

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньою-професійною програмою «Інтелектуальні технології мікро-
системної радіоелектронної техніки»**

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

на тему: «Розумні фіранки для Smart Home»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РІ-81

Гелетко Олександра Ярославівна

Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Керівник:

Доц. к.т.н. Адаменко Юлія Федорівна

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



підпис

Рецен-
зент:

Ст.вик. каф. РТС Турєєва Ольга Василівна

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



підпис

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

Студент (-ка)



Київ – 2022 року

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра прикладної радіоелектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Михайло СТЕПАНОВ

« ___ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Гелетко Олександрі Ярославівні

1. Тема проєкту «Розумні фіранки для Smart Home», керівник проєкту Адаменко Юлія Федорівна, доцент, к.т.н. затверджені наказом по університету від « ___ » _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту Пристрій працює від змінної напруги в діапазоні від 200 до 240 В, працює з чотирифазними кроковими двигунами з напругою живлення 12 В, працює з фіранками, що мають можливість встановлення моторизованого обладнання
4. Зміст пояснювальної записки Вступ; Огляд існуючих рішень, Розробка та аналіз технічного завдання; Розробка схеми електричної принципової; Розробка електронного модуля; Огляд готової конструкції; Розрахунки резонансної частоти механічних коливань електричного модуля
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Технічне завдання; Схема електрична структурна; Схема електрична принципова; Перелік елементів; Кресленик друкованої плати; Складальний кресленик електронного модуля; Специфікація до

електронного модуля; Складальний кресленик «Розумні фіранки», Специфікація «Розумні фіранки»; презентація «Розумні фіранки для Smart Home»

6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Розробка технічного завдання	02.05 – 03.05	
2	Аналіз вже існуючих рішень	03.05 – 05.05	
3	Розробка структурної схеми	05.05 – 06.05	
4	Розрахунки параметрів друкованого монтажу	07.05 – 22.05	
5	Розробка друкованої плати та електронного модуля	23.05 – 28.05	
6	Оформлення конструкторської документації до друкованої плати та електронного модуля	28.05 – 31.05	
7	Розробка корпусу пристрою	01.06 – 05.06	
8	Розробка корпусів до давачів	05.06 – 06.06	
9	Оформлення конструкторської документації до пристрою	06.06 – 09.06	
10	Розрахунки резонансної частоти механічних коливань друкованого вузла	10.06 – 11.06	
11	Оформлення ПЗ	12.06 – 13.06	

Студент

Олександра ГЕЛЕТКО

Керівник

Юлія АДАМЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт на тему «Розумні фіранки для Smart Home» складається з 44 листів пояснювальної записки, яка включає 18 ілюстрацій, 8 таблиць, 10 додатків та 10 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Метою дипломного проєкту є розробка пристрою автоматичної роботи фіранок типу тканинні ролети та оформлення конструкторської документації на нього.

В роботі проаналізовано вже існуючі схемотехнічні рішення та розроблено удосконалений пристрій автоматичної роботи фіранок типу тканинні ролети. Було додано можливість керування через Wi-Fi за допомогою спеціального застосунку та можливість синхронізації з іншими пристроями Smart Home. Також розроблено новий корпус, який значно зменшив габарити пристрою та дав можливість його встановлювати лише у приміщенні.

Ключові слова: автоматичні фіранки, розумні фіранки, тканинні ролети, Smart Home, розумний дім.

ANNOTATION

The diploma project on «Smart Curtains for Smart Home» consists of 44 sheets of explanatory note, which includes 18 illustrations, 8 tables, 10 appendices and 10 bibliographic titles on the list of references.

The purpose of the diploma project is to develop a device for automatic operation of curtains such as fabric blinds and design documentation for it.

The paper analyzes the existing circuit solutions and developed an improved device for automatic operation of curtains such as fabric blinds. Added the ability to control over Wi-Fi with a special application and the ability to sync with other Smart Home devices. A new case was also developed, which significantly reduced the dimensions of the device and made it possible to install it only indoors.

Keywords: automatic curtains, smart curtains, fabric blinds, Smart Home.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Розумні фіранки для Smart Home»

Київ — 2022 року

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Огляд існуючих рішень. Розробка та аналіз технічного завдання.....	5
1.1 Огляд існуючих рішень	5
1.2 Розробка та аналіз технічного завдання	13
1.2.1 Аналіз технічного завдання	13
1.2.2 Техніко-економічні вимоги.....	13
2 Розробка схеми електричної принципової	15
2.1 Аналіз існуючих схемотехнічних рішень.....	15
2.2 Розробка схеми електричної структурної.....	17
2.3 Розробка схеми електричної принципової	18
2.4 Обґрунтування вибору елементної бази	20
2.4.1 Вибір давача Холла.....	20
2.4.2 Вибір конденсаторів	21
2.4.3 Вибір мікросхем	22
2.4.4 Вибір резисторів.....	23
2.4.5 Вибір роз'ємів та перемичок контактних	23
2.4.6 Вибір кварцового резонатора	24
3 Розробка електронного модуля	25
3.1 Аналіз технічних обмежень при проектуванні друкованої плати та електронного модуля	25
3.2 Розрахунки параметрів друкованого монтажу	26
3.2.1 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків	26

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						2
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.2.2 Розрахунок ширини друкованих провідників та зазору між ними	28
3.2.3 Визначення габаритів друкованої плати, параметрів друкованого монтажу	30
3.3 Результати проектування	31
4 Огляд готової конструкції	34
5 Розрахунки резонансної частоти механічних коливань друкованого вузла	39
Висновки	42
Перелік джерел посилань	43
Додаток А. Технічне завдання	45
Додаток Б. Схема електрична структурна	49
Додаток В. Схема електрична принципова	50
Додаток Г. Перелік елементів	51
Додаток Д. Розрахунки ширини друкованих провідників та зазору між ними	53
Додаток Е. Кресленик друкованої плати	59
Додаток Ж. Електронний модуль (складальний кресленик)	60
Додаток К. Електронний модуль (специфікація)	61
Додаток Л. Розумні фіранки (складальний кресленик)	66
Додаток М. Розумні фіранки (специфікація)	67

ВСТУП

Освітленість житлового або робочого приміщення впливає на настрій людини, ефективність робочого процесу, ріст кімнатних рослин, а також фізичний стан елементів інтер'єру (шпалери, картини, пластикові об'єкти тощо).

Оскільки основним джерелом світла у денну пору доби є сонячне світло, то важливо контролювати проходження цього світла у приміщення. Це дозволяє створювати комфортні умови для людини та економити електроенергію, а також дозволяє зберегти вразливі до сонячного світла об'єкти від його шкідливого впливу.

Звичайні фіранки не завжди підходять для цього, так як потребують постійного втручання людини. Вирішенням даної проблеми являються розумні фіранки.

У даній роботі розроблено пристрій автоматичної роботи фіранок типу тканинні ролети «Розумні фіранки для *Smart Home*.» Даний пристрій має більш низьку ціну ніж у найближчих аналогів на ринку, а також складається з розповсюджених компонентів, що підвищує його ремонтпридатність та взаємозамінність компонентів електронного модуля. Також розроблений пристрій має можливість синхронізації з іншими приладами розумного будинку.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд існуючих рішень

Наразі існує багато варіацій пристроїв для автоматизації фіранок для *Smart Home*. В основному вони відрізняються за принципом роботи, габаритами та способом кріплення.

В даному розділі проаналізовано три найбільш популярні варіанти автоматизованих фіранок типу тканинні ролети.

Перше рішення – це комплект для автоматизації рулонних фіранок *Aqara Roller Shade* (модель серії *ZNGZDJ11LM*) від компанії *Xiaomi*.

На рисунках 1.1-1.2 продемонстровано комплектацію, зовнішній вигляд *Aqara Roller Shade* та підключення його пульта.



Рисунок 1.1 — Комплектація та зовнішній вигляд *Aqara Roller Shade*
ZNGZDJ11LM [1]

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 — Підключення пульта *Aqara Roller Shade ZNGZDJ11LM* [1]

Особливістю *Aqara Roller Shade* є повна синхронізація з іншими приладами розумного будинку, а також можливість дистанційного керування за допомогою додатку для смартфона [2].

У таблиці 1.1 представлено основні переваги та недоліки приладу автоматизації рулонних фіранок.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						6
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 — Переваги та недоліки *Aqara Roller Shade ZNGZDJ11LM*

[1,2]

Переваги	Недоліки
Синхронізація зі смартфоном для дистанційного керування	Відсутність деталей кріплення пристрою у комплекті
Увімкнення однією кнопкою	Не працює без живлення від електромережі
Сумісний з <i>Apple Home</i> , <i>Aqara Home</i> та <i>MiHome</i>	Не має ручного керування
Можливість закриття/відкриття фіранок у встановлений час чи при встановленому рівні освітлення	
Вироблений з високоякісних матеріалів	
Дистанційне керування через мобільний додаток	
Підходить як для рулонних фіранок, так і для фіранок типу <i>Shangri-La</i>	

Іншим популярним рішенням є привід жалюзі *Tuya*.

На рисунках 1.3-1.4 зображені його комплектація та зовнішній вигляд.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 — Комплектація приводу жалюзі *Тиуа* [3]



Рисунок 1.4 — Зовнішній вигляд приводу жалюзі *Тиуа* [3]

Його основною особливістю є можливість ручного керування та зарядка за допомогою сонячної панелі.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		8

У таблиці 1.2 представлено основні переваги та недоліки даного приладу.

Таблиця 1.2 — Переваги та недоліки приводу жалюзі *Tuya* [3]

Переваги	Недоліки
Живлення від сонячної панелі або від зарядного пристрою (адаптер входить до комплекту)	Лише один вид бездротового керування (на вибір: <i>Bluetooth</i> , <i>Wi-Fi</i> або <i>Zigbee</i>)
Можливість керування через мобільний додаток	Не сумісний з <i>Apple Home</i> , <i>Aqara Home</i> та <i>MiHome</i>
Сумісні з <i>Alexa</i> , <i>Google Home</i> , <i>IFTTT</i> , <i>TUYA</i>	Недопрацьоване ПЗ для <i>TUYA</i>
Можливість закриття/відкриття фіранок у встановлений час чи при встановленому рівні освітлення	Відсутня можливість регулювати натяг ланцюга приводу фіранок
Можливість ручного керування	Нема індикації стану заряду батареї
Підходить не тільки для тканинних ролетів, а також для жалюзі різних типів	
Легке встановлення	
Можливість вибору адаптеру для різних регіонів	

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Третім найпопулярнішим варіантом із існуючих є автоматизовані фіранки *Yoolax*.

На рисунку 1.5 показана комплектація та зовнішній вигляд приладу.



Рисунок 1.5 — Зовнішній вигляд та комплектація автоматизованих фіранок *Yoolax* [4]

Особливістю цього типу конструкції є її виготовлення за індивідуальними розмірами та дизайном самих фіранок.

В таблиці 1.3 наведені переваги та недоліки конструкції автоматизованих фіранок *Yoolax*.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						10
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 — Основні переваги та недоліки автоматизованих фіранок для вікон від компанії *Yoolax* [4]

Переваги	Недоліки
Виготовлення за індивідуальним замовленням	Не має ручного керування
Можливість керування через мобільний додаток	Не сумісні з <i>Apple Home</i> , <i>Aqara Home</i> та <i>MiHome</i>
Можливість керування одними фіранками за допомогою двох або більше пультів	Проблеми з підключенням системи <i>Alexa</i>
Багатоканальний пульт дистанційного керування	
Сумісні з <i>Alexa</i> , <i>Google Home</i>	
Можливість закриття/відкриття фіранок у встановлений час чи при встановленому рівні освітлення	
Можна регулювати кут в нижньому положенні	
Фіранки є бездротовими, з акумулятором	
Можливе підключення до сонячної батареї	
Легке встановлення	

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

В таблиці 1.4 порівнюються технічні характеристики існуючих рішень щодо автоматизації рулонних тканинних фіранок.

