаної верхньої частини корпусу.

Технічне обслуговування проводити у разі несправності;

Ремонт здійснювати у спеціалізованому сервісному центрі.

4.7 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки;

Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.

4.8 Транспортування і зберігання

Зберігати у закритому сухому приміщенні, за умовами 2-С згідно ГОСТ 15150-69;

Транспортувати у закритому контейнері, захищеному від проникання природніх опадів.

4.9 Якості і технічного рівня

Пристрій розроблений за стандартами ISO.

5 Вимоги до сировини, матеріалів і ПКВ

Матеріал корпусу пластик (обрати оптимальний);

Використання безсвинцевого припою для електронного модуля.

6 Вимоги до консервації, пакування і маркування

Маркування: рельєфний логотип на верхній панелі пристрою з покриттям, ідентичним з рештою корпусу; рельєфний штамп серійного номеру на нижній частині корпусу.

Пакування: прилад упакувати у поліетиленовий пакет, та помістити у паперову форму всередині картонного боксу.

Консервація: не передбачено.

Виконавець

Керівник



ДОДАТОК Б

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<i>Конденсатори</i>		
C1	1000мкФ 25В	1	
C2	100нФ 50В smd 0806	1	
C3	100мкФ 16В	1	
C4-C7	100нФ 50В	4	
	<i>Резистори</i>		
R1	1кОм, smd 0805	1	
R2-R10	10кОм, smd 0805	9	
R11-R16	100м, smd 0805	6	
R17-R22	10кОм, smd 0805	6	
R23-R28	100м, smd 0805	6	
R29-R33	10кОм, smd 0805	6	
	<i>Роз'єми</i>		
X1	10 PBS – pin header F – 2.54mm	39	
X2, X3	DG301 – 2pin – 5.0	4	
X4	PLS – pin header M – 2.54mm	4	
X5	PLS – pin header M – 2.54mm	8	
X5-X9	DG301 – 2pin – 5.0	8	
HL1	Світлодіод 2.9В білий прозорий круглий 3мм	1	
			PT81.468389.001 ПЕ
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>
<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	Бруско АВ		
<i>Перевір</i>	Миранчук О		
<i>Реценз</i>			
<i>Н.Контр</i>	Піддубний В.О.		
<i>Затверд</i>			
			<i>Пристрій керування декоративним освітленням</i>
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
		1	2
		<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського, РТФ</i>	