Таблиця 1.4 — Порівняння технічних характеристик автоматизованих фіранок

Характеристики	Назва		
	<i>Aqara Roller Shade ZNGZDJ11LM</i>	Привід жалюзі <i>Tuya</i>	Автоматизовані фіранки <i>Yoolax</i>
Час відкриття/закриття	31 сек	25 сек	23 сек
Радіус дистанційного керування	100 м	100 м	100 м
Швидкість обертання приводу	17 об/хв	30 об/хв	31 об/хв
Вага	1,57 кг	0,52 кг	1 кг
Синхронізація зі смартфоном	Присутня	Присутня	Присутня
Сумісні системи	<i>Apple Home, Aqara Home та MiHome</i>	<i>Alexa, Google Home, IFTTT, TUYA</i>	<i>Alexa та Google Assistant</i>
Метод кріплення	Кронштейни	Липка стрічка	Кронштейни
Автоматичні режими	За рівнем освітленості/за конкретним часом	За рівнем освітленості/за конкретним часом	За рівнем освітленості/за конкретним часом
Ціна	~ 4 400 грн	~ 2 700 грн	~ 4 500 грн

За результатами даного аналізу аналогів було виявлено їх основні недоліки, які можна виправити у процесі проектування даного пристрою.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						12
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Проаналізовані аналоги мають наступні недоліки:

- Велика вага для монтажу на вікно
- Висока ціна
- Погана масштабованість мережі автоматизованих фіранок.

1.2 Розробка та аналіз технічного завдання

Проаналізувавши вже існуючі рішення, в ході конструкторської роботи потрібно розробити пристрій автоматичного керування роботою тканинних ролетів залежно від внутрішнього та зовнішнього освітлення для забезпечення оптимальної освітленості приміщення.

1.2.1 Аналіз технічного завдання

При аналізі ТЗ, яке представлено у додатку А, було встановлено, що пристрій має бути зручним у використанні, оскільки він розрахований на широкий спектр користувачів.

Пристрій використовується у приміщеннях, у тому числі житлових, тому він має органічно вписуватись в дизайн приміщення і для цього повинен мати нейтральний та естетичний дизайн.

Також пристрій має бути малогабаритним та легким, оскільки встановлюється на вікно.

1.2.2 Техніко-економічні вимоги

Пристрій повинен працювати від змінної напруги в діапазоні від 200 до 240 В, а також працювати з чотирифазними кроковими двигунами з напругою живлення 12 В, з фіранками, що мають можливість встановлення автоматизованого обладнання.

Експлуатаційні умови — пристрій має працювати в мікрокліматичних районах на суші, окрім макрокліматичних районів з дуже холодним кліматом (усекліматичного виконання). Пристрій експлуатується в приміщеннях з кондиціонованим або частково кондиціонованим повітрям.

					PI81.468331.001 ПЗ	<i>Лис</i>
						13
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Кліматичне виконання за ГОСТ 15150-69 УХЛ-4.1, 4.2. УХЛ – макрокліматичний район з помірним та холодним кліматом [5]. Для експлуатації в лабораторіях, капітальних житлових та інших, подібного типу приміщеннях та в приміщеннях з кондиціонуванням або частково кондиціонованим повітрям.

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001, С1 [6]. Стаціонарна, встановлюється в опалюваних наземних і підземних спорудах.

Також пристрій має бути уніфікованим для роботи з фіранками різних конструкцій, що мають можливість автоматизації.

Пристрій повинен мати універсальне настінне кріплення та малі габарити, а також візуально нейтральний дизайн.

Керується пристрій з мобільного додатку та/або працює в автономному режимі.

Пристрій має блочне виконання і складається з 3 блоків: моторизованого блоку, блоку керування та блоку живлення.

Маса пристрою повинна бути не більше ніж 500 гр.

Пристрій повинен бути створений на уніфікованих вузлах та мати високу ремонтпридатність, а також бути пристосованим до серійного або масового виробництва на уніфікованому виробничому устаткуванні.

Пристрій повинен мати низьку ціну та собівартість. Має складатися з дешевих та доступних компонентів.

Перевагами даного пристрою перед іншими вітчизняними і зарубіжними аналогами є його низька ціна та автономність, а також можливість керування за допомогою мобільного додатку як у приміщенні поряд з приладом, так і дистанційно.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
						14
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

2.1 Аналіз існуючих схемотехнічних рішень

Перед початком роботи над схемою електричною принциповою було досліджено вже існуючі схемотехнічні рішення, зображені на рисунках 2.1 та 2.2.

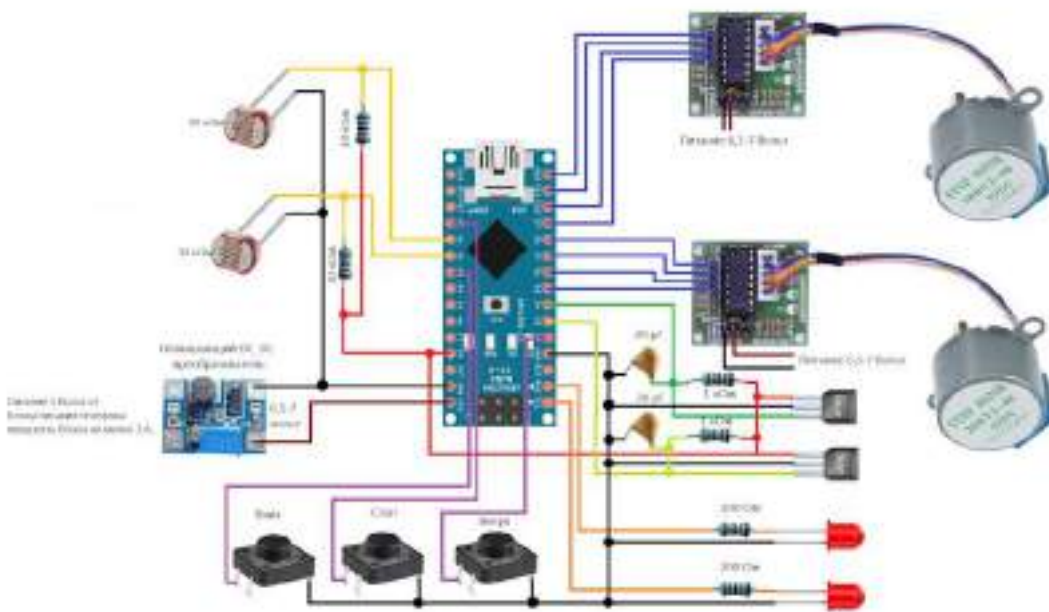


Рисунок 2.1 – Схема електричних з'єднань
«Автоматичні рулонні фіранки» [7]

На рисунку 2.1 зображена схема електричних з'єднань «Автоматичних рулонних фіранок», в якій в основі лежить плата на основі *Arduino Nano* (*Atmega 328*), крокові двигуни на 5 В *28BYJ-48*, 2 драйвери для керування ними, *DC-DC* перетворювач напруги, 3 кнопки для вибору режиму роботи, а також для можливості ручного керування, світлодіоди для відображення стану роботи пристрою, мікросхеми з живленням 6,5-7 В, фоторезистори для визначення рівня освітлюваності та датчі Холла для визначення крайнього положення фіранок [7].

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Лис
15

Ця схема передбачає 3 режими ручного керування: одночасно двома фіранками та окремо лівою або правою фіранками. Також схема передбачає автоматичний режим роботи, при якому фіранки зачиняються, якщо різниця між рівнем вуличного та кімнатного освітлення є вищою за задані показники, та відкриваються, коли ця різниця є нижчою за даний показник [7].

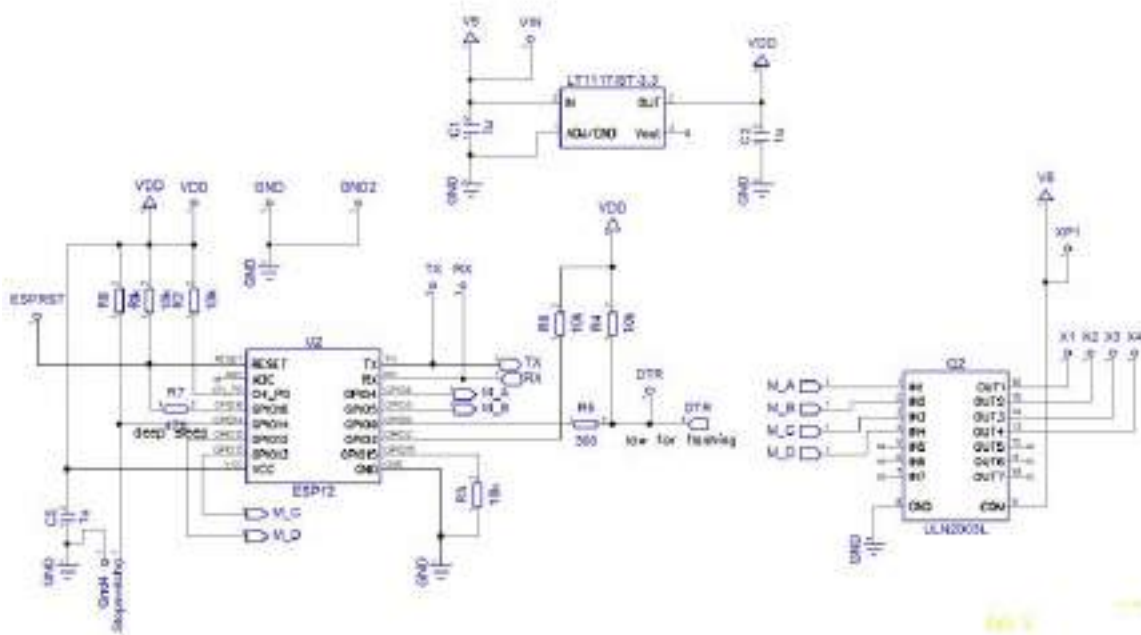


Рисунок 2.2 – Принципова електрична схема «Автоматичні фіранки» [8]

Друга схема, зображена на рисунку 2.2, складається з мікроконтролера *ESP-12*, крокового двигуна на 5 В *28BYJ-48*, мікроперемикача, мікросхеми-стабілізатора напруги на 3,3 В *LT1117IST-3.3*, мікросхеми драйвера мотора *ULN2003L* [8].

Ця схема не передбачає відкриття фіранок в залежності від встановленого рівня освітлюваності, але дозволяє відчиняти та зачиняти фіранки через браузер з будь-якого пристрою, а також в заданий час.

2.2 Розробка схеми електричної структурної

На основі аналізу вже існуючих схемотехнічних рішень автоматизації фіранок типу тканинних ролетів було розроблено схему електричну структурну, яка зображена на рисунку 2.3.

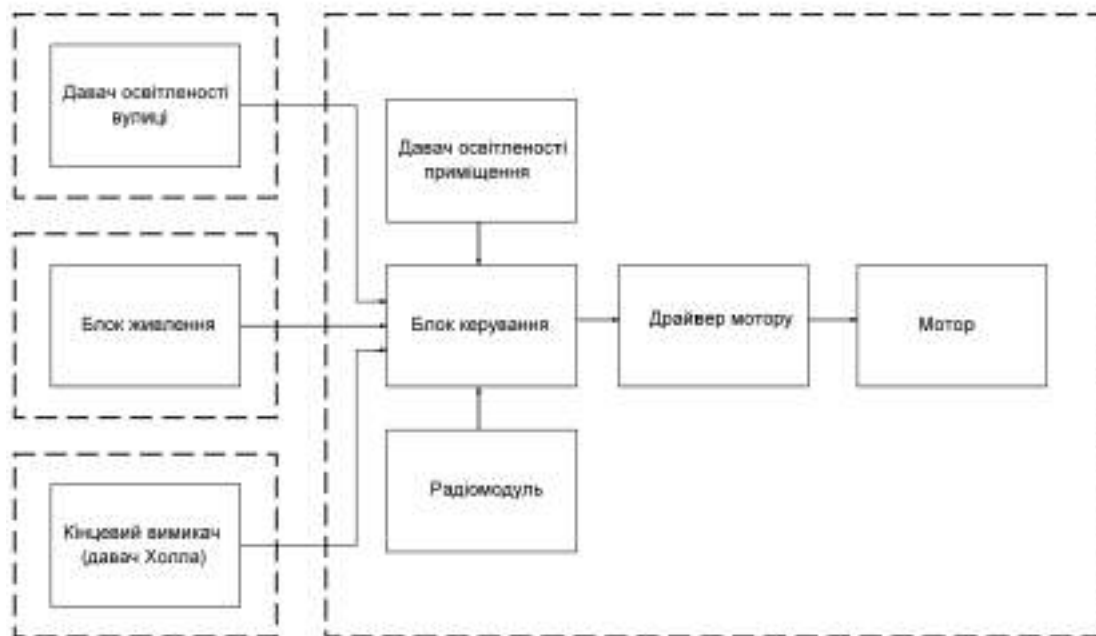


Рисунок 2.3 — Структурна схема «Розумні фіранки»

Давачі освітленості повинні бути резистивного типу для визначення рівня освітленості, оскільки це більш просте і дешеве рішення аніж рішення на основі фотодіодів та фототранзисторів.

Блок живлення повинен бути розрахований на живлення від мережі змінного струму з напругою 220 В та вихідною напругою 12 В постійного струму.

Давач Холла як кінцевий вимикач дозволяє зробити його безконтактним, оскільки магніт можна розмістити на відстані від давача і їх фізичний контакт не потрібен, що зручно для зупинки фіранок на необхідному рівні для користувача. При використанні контактних кінцевих вимикачів їх розміщення можливе лише в крайньому положенні фіранок.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Лис
17

Блок керування повинен бути побудований на основі дешевого та розповсюдженого мікроконтролера для виконання техніко-економічних вимог. Такими мікроконтролерами є мікросхеми компанії *Atmel*.

Радіомодуль повинен бути розрахований на радіочастоту 2,4 ГГц і повинен підтримувати протокол *Wi-Fi*.

Драйвер мотору повинен бути розрахований на керування чотирифазними кроковими двигунами з напругою живлення 12 В.

Кроковий двигун повинен мати малі габарити та малий струм живлення.

2.3 Розробка схеми електричної принципової

На основі аналізу вже існуючих схемотехнічних рішень автоматизації фіранок типу тканинні ролети, в цій роботі було розроблено схему електричну принципову.

Дана схема без блоку живлення та мотору представлена у додатку В.

Основним комутаційним та обчислювальним елементом схеми є мікроконтролер *ATmega 328P-AU (DD2)*. Даний мікроконтролер має живлення напругою 5 В, для формування якого у схему включений лінійний стабілізатор напруги *LM7805 (DA2)* з відповідними згладжуючими конденсаторами *C4* та *C7*. Конденсатор *C9* виконує фільтрацію у колах живлення мікроконтролера *DD2*. Для забезпечення стабільної робочої частоти мікроконтролеру у схемі застосований кварцовий резонатор *ZQ1* на 16 МГц з відповідними навантажувальними конденсаторами *C5* та *C6* і резистором *R1*, що забезпечує стабільний старт коливань резонатору в широкому діапазоні температур.

Живлення приладу відбувається за допомогою блоку живлення з вихідною напругою 12 В, схема якого зображена на рисунку 2.4.

					<i>P181.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						18
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

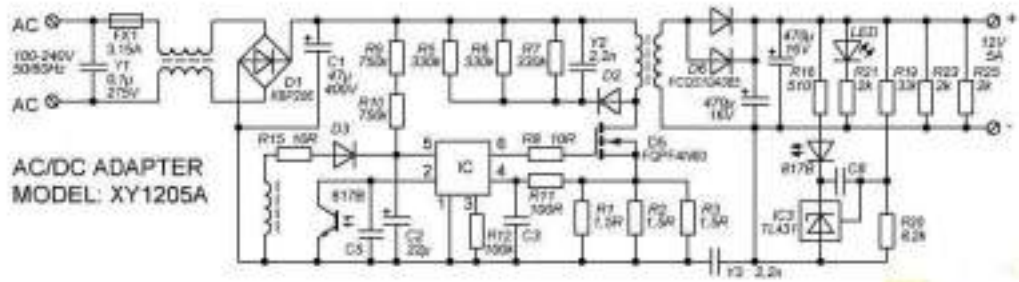


Рисунок 2.4 — Принципова схема блока живлення *AC/DC Adapter Model XY1205A* [9]

Для первісного програмування мікроконтролеру *DD2*, за допомогою інтерфейсу *SPI*, використовується роз'єм *X2*. Для подальшого завантаження оновленого ПЗ використовується роз'єм *X4* та мікросхема-*UART CP2102 (DD3)* з відповідними фільтруючими конденсаторами *C8, C10, C11* та *C12*.

Резистор *R2* виконує встановлення низького рівня для виводу дозволу роботи мікросхеми *DD3*. Резистор *R3* виконує встановлення низького рівня для виводу скидання мікросхеми *DD3*. Резистори *R5, R6, R10* та *R11* є дільниками напруги для перетворення логічних рівнів при програмуванні мікроконтролеру *ESP-07*.

Конденсатор *C13* виконує роль блокувального конденсатора, щоб позбавитись випадкового програмного скидання мікроконтролеру *DD2*.

Конденсатор *C14* виконує фільтрацію для виходу давача *BB1*.

Резистори *R4* та *R7* є плечима дільників напруги для фоторезисторів *R8* та *R9* відповідно. Резистор *R12* встановлює високий рівень на виводі скидання мікроконтролеру *DD2*. Резистор *R13* встановлює високий рівень для виходу давача Холла *BB1*.

Фоторезистори *R8* та *R9* необхідні для вимірювання освітленості усередині приміщення та на вулиці.

Давач Холла *OH137 (BB1)* виконує роль кінцевого вимикача для контролю максимального переміщення фіранок.

Мікроконтролер *ESP-07* (Wi-Fi модуль) вмикається у схему за допомогою роз'єму *X5*. Живлення мікроконтролеру забезпечується за допомогою стабілізатору напруги на 3,3 В — мікросхема *REG1117-3.3 (DA1)*. Конденсатори *C1* та *C3* виконують фільтрацію живлення у колах з напругою 3,3 В.

Резистор *R15* встановлює високий рівень для виводу скидання мікроконтролеру *ESP-07*. Резистор *R14* встановлює високий рівень для виводу дозволу роботи мікроконтролеру *ESP-07*.

Конденсатор *C15* фільтрує живлення мікроконтролеру *ESP-07*.

Перемички *S1* та *S2* необхідні для налаштування режиму роботи *UART*-інтерфейсу пристрою (програмування або робочий режим).

Для керування мотором використовується драйвер крокового двигуна *ULN2003 (DD1)*. Підключення мотору забезпечується роз'ємом *X3*.

Конденсатор *C2* виконує фільтрацію живлення драйверу двигуна *DD1*.

2.4 Обґрунтування вибору елементної бази

Головними критеріями при виборі елементів були:

- Малі розміри;
- Низька ціна;
- Відповідність необхідним робочим параметрам (напруга, струм, ємність тощо).

2.4.1 Вибір давача Холла

В якості кінцевого вимикача було обрано давач Холла в корпусі *TO-92S – OH137* від компанії *Nanjing Ouzhuo*.

Цей давач Холла включає у себе вбудований генератор напруги для магнітного зондування, підсилювач, тригер Шмітта та вихідний транзистор з відкритим колектором.

Робочі напруги давача цієї моделі — від 4,5 до 24 В, а його розміри становлять 2,80×4,1×1,57 мм.

					<i>P181.468331.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
						20
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Був обраний саме цей давач, оскільки він задовольняє вимогам по робочим параметрам (напруга живлення, споживаний струм, чутливість), а також внаслідок його ціни та масо-габаритних характеристик.

2.4.2 Вибір конденсаторів

В даному пристрої використовуються неполярні конденсатори поверхневого монтажу та електролітичні конденсатори поверхневого монтажу.

Для неполярних конденсаторів було обрано конденсатори від компанії *Samsung* в корпусі 0805 з номінальною напругою 25 В та відхиленням $\pm 10\%$. Їх розміри становлять $2,0 \times 1,25 \times 1,35$ мм.

Для електролітичних конденсаторів було обрано конденсатори від компанії *Panasonic* з номінальною напругою 10 В та номінальною ємністю 4,7 мкФ у корпусі *A5*, з номінальною напругою 16 В та номінальною ємністю 10 мкФ у корпусі *B*, з номінальною напругою 16 В та номінальною ємністю 47 мкФ у корпусі *D*.

Їх характеристики відповідно до критеріїв вибору наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики обраних конденсаторів за номінальною напругою та корпусом

Корпус електролітичного конденсатора	Номінальна напруга, В	Номінальна ємність, мкФ	Відхилення, %	Розміри, L×H×D мм
A5	10	4,7	± 20	5,4×4,3×4,0
B	16	10	± 10	5,8×5,5×4,0
D	16	47	± 10	5,8×7,8×6,3

Обрані конденсатори мають невеликі і допустимі габарити та задовольняють необхідним вимогам по електричним параметрам і їх відхиленням.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						21
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.3 Вибір мікросхем

В якості лінійних стабілізаторів напруги були обрані мікросхема *REG1117-3.3* від компанії *Bourns* в корпусі *SOT-223* з вихідною напругою 3,3 В (розміри – 6,70×3,70×1,80 мм) та мікросхема *L7805CD2T-TR* від компанії *AME* в корпусі *TO-263-3* з вихідною напругою 5 В (розміри – 10,67×9,66×4,83 мм).

Дані мікросхеми-стабілізатори були обрані через їх габарити та максимальний вихідний струм 800 мА та 1,5 А, що задовольняє вимогам до даного компоненту.

Для драйверу крокового двигуна було обрано мікросхему *ULN2003AD* від компанії *Texas Instruments* в корпусі *SOIC-16*. Її максимальні розміри становлять 1,75×9,9×3,91 мм.

Даний драйвер мотору обраний, оскільки він дозволяє керувати чотири-фазним кроковим двигуном, а також через його розміри та максимальний вихідний струм без необхідності використання елементів відведення тепла.

В якості мікроконтролера було обрано мікросхему *ATMEGA328P-AU* від компанії *Atmel* в корпусі *TQFP-32*. Розміри мікросхеми становлять 9,0×9,0×1,6 мм.

Дана мікросхема дозволяє підключити усю необхідну периферію та керувати нею. Не потребує великих значень струму живлення та додаткового охолодження. Швидкодія та розмір внутрішньої пам'яті для запису програмного забезпечення дозволяють реалізувати необхідні функції, а також дозволити розширювати функціонал пристрою та покращувати його робочі характеристики в подальшому.

В якості мікросхеми для завантаження оновленого ПЗ було обрано мікросхему *UART CP2102-GM* від компанії *Silicon Labs* в корпусі *QFN-28*, розмірами 4,80×4,80 мм.

					<i>P181.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						22
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана мікросхема має малі габарити та є розповсюдженою і стабільно працює без складнощій в пошуку програмного забезпечення, тому вона була обрана як найбільш оптимальний варіант для даної частини схеми пристрою.

Для *Wi-Fi* модуля було використано модуль *ESP-07* від компанії *AI-Thinker Co*, розмірами 16×17 мм.

Даний модуль задовольняє техніко-економічним вимогам до пристрою, оскільки має низьку ціну, малий струм споживання та може встановлювати стійкий зв'язок на відстань до 100 метрів, що дозволяє під'єднувати його до існуючої мережі *Wi-Fi* у більшості житлових та нежитлових приміщень.

2.4.4 Вибір резисторів

Для схеми були обрані резистори поверхневого монтажу від компанії *Hitano* з номінальною потужністю 0,125 Вт та відхиленням ± 1% у корпусі 0805. Розміри таких резисторів становлять 2,0×1,20×0,55 мм.

Резистори даного виробника задовольняють необхідним електричним параметрам, а саме номінальною потужністю, номінальними значеннями опору та контролю за відхиленнями від номінального значення.

Номінальна потужність обиралась відповідно до орієнтовних максимальних значень струму, що може протікати через дані резистори.

А також в якості датчиків вуличного та кімнатного освітлення були обрані фоторезистори від компанії *Wodeyijia*, розмірами 5,0×4,2×2,0 мм.

Дані фоторезистори були обрані внаслідок їх дешевизни та стабільності робочих параметрів, а також за фоторезистивною характеристикою.

2.4.5 Вибір роз'ємів та перемичок контактних

В якості перемичок, які необхідні для налаштування режиму роботи *UART*-інтерфейсу було обрано перемички 1×3 від компанії *Connfly Electronic* з кроком контактів 2,54 мм.

Для роз'єму живлення було обрано роз'єм *KLS1-DC-005A-2.0* від компанії *KLS*, розмірами 14,2×9,0×11,0 мм.

					P181.468331.001 ПЗ	Лис
						23
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Для попереднього програмування мікроконтролеру *Atmega* був обраний роз'єм 2×3S від *Connfly Electronic* з кроком контактів 2,54 мм.

В якості роз'єму для підключення двигуна був обраний роз'єм *B5B-XH-AM* від компанії *JST*, розмірами 14,9×5,75×7,0 мм.

Для подальшого завантаження оновленого ПЗ використовується *USB-*роз'єм від компанії *GCT*.

Роз'єми обрані з урахуванням техніко-економічних вимог та зручності їх використання, а також відповідних електричних параметрів (напруга, струм).

2.4.6 Вибір кварцового резонатора

Для схеми був обраний кварцовий резонатор від компанії *Sunshine Science* на 16 МГц, розмірами 12,9×4,7×4,5 мм.

Наступним кроком є розробка друкованої плати та електронного модуля.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						24
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ

3.1 Аналіз технічних обмежень при проектуванні друкованої плати та електронного модуля

В роботі було проаналізовано ряд технічних обмежень при проектуванні друкованої плати, кресленик якої представлено у додатку Е.

Плата повинна мати двосторонній монтаж та два шари металізації через велику кількість вивідних елементів та елементів поверхневого монтажу.

Плату доцільно виготовляти комбінованим позитивним методом.

Матеріал плати – *FR4 Standard TG 130 1OZ/1OZ 1,0 +- 0,1 60x60 7628 Prepreg 4,6* – склотекстоліт фольгований з номінальною товщиною 1 мм, облицьований мідною фольгою товщиною 35 мкм з двох сторін [10].

Клас точності для елементів провідникового рисунку на друкованій платі — 4, оскільки він задовольняє необхідним величинам ширин провідникового рисунку, їх відхилень та зазорів між ними.

Габаритні розміри плати мають становити 60×60 мм. За таких розмірів можна встановити всі необхідні компоненти, враховуючи двосторонній монтаж і двошарову металізацію плати. Збільшення розмірів практично неможливо, оскільки корпус для такої плати буде неможливо розмістити на вікні.

Для відповідальних розмірів (розміри отворів, розміри між отворами та розміри від отвору до краю плати) обираємо допуски по 12 квалітету, а для невідповідальних розмірів обираємо допуски по 14 квалітету.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						25
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розрахунки параметрів друкованого монтажу

3.2.1 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків

Розрахуємо розміри контактних майданчиків (КМ) для елементів поверхневого монтажу за формулою

$$Dk = Dv + 0,3,$$

де Dk – розміри КМ;

Dv – розміри виводів.

Отримані значення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розміри для елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	Dv	Dk
ЧІП резистор 0,125 Вт, корпус 0805	1,3 x 0,4	1,42 x 1 (згідно з datasheet)
ЧІП конденсатор, корпус 0805	1,35 x 0,52	1,47 x 1,16
Електролітичний конденсатор, корпус D	—	3,2 x 1,6 (згідно з datasheet)
Електролітичний конденсатор, корпус A5	2 x 0,8	2,6 x 1,6
Електролітичний конденсатор, корпус B	—	2,8 x 1,6 (згідно з datasheet)
Мікросхема, корпус SOT-223	—	2,2 x 1,2; 2,2 x 3,6 (згідно з datasheet)
Кварцевий резонатор	—	6 x 2 (згідно з datasheet)
Micro-USB роз'єм	—	1,4 x 0,35; 2 x 1,9 (згідно з datasheet)

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Лис

26

Продовження таблиці 3.1

Мікросхема, корпус <i>SOIC-16</i>	—	2 x 0,6 (згідно з datasheet)
Мікросхема корпус <i>TO-263-3(D² PAK)</i>	—	4,6 x 1,35; 9,4 x 10,8 (згідно з datasheet)
Мікросхема, Корпус <i>QFN-28</i>	—	0,97 x 0,2 (згідно з datasheet)
Мікросхема, Корпус <i>TQFP-32</i>	0,75 x 0,45	1,5 x 0,5
Роз'єм <i>ESP-07</i>	—	2,6 x 1,1 (згідно з datasheet)

Розрахуємо діаметри отворів для вивідних елементів за формулою

$$D_o = D_v + 0,2,$$

де D_o – розміри отворів для вивідних елементів.

Розрахуємо розміри КМ для вивідних елементів за формулою

$$D_k = D_o + \frac{2}{3} D_o.$$

Отримані значення наведено в таблиці 3.2.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						27
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Розміри для вивідних елементів

Назва елемента	Dv	Do	Dk
Роз'єм <i>DS1021-2x3S</i> , Перемикач <i>DS1021-1x3</i>	0,64 x 0,64	1	1,8
Фоторезистор	0,5	0,7	1,2
Micro-USB роз'єм	—	1,5 x 0,5 (згідно з datasheet)	1,9 x 1,1
Давач Холла, корпус <i>TO-92S</i>	0,38 x 0,36	0,5	0,75 x 1,7
Роз'єм <i>KLS1-DC-005A-2.0</i>	—	3 x 0,8, 3,5 x 0,8 (згідно з datasheet)	4 x 2, 5 x 2
Роз'єм <i>B5B-XH-A-M</i>	—	0,9 (згідно з datasheet)	1,5

Отримані розміри КМ поверхневого монтажу та розміри КМ вивідного монтажу і відповідні діаметри отворів відповідають заданому класу точності, а також необхідні отвори можливо виконати за допомогою стандартних свердл.

3.2.2 Розрахунок ширини друкованих провідників та зазору між ними

Результат розрахунку ширини друкованих провідників наведений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Ширина друкованих провідників

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			У вузькому	У широкому	
Силова 1	12	0,4	0,6	0,6	0,35
Силова 2	5	1	1,5	1,5	
Силова 3	3,3	0,5	0,8	0,8	
Сигнальна	5	0,3	0,3	0,6	

Силова лінія з напругою 12 В призначена для підключення пристрою для зовнішнього блоку живлення.

Силові лінії з напругою 5 В призначені для живлення мікроконтролеру *ATmega 328P-AU* та лінійного стабілізатору напруги з вихідною напругою 3,3 В.

Силова лінія з напругою 3,3 В призначена для живлення Wi-Fi модуля.

Відповідні розрахунки для друкованих провідників були виконані у програмному пакеті *MathCad*.

Безпосередньо самі розрахунки наведені у додатку Д.

За результатами розрахунків було встановлено, що максимальний струм в силових лініях становить 1 А, а в сигнальних – 0,3 А.

Рекомендована ширина для сигнального провідника становить 0,55 мм.

Рекомендована ширина для силового провідника ланцюгів з напругою 5 В становить 1,429 мм.

Рекомендована ширина для силового провідника ланцюгів з напругою 3,3 В становить 0,714 мм.

Рекомендована ширина для силового провідника ланцюгів з напругою 12 В становить 0,571 мм.

Мінімальна ширина провідника у місцях, де не можливо провести провідник шириною 0,55 або 0,571 мм, становить для силового — 0,571 мм, для сигнального — 0,3 мм.

За результатами розрахунків мінімально допустима відстань між двома елементами провідникового рисунку становить 0,35 мм.

3.2.3 Визначення габаритів друкованої плати, параметрів друкованого монтажу

Визначення площі друкованої плати відбувається шляхом розрахунку мінімальної площі, яка є сумою площ всіх елементів поверхневого монтажу та вивідних елементів з двох сторін плати.

На рисунку представлено розрахунки площ компонентів та загальної мінімальної площі друкованої плати в програмі *Excel*.

1	A	B	C	D	E	F	G	H
Component	Designator	Footprint	LibRef	Мінімальна площа елемента	Площа елемента	Коефіцієнт форми	Загальна площа елементів в одному напрямку	
2	CH137	BB3	T0825	CH137	1,00	25,415	1,000	
3	C_polar	C1, C3	100F-16V-SMD	C_polar	2,00	43,425	1,500	
4	Cap_Mon_polar	C2, C5, C8, C9, C11, C12, C13, C14, C15	1_SMD_8885	Cap_Mon_polar	9,00	9,450	1,000	
5	C_polar	D4, C7	475F-16V-SMD	C_polar	2,00	57,527	1,500	
6	C_polar	C8, C10	4.75F-16V-SMD	C_polar	2,00	38,947	1,500	
7	REG1117-3.3	D31	3-90T-223	REG1117-3.3	1,00	58,825	2,000	
8	LM7805	DA2	TO-263-3	LM7805	1,00	194,205	2,000	
9	LMX2063	D04	SOIC-16	LMX2063	1,00	81,320	1,500	
10	Atmega328P	D02	TOFP-32	Atmega328P	1,00	100,156	2,000	
11	CP2102	D03	DFP-25	CP2102	1,00	38,179	1,000	
12	R_3_120	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R10, R11, R12, R13, R14, R15	1_SMD_8885	R_0_120	13,00	5,851	1,000	
13	R_2H	R8, R9	PHOTOREZ	R_2H	2,00	20,875	1,000	
14	PLD-1	S1, S2	F15-3	PLD-1	2,00	22,800	2,000	
15	DC_CONV	X1	EL51-DC-005A-2.0	DC_CONV	1,00	155,872	2,500	
16	PLD-8	S3	F15-6	PLD-8	1,00	42,893	1,500	
17	Motor_Driver_Conn	X3	504-8017-PO.5-5T	Motor_Driver_Conn	1,00	80,882	2,000	
18	USB_Female_Conn	X4	USB-3095-3E-A	USB_Female_Conn	1,00	57,550	2,000	
19	DS92C46-ESD-07	X5	DS92C46	DS92C46-ESD-07	1,00	185,261	2,500	
20	DS	D01	HC-48	DS	1,00	81,561	2,000	
21	Мінімальна площа плати				4,00	24,00	1,5	
22	Мінімальна площа плати							24

З рисунку 3.1 отримуємо, що мінімальна площа плати – 3450 мм².

Площа, яку займають вивідні елементи становить 910 мм².

Площа, яку займають елементи поверхневого монтажу становить 2600 мм².

Для зручності розміщення плати у різні корпуси, було використано стандартну форму друкованої плати — квадрат з оптимальними розмірами 60×60 мм.

3.3 Результати проектування

Результати проектування пристрою автоматичного керування роботою тканинних ролетів наведені на рисунках 3.2–3.5.

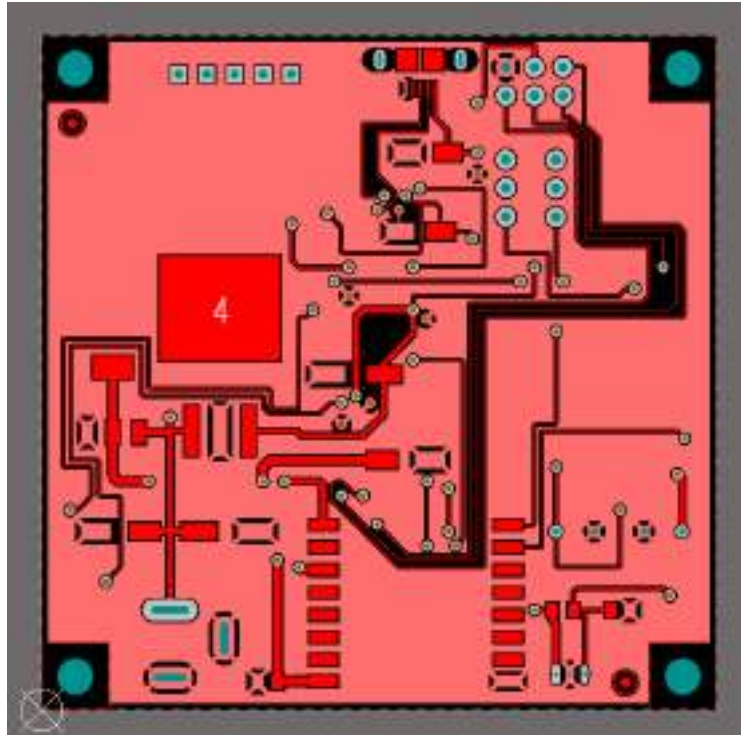


Рисунок 3.2 – Трасування у верхньому шарі

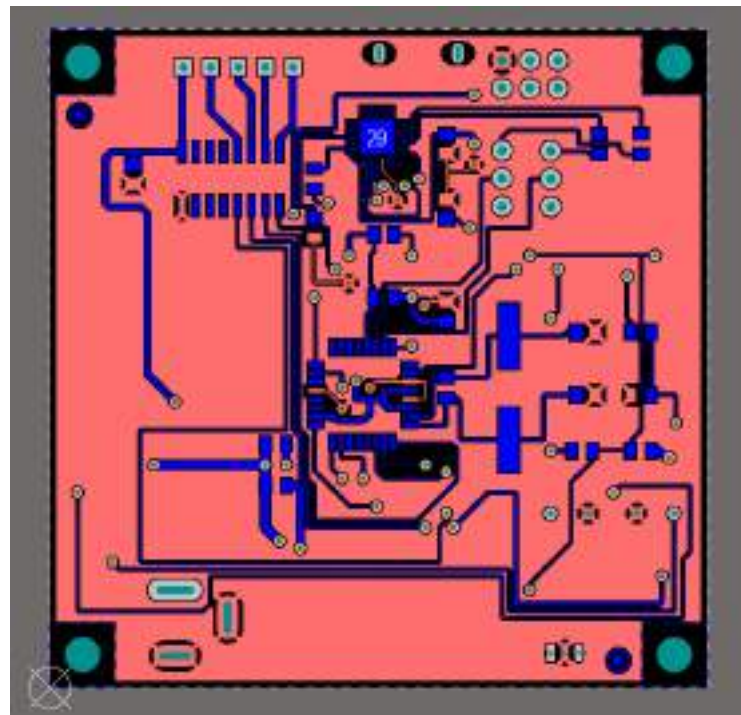


Рисунок 3.3 – Трасування у нижньому шарі

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

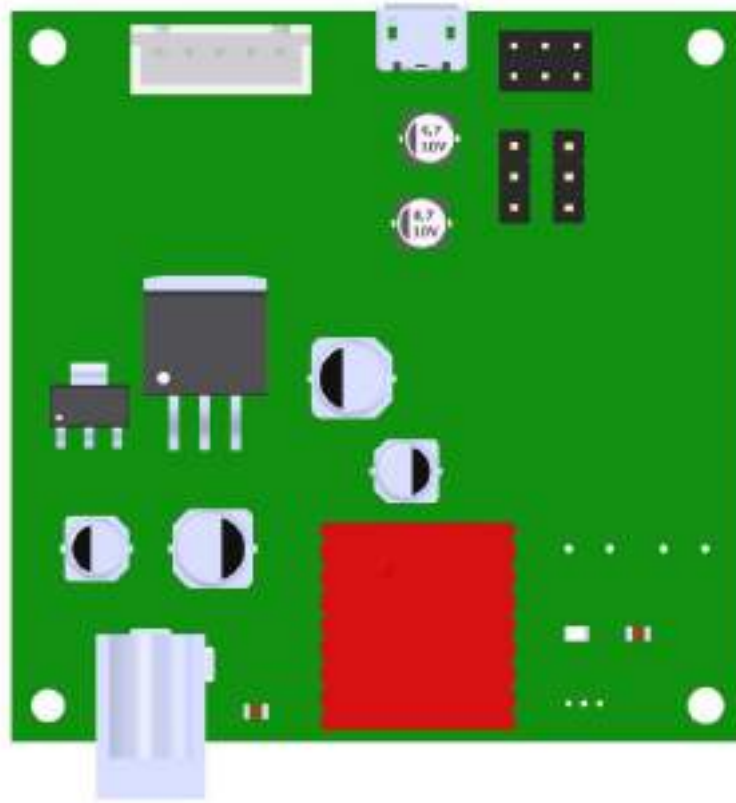


Рисунок 3.4 – Электронный модуль: вид сверху

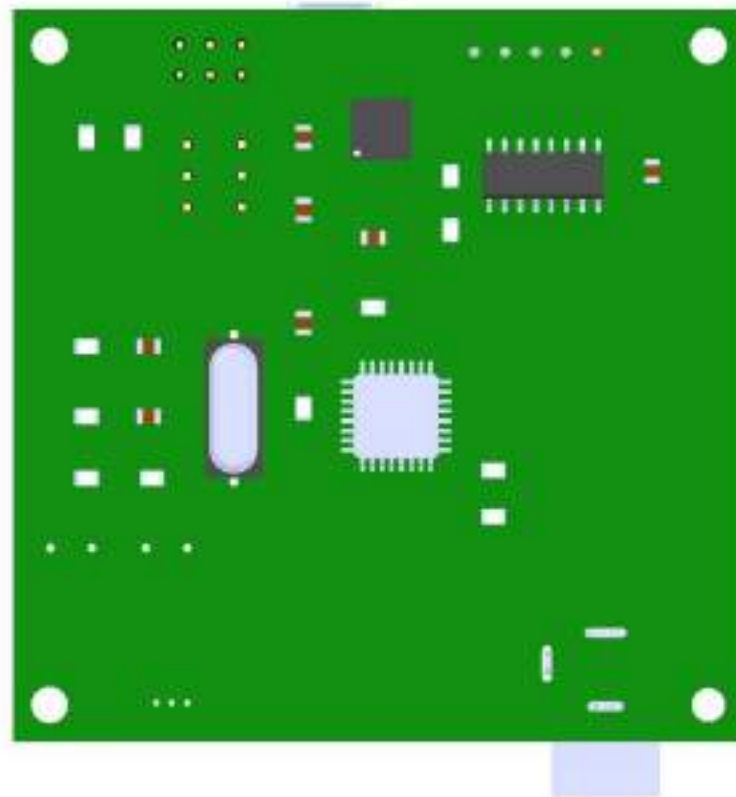


Рисунок 3.5 – Электронный модуль: вид снизу

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Кресленик друкованої плати представлений у додатку Е.

Складальний кресленик електронного модуля та специфікація до нього наведені у додатках Ж та К відповідно.

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						33
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 ОГЛЯД ГОТОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

При розробці конструкції пристрою висувались наступні вимоги до корпусу:

- 1) Пристрій повинен мати невеликі габарити та масу;
- 2) Пристрій повинен мати нейтральний дизайн і органічно вписуватись в дизайн більшості житлових та нежитлових приміщень;
- 3) Пристрій повинен закріплюватись на вікні;
- 4) Пристрій повинен керувати тканинними ролетами.

Виходячи з вище зазначених вимог було розроблено конструкцію пристрою, 3D модель якого зображена на рисунку 4.1.

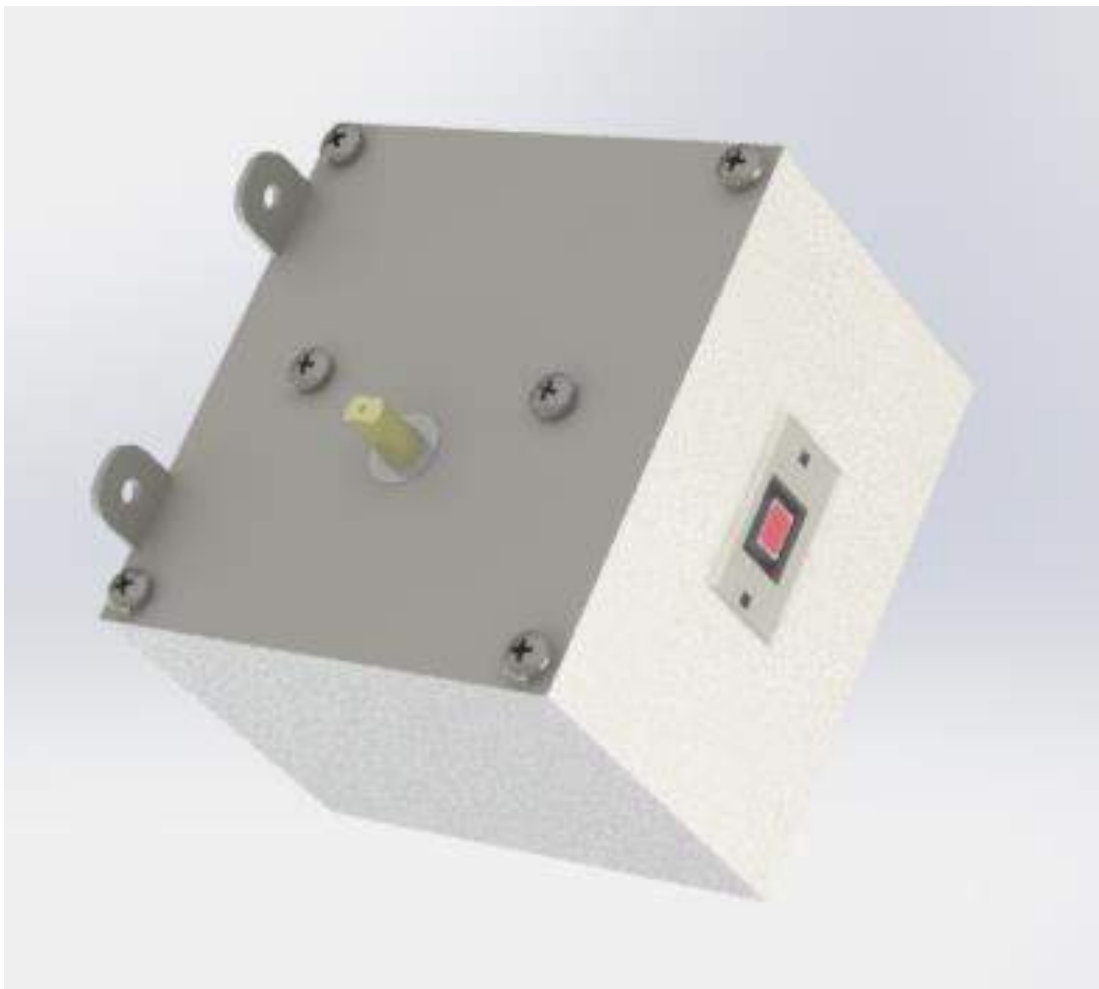


Рисунок 4.1 – 3D модель конструкції пристрою

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						34
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

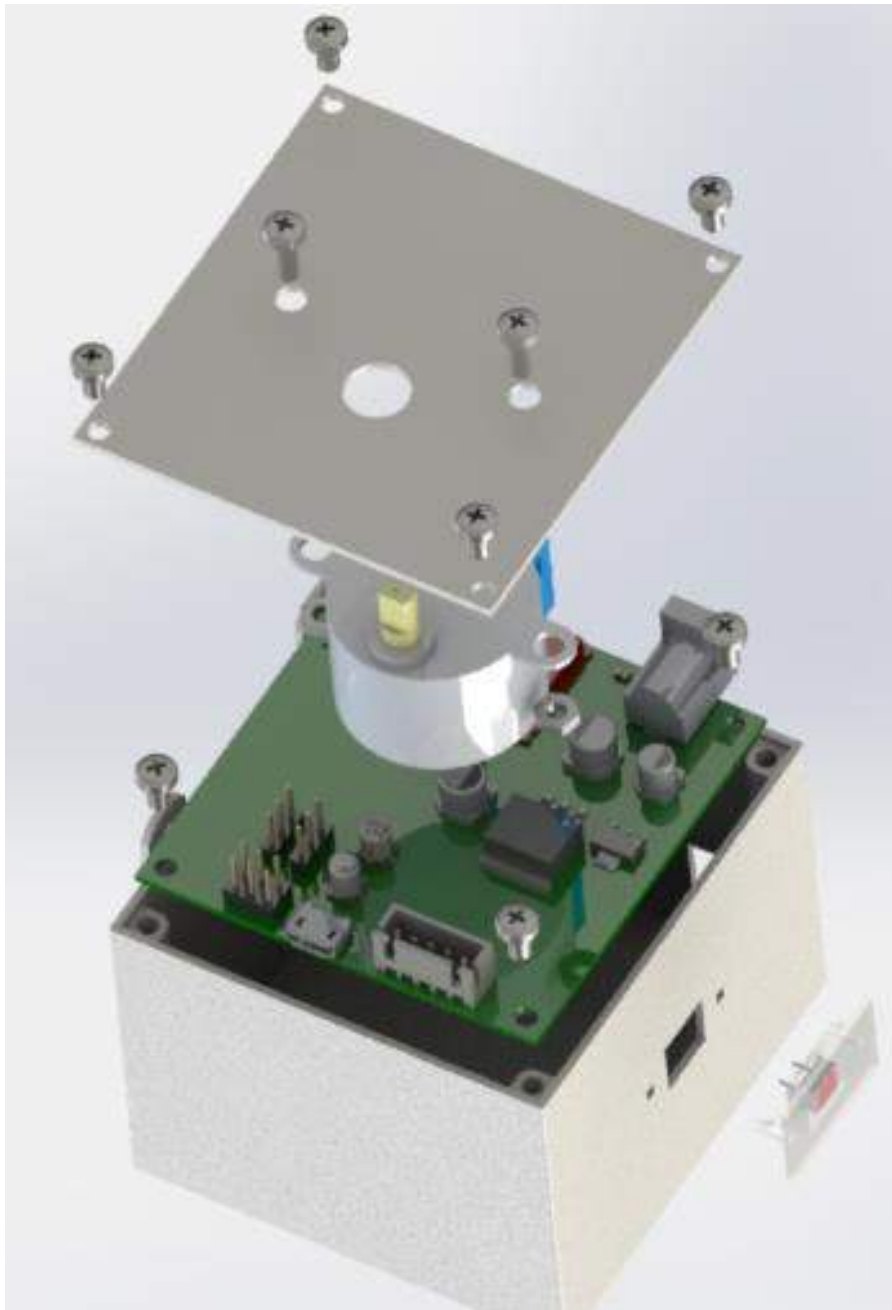


Рисунок 4.2 – Пристрій у розібраному вигляді

Пристрій складається з 3-х окремих блоків:

- 1) Блок керування;
- 2) Давач Холла;
- 3) Зовнішній давач освітленості.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.468331.001 ПЗ

Лис
35

Корпус блоку керування, який зображений на рисунках 4.1-4.2, складається з основи корпусу, кришки та корпусу внутрішнього давача освітленості. Внутрішній давач освітленості у відповідному корпусі фіксується за допомогою епоксидної смоли.

Корпус давача Холла, який зображений на рисунку 4.3, складається з корпусу для фіксації давача та пластини для кріплення на вікно. Для надійного закріплення у корпусі давача Холла заливають епоксидною смолою. Корпус є непрозорим.

Корпус зовнішнього давача освітленості, який зображений на рисунку 4.4, побудований за аналогією до корпусу давача Холла. Даний корпус є прозорим для видимого спектру світла.

Відповідні давачі з'єднані з платою керування за допомогою дротів.

Основа корпусу з'єднується з кришкою за допомогою гвинтів М3х5 для яких має бути нарізана різьба у відповідних місцях основи корпусу.

Кроковий двигун з'єднується з кришкою корпусу за допомогою гвинтів М3х6 та гайок М3.

Плата з основою корпусу з'єднується за допомогою гвинтів М3х5.

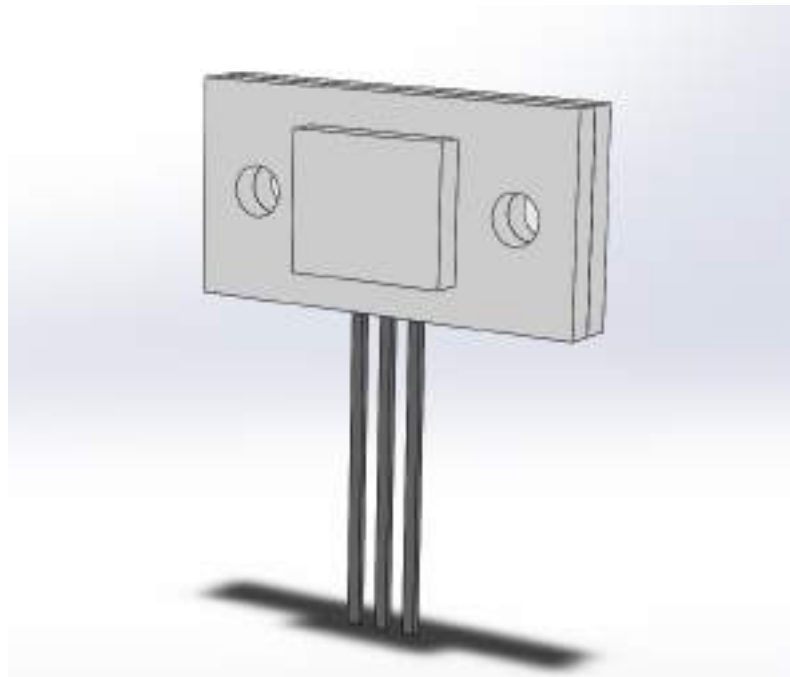


Рисунок 4.3 — Корпус давача Холла

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		36

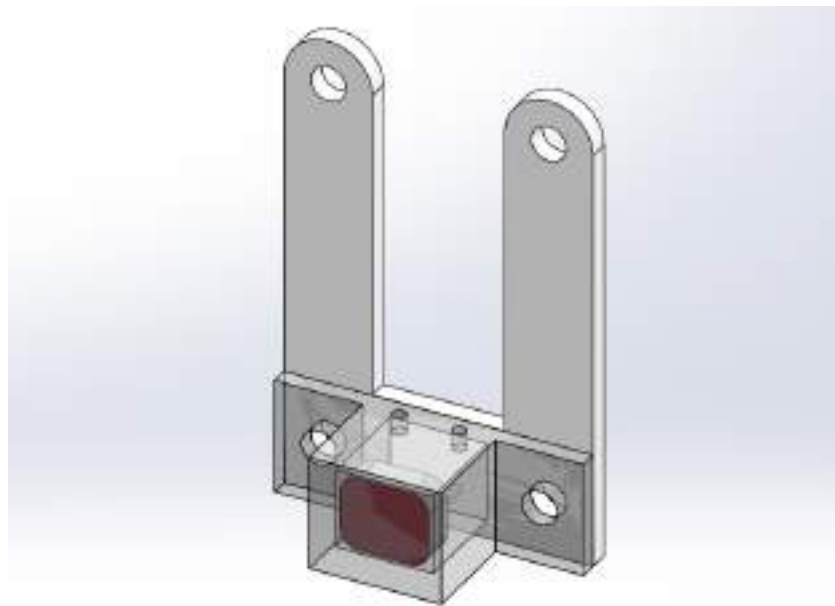


Рисунок 4.4 – Корпус зовнішнього давача освітленості

Таким чином отримуємо конструкцію, що задовольняє умовам технічного завдання та дозволяє виконувати необхідні функції.

Про це свідчать такі конструктивні параметри пристрою:

- Габаритні розміри: 80,8 x 63,7 x 68,1;
- Орієнтовна маса пристрою до 0,5 кг;
- Наявність усіх необхідних функціональних елементів конструкції, які забезпечують належну роботу пристрою (кроковий двигун, давач освітленості, плата керування);
- Елементи кріплення, що дозволяють закріпити пристрій на типовому метало-пластиковому вікні;
- Конструкція, що дозволяє з'єднати пристрій зі шторою або тканинним ролетом;
- Роз'єм живлення з відповідним отвором у корпусі;
- Отвір для підведення проводів від зовнішніх давачів.

Елементи корпусу пристрою можна виконувати за допомогою будь-яких адитивних технологій, що дозволяють виготовити корпус заданої конструкції та заданого матеріалу.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки керування пристроєм виконується через мобільний додаток або виконується автоматично, то елементи індикації, елементи ручного керування, а також позначення на корпусі не потрібні.

Давач Холла та зовнішній давач освітленості у специфікації та на складальному кресленіку пристрою не вказуються, оскільки фактично є комплектом, що встановлюється в іншому місці.

Складальний кресленик пристрою та специфікація до нього наведені у додатках Л і М відповідно.

Кріплення основного корпусу, давача Холла та зовнішнього давача освітленості здійснюється безпосередньо на вікно за допомогою гвинтів, а також завдяки малим габаритам та особливостям конструкції пристрій можна закріпити на двохсторонній скотч.

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						38
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 РОЗРАХУНКИ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

Розраховуємо власну резонансну частоту механічних коливань друкованого вузла.

Необхідні параметри плати:

- довжина плати $a = 60$ мм;
- ширина плати $b = 60$ мм;
- товщина плати $h = 1$ мм;
- модуль Юнга $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ Н/м²;
- питома густина матеріалу плати $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг/м³;
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,22$;
- маса елементів на платі $M = 0,1$ кг.

Формула для розрахунку частоти f_0 має вигляд:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

де $\varphi(\beta)$ — функція;

$\beta = a/b = 1$ — коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини і ширини плати;

D — циліндрична жорсткість, Н·м;

m — приведена маса друкованої плати з елементами, кг.

Розраховуємо приведену масу друкованої плати без елементів за формулою:

$$m_n = \rho h$$

Підставивши відповідні значення отримуємо значення $2,05 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо приведену масу друкованої плати з елементами за формулою:

$$m = m_n + \frac{M}{ab}$$

І отримуємо результат 29,8 кг.

Розраховуємо циліндричну жорсткість за формулою:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi^2)}$$

В результаті підстановки необхідних значень отримуємо 2,65 Нм.

При кріпленні друкованої плати у чотирьох точках значення функції $\varphi(\beta)$ буде визначатись за формулою:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1,612 \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1,612 \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}}$$

Підставивши значення отримуємо 8.

Розраховуємо власну резонансну частоту друкованої плати відповідно до отриманих параметрів за формулою:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2 \cdot \pi \cdot a \cdot b} \sqrt{\frac{m_n}{m}}$$

З цих розрахунків отримуємо значення 105 Гц.

					PI81.468331.001 ПЗ	Лис
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з отриманої резонансної частоти можемо зробити висновок, що друкована може бути механічно пошкоджена за низькочастотного вібраційного впливу, проте ця частота не відповідає частоті вібрацій, що створює кроковий двигун, тому в нормальних умовах плата є захищеною від вібрацій.

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						41
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В цій роботі було розроблено схему електричну структурну та принципову для пристрою автоматичної роботи тканинних ролетів «Розумні фіранки для Smart Home», сформована елементна база, проведені розрахунки діаметрів монтажних отворів, розмірів контактних майданчиків та ширини друкованих провідників, а також мінімальних габаритів плати. Були розроблені 2D та 3D моделі друкованої плати і у програмному середовищі Altium Designer. Також розроблені 3D моделі елементів корпусу пристрою у програмному середовищі SolidWorks.

Робота включає в себе аналіз технічного завдання, умов експлуатації, обґрунтування методу виготовлення друкованої плати, вибір матеріалу та класу точності плати.

Також було створено комплект конструкторської документації для приладу, який включає схему електричну принципову, перелік елементів, кресленик друкованої плати, специфікацію до друкованого вузла, кресленик складальної одиниці, складальний кресленик готового пристрою, специфікацію готового пристрою.

В результаті цієї роботи було удосконалено пристрій автоматичної роботи фіранок на основі тканинних ролетів. Пристрій був доповнений можливістю керування через Wi-Fi за допомогою спеціального застосунку, а також був розроблений новий корпус, який значно зменшив габарити пристрою та дав можливість його встановлювати лише у приміщенні.

За результатами розрахунків резонансної частоти механічних коливань друкованого вузла можна зробити висновок, що електронний модуль пристрою захищений від вібраційного впливу в нормальних умовах експлуатації.

А характеристики пристрою отриманого внаслідок конструкторської роботи задовольняють умовам технічного завдання, оскільки габарити пристрою, його функціонал та необхідні структурні елементи відповідають поставленому завданню.

					<i>P181.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						42
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Мотор для рулонних фіранок Aqara Roller Curtain Motor ZNGZDJ11LM Apple HomeKit [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/310971703/p310971703/> – 12.06.2022. – Назва з екрану.
2. Aqara мотор Roller B1 ролети ZNGZDJ11LM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ilounge.ua/ua/products/xiaomi-aqara-roller-shade-controller-apple-homekit-kupit> – 12.06.2022. – Назва з екрану.
3. Zigbee Control Solar Powered Smart Blinds [Електронний ресурс]. – Режим доступу: . – 12.06.2022. – Назва з екрану.: автор невідомий, https://aliexpress.ru/item/1005002003420466.html?spm=a2g2w.detail.1000060.3.504e2e8dSO2Y5T&_evo_buckets=165609,165598,188873,194275,299287,224373,176818&sku_id=12000022940134824&gps-id=aerPdpSubstituteRcmd&scm=1007.34525.283521.0&scm_id=1007.34525.283521.
4. Yoolax Motorized Window Blind Shangri-la [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.amazon.com/Yoolax-Motorized-Rechargeable-Customized-Shading-Brown/dp/B08MVZN4D7?th=1> – 12.06. 2022. – Назва з екрану.
5. ГОСТ 15150-69 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>.
6. ГОСТ 16019-2001 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/gost-16019-2001>.
7. Автоматические рулонные шторы своими руками [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.drive2.ru/b/550927069723230875/>.
8. Автоматизируем шторы - и всё-таки они крутятся [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mysku.ru/blog/diy/62110.html>.
9. 12 Вольт 5 Ампер блок питания китайского производства [Елеткронний ресурс]. – Режим доступу: <https://3dtoday.ru/blogs/kirich/12-volt-5-amp-power-supply-or-how-it-could-be-done>.

					<i>PI81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						43
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

10. FR-4 [Електронний ресурс]. — Режим доступу :
<http://www.pcbpro.ru/materialy-pechatnyh-plat/tech-fr4/>.

					<i>РІ81.468331.001 ПЗ</i>	Лис
						44
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту
Доцент Адаменко Ю.Ф.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри прикладної радіо-
електроніки д.т.н., проф. Нелін Є.А.

(дата)

(підпис)

(дата)

(підпис)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
«Розумні фіранки для Smart Home»

1 НАЗВА ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва пристрою – Пристрій автоматичної роботи фіранок.

2 ВИКОНАВЕЦЬ

Виконавець – студентка групи РІ-81 Гелетко Олександра Ярославівна. Радіотехнічний факультет НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

3 МЕТА ВИКОНАННЯ ДКР І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Мета – створення пристрою для автоматичного керування фіранками типу тканинні ролети.

Призначення – керування фіранками залежно від внутрішнього та зовнішнього освітлення для забезпечення оптимальної освітленості приміщення.

Склад продукції – корпус (основа та кришка), друкований вузол, кроковий двигун.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Вимоги призначення

Пристрій працює від змінної напруги в діапазоні від 200 до 240 В, працює з чотирифазними кроковими двигунами з напругою живлення 12 В, працює з фіранками, що мають можливість встановлення моторизованого обладнання.

4.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Продукція має працювати в мікрокліматичних районах на суші і на морі, окрім макрокліматичних районів з дуже холодним кліматом (усекліматичного виконання). Продукція призначена для експлуатації в приміщеннях з кондиціонуванням або частково кондиціонованим повітрям.

Кліматичне виконання за ГОСТ 15150-69 В-4.1. В.

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001, С1. Стаціонарна, встановлюється в опалюваних наземних і підземних спорудах.

4.3 Вимоги надійності

Напрацювання на відмову не менш ніж 2000 год. (2 роки). Остаточні вимоги уточнюються у процесі розробки приладу.

4.4 Вимоги до конструкції

Пристрій має бути уніфікованим для роботи з фіранками різних конструкцій, що мають спроможність бути моторизованими.

Також пристрій повинен мати універсальне настінне кріплення та малі габарити, а також візуально нейтральний дизайн.

Пристрій повинен керуватись з мобільного додатку та/або працювати в автономному режимі.

Пристрій має блочне виконання і складається з 3 блоків: моторизованого блоку, блоку керування та блоку живлення.

Маса пристрою повинна бути не більше ніж 500 гр.

4.5 Вимоги до технологічності

Пристрій повинен бути створений на уніфікованих вузлах та мати високу ремонтпридатність, а також бути пристосованим до серійного або масового виробництва на уніфікованому виробничому устаткуванні.

4.6 Вимоги до уніфікації та стандартизації

Коефіцієнт повторюваності має становити не менше 50%.

4.7 Вимоги до якості і технічного рівня

Відповідає світовому рівню.

4.8 Техніко-економічні вимоги

Пристрій має бути низьку ціну та собівартість.

Має складатися з дешевих та доступних компонентів.

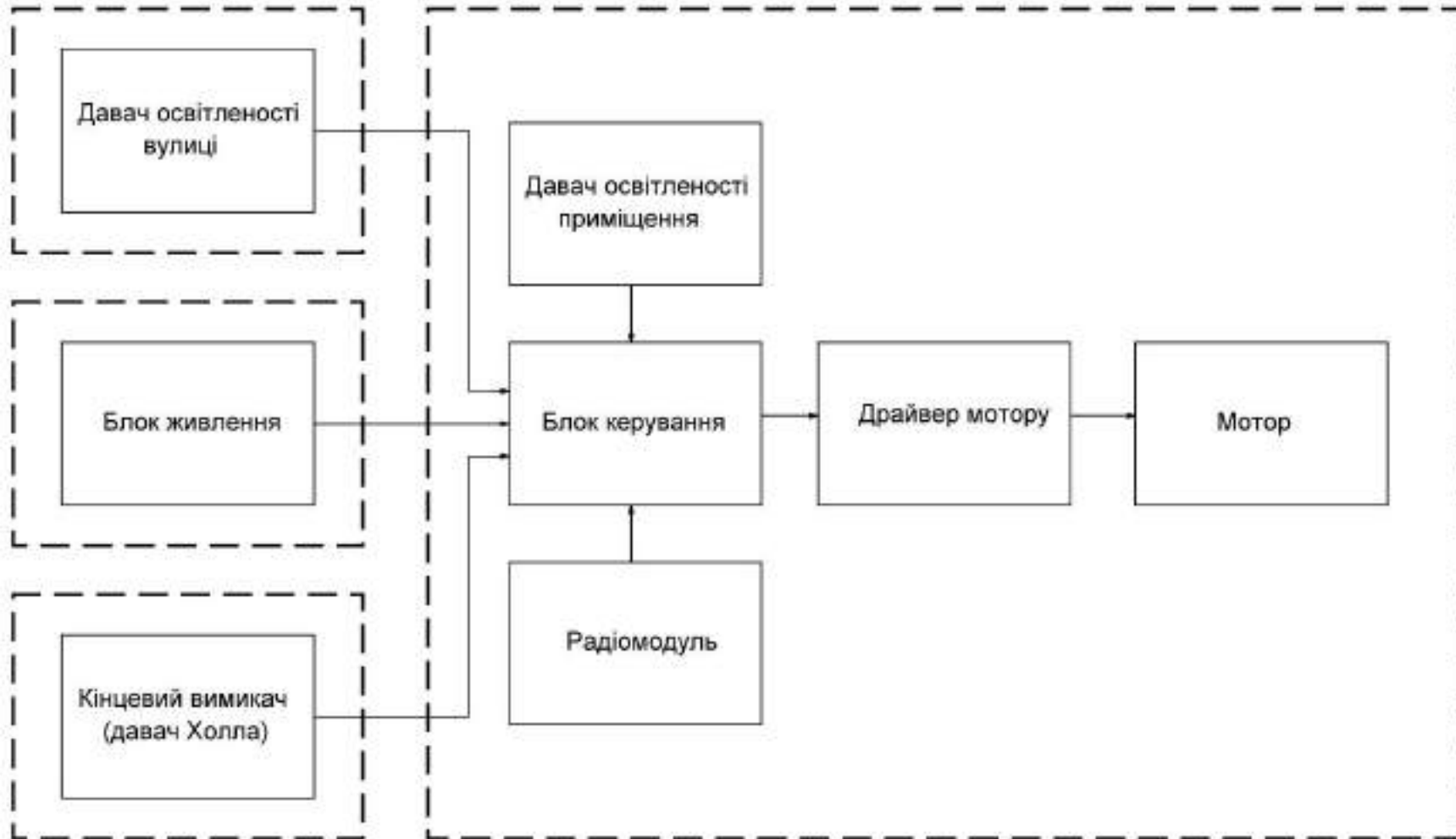
Перевагами даного пристрою перед іншими вітчизняними і зарубіжними аналогами є його низька ціна та автономність, можливість керування за допомогою мобільного додатку як у приміщенні поряд з приладом, так і дистанційно, а також синхронізація з іншими пристроями розумного будинку.

5 СТАДІЇ ТА ЕТАПИ ПРОЕКТУ.

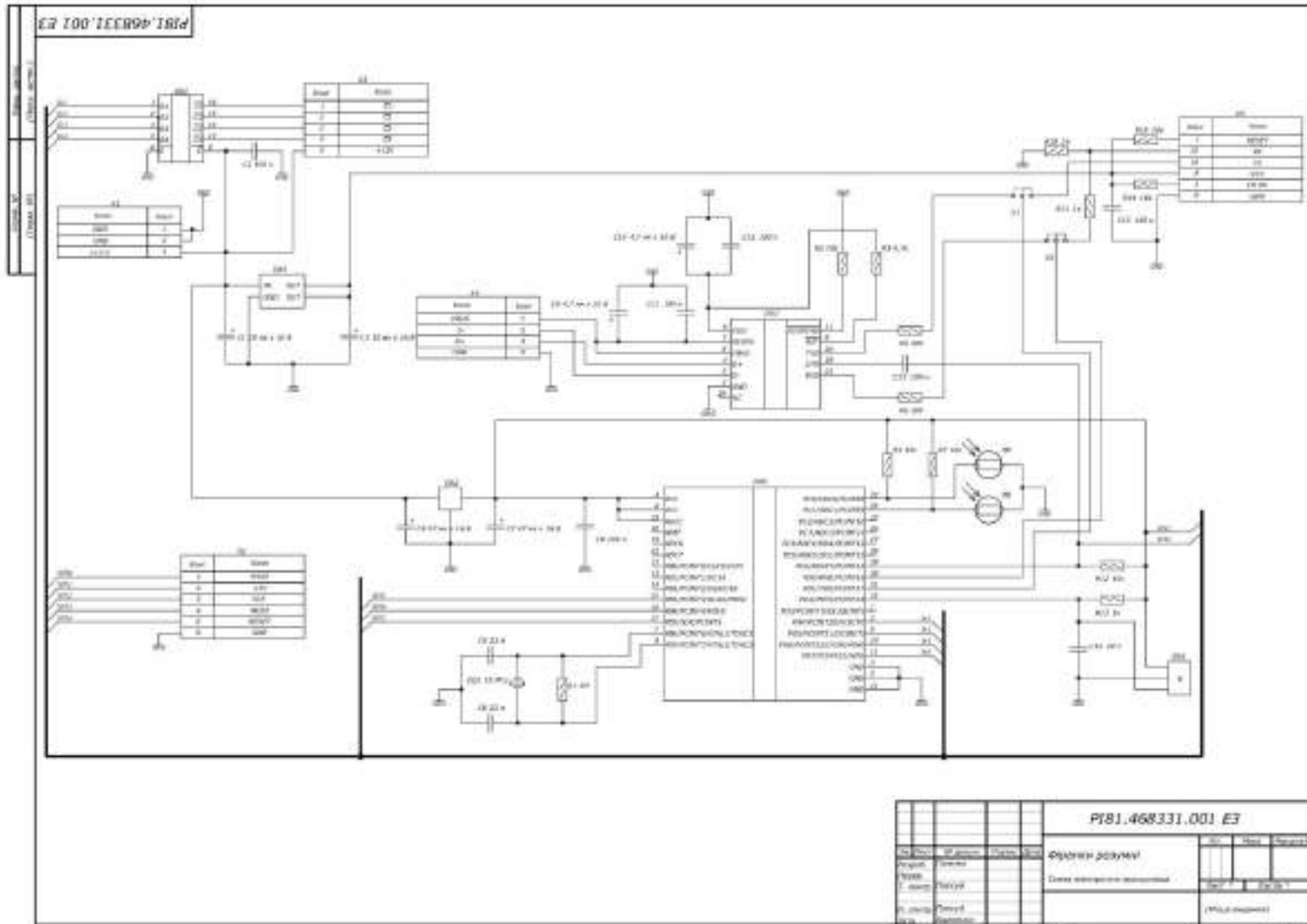
Робота виконується в 9 етапів:

1. ТЗ та його аналіз
2. Технічна пропозиція
3. Вибір компонентів та матеріалів
4. Проектування оригінального вузла
5. Розрахунки, що підтверджують працездатність
6. Оформлення пояснювальної записки
7. Розробка креслень
8. Надання проекту на перевірку
9. Захист проекту

ДОДАТОК Б. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА



ДОДАТОК В. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА



ДОДАТОК Г. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
BB1	Давач Холла OH137 – Nanjing Ouzhuo	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	EEEHC1C100R – Panasonic 10 мкФ 16 В ± 10%	1	
C2	CL21B104KACGCNC – Samsung 100 н 25 В ± 10%	1	
C3	EEEHC1C100R – Panasonic 10 мкФ 16 В ± 10%	1	
C4	EEEHC1C470P – Panasonic 47 мкФ 16 В ± 10%	1	
C5, C6	CL21B220KACGCNC – Samsung 22 нФ 25 В ± 10%	2	
C7	EEEHC1C470P – Panasonic 47 мкФ 16 В ± 10%	1	
C8	10SVP4R7M – Panasonic 4,7 мкФ 10 В ± 20%	1	
C9	CL21B104KACGCNC – Samsung 100 н 25 В ± 10%	1	
C10	10SVP4R7M – Panasonic 4,7 мкФ 10 В ± 20%	1	
C11- C13	CL21B104KACGCNC – Samsung 100 н 25 В ± 10%	3	
C14	CL21B200KACGCNC – Samsung 20 нФ 25 В ± 10%	1	
C15	CL21B104KACGCNC – Samsung 100 н 25 В ± 10%	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	REG1117-3.3 – Bourns	1	
DA2	L7805CD2T-TR – AME	1	
DD1	ULN2003AD – Texas Instruments	1	
DD2	ATMEGA328P-AU – Atmel	1	
DD3	CP2102-GM – Silicon Labs	1	
PI81.468331.001 ПЕ			
З м.	Арж.	№ докум.	Підп ис.
Розробив	Гелетко		
Перевір.			
Реценз.			
Н. Контр			
Затверд.	Адамен ко		
Фіранки розумні		Літ.	Арж.
		1	2
		КПІ ім. Ігоря Сікорського, РТФ	

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки		
	<u>Резистори</u>				
R1	RC0805FR-1MR – Hitano 1 МОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R2	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R3	RC0805FR-4.7KR – Hitano 4,7 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R4	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R5, R6	RC0805FR-300R – Hitano 300 Ом 0,125 Вт ± 1%	2			
R7	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R8, R9	GM5528 – Wodeyijia	2			
R10	RC0805FR-2KR – Hitano 2 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R11	RC0805FR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R12	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R13	RC0805FR-1KR – Hitano 1 кОм 0,125 Вт ± 1%	1			
R14, R15	RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ± 1%	2			
S1, S2	Перемичка контактна DS10210-1x3 – Connfly Electronic	2			
	<u>Роз'єми</u>				
X1	KLS1-DC-005A-2.0 – KLS	1			
X2	DS1021-2x3S – Connfly Electronic	1			
X3	B5B-XH-A-M – JST	1			
X4	USB3090 – GCT	1			
X5	Контактні майданчики	1			
ZQ1	Кварцовий резонатор HC-49SMA – Sunshine	1			
			Арк.		
			2		
Эм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	PI81.468331.001 ПЕ

ДОДАТОК Д. РОЗРАХУНКИ ШИРИНИ ДРУКОВАНИХ ПРОВІДНИКІВ ТА ЗАЗОРУ МІЖ НИМИ

Розрахунок ширини друкованих провідників для всіх присутніх у схемі рівнів сигналу

Для сигнальних:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_S} := 0.25\text{mm}$
 Допуск на ширину провідника (нижче відоклення) $\Delta t_{noS} := -0.05\text{mm}$

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

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

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності (на один менше) $t_{minD_S} := 0.45\text{mm}$
 Допуск на ширину провідника (нижче відоклення) $\Delta t_{noS} := -0.1\text{mm}$

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

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)- $l_S := 0.06\text{m}$
 Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$
 Прикладена напруга (В)- $U_{актS} := 5\text{V}$
 Максимальний струм (А)- $I_{maxS} := 0.15\text{A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{maxS} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{актS} \cdot 0.03} = 0.03\text{mm}$$

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.pcb.

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

Максимальний струм (А)- $I_{maxS} := 0.15\text{A}$
 Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$
 Допустима щільність струму в провіднику (А/мм²)- $j_S := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3_S := \frac{I_{maxS}}{h_S \cdot j_S} = 0.214\text{mm}$$

Для силових 1:Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.25\text{mm}$ Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noP} := -0.05\text{mm}$

$$t1Vp := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.3\text{mm}$$

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

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:Вибираємо за класом точності- $t_{minDp} := 0.45\text{mm}$ Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noP} := -0.1\text{mm}$

$$t1IIIp := t_{minDp} + |\Delta t_{noP}| = 0.55\text{mm}$$

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)- $l_p := 0.06\text{m}$ Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$ Прикладена напруга (В)- $U_{жнвP} := 12\text{V}$ Максимальний струм (А)- $I_{maxP} := 0.4\text{A}$

$$t2p := \frac{l_p \cdot I_{maxP} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{жнвP} \cdot 0.03} = 0.033\text{mm}$$

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.pcb.

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:Максимальний струм (мА)- $I_{maxP} := 0.4\text{A}$ Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$ Допустима щільність струму в провіднику (А/мм²)- $j_p := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3p := \frac{I_{maxP}}{h_p \cdot j_p} = 0.571\text{mm}$$

Для силових 2:

Мінімально допустиму ширину провідника t4 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм ² /м)-	$\rho_p := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Довжина провідника (м)-	$l_p := 0.06 \text{ m}$
Товщина фольги (мм)-	$h_{\text{фол}} := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$
Прикладена напруга (В)-	$U_{\text{живр}} := 5 \text{ V}$
Максимальний струм (А)-	$I_{\text{maxr}} := 1 \text{ A}$

$$t4_p := \frac{l_p \cdot I_{\text{maxr}} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{\text{живр}} \cdot 0.03} = 0.2 \text{ mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t5 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)-	$I_{\text{maxr}} := 1 \text{ A}$
Товщина фольги (мм)-	$h_{\text{фол}} := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$
Допустима щільність струму в провіднику (А/мм ²)-	$j_p := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t5_p := \frac{I_{\text{maxr}}}{h_p \cdot j_p} = 1.429 \text{ mm}$$

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

Для силових 2:

$$t_{\text{min}_v} \geq \begin{cases} t1V_p & \text{у вузькому місці} \\ t4_p \\ t5_p \end{cases} \quad t_{\text{min}_w} \geq \begin{cases} t1III_p & \text{у широкому місці} \\ t4_p \\ t5_p \end{cases}$$

$$t_{\text{min2}_v_p} := \max(t1V_p, t4_p, t5_p) = 1.429 \text{ mm} \quad t_{\text{min2}_w_p} := \max(t1III_p, t4_p, t5_p) = 1.429 \text{ mm}$$

Рекомендована ширина для силового провідника $t_{\text{min2}_w_p} = 1.429 \text{ mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною $t_{\text{min2}_w_p} = 1.429 \text{ mm}$

то можна використувати ширину провідників $t_{\text{min2}_v_p} = 1.429 \text{ mm}$

Для силових 3:

Мінімально допустиму ширину провідника t6 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм ² /м)-	$\rho_{\text{Al}} := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Довжина провідника (м)-	$l_{\text{pr}} := 0.06 \text{ m}$
Товщина фольги (мм)-	$h_{\text{pr}} := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$
Прикладена напруга (В)-	$U_{\text{живр}} := 3.3 \text{ V}$
Максимальний струм (А)-	$I_{\text{maxpr}} := 0.5 \text{ A}$

$$t6_{\text{pr}} := \frac{l_{\text{pr}} I_{\text{maxpr}} \rho}{h_{\text{pr}} U_{\text{живр}} \cdot 0.03} = 0.152 \cdot \text{mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t7 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (мА)-	$I_{\text{maxpr}} := 0.5 \text{ A}$
Товщина фольги (мм)-	$h_{\text{pr}} := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм ²)-	$j_{\text{pr}} := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t7_{\text{pr}} := \frac{I_{\text{maxpr}}}{h_{\text{pr}} j_{\text{pr}}} = 0.714 \cdot \text{mm}$$

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

Для силових 3:

$t_{\text{min}_v} \geq \begin{cases} t1V_{\text{pr}} & \text{у вузькому місці} \\ t6_{\text{pr}} \\ t7_{\text{pr}} \end{cases}$	$t_{\text{min}_w} \geq \begin{cases} t1III_{\text{pr}} & \text{у широкому місці} \\ t6_{\text{pr}} \\ t7_{\text{pr}} \end{cases}$
---	---

$$t_{\text{min3}_v_{\text{pr}}} := \max(t1V_{\text{pr}}, t6_{\text{pr}}, t7_{\text{pr}}) = 0.714 \cdot \text{mm} \quad t_{\text{min3}_w_{\text{pr}}} := \max(t1III_{\text{pr}}, t6_{\text{pr}}, t7_{\text{pr}}) = 0.714 \cdot \text{mm}$$

Рекомендована ширина для силового провідника	$t_{\text{min3}_w_{\text{pr}}} = 0.714 \cdot \text{mm}$
Якщо не можливо провести провідник шириною	$t_{\text{min3}_w_{\text{pr}}} = 0.714 \cdot \text{mm}$
то можна використувати ширину провідників	$t_{\text{min3}_v_{\text{pr}}} = 0.714 \cdot \text{mm}$

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

Для силових 1:

$$t_{\min_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases} \quad t_{\min_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases}$$

$$t_{\min_vP} := \max(t1V_P, t2_P, t3_P) = 0.571 \cdot \text{mm} \quad t_{\min_wP} := \max(t1III_P, t2_P, t3_P) = 0.571 \cdot \text{mm}$$

Для сигнальних:

$$t_{\min_v} \geq \begin{cases} t1V_S & \text{у вузькому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases} \quad t_{\min_w} \geq \begin{cases} t1III_S & \text{у широкому місці} \\ t2_S \\ t3_S \end{cases}$$

$$t_{\min_vS} := \max(t1V_S, t2_S, t3_S) = 0.3 \cdot \text{mm} \quad t_{\min_wS} := \max(t1III_S, t2_S, t3_S) = 0.55 \cdot \text{mm}$$

Рекомендована ширина для сигнального провідника $t_{\min_wS} = 0.55 \cdot \text{mm}$

Рекомендована ширина для силового провідника $t_{\min_wP} = 0.571 \cdot \text{mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною $t_{\min_wP} = 0.571 \cdot \text{mm}$ та $t_{\min_wS} = 0.55 \cdot \text{mm}$

то можна використувати ширину провідників $t_{\min_vP} = 0.571 \cdot \text{mm}$ та $t_{\min_vS} = 0.3 \cdot \text{mm}$

Розрахунок зазорів S між елементами друкованого монтажу:

Найменша номінальна відстань Sm між елементами провідникового рисунку (між двома провідниками)

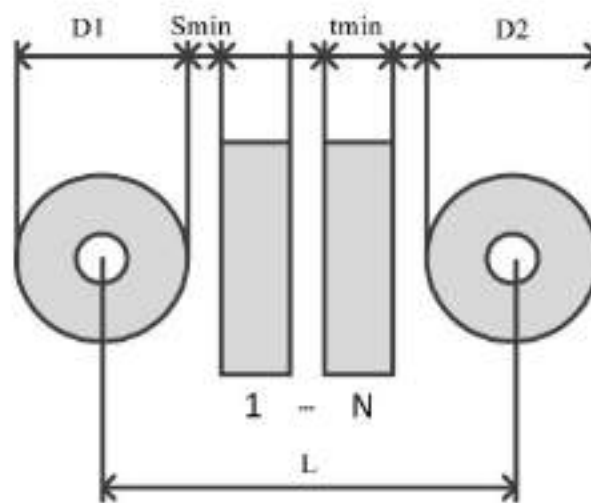
Мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами (мм) $S_m := 0.25 \text{mm}$

Допуск на ширину провідника (верхнє відхилення) (мм) $\Delta t_{\text{во}} := 0.1 \text{mm}$

$$S_{\min} := S_m + \Delta t_{\text{во}} = 0.35 \cdot \text{mm}$$

Розрахунок мінімальної відстані L у вузькому місці для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками

Діаметр контактного майданчика 1(мм) -	$D1 := 1\text{mm}$
Діаметр контактного майданчика 2(мм) -	$D2 := 1\text{mm}$
Відстань між елементами провідникового рисунку, (мм)-	$S_{\min} = 0.35\text{-mm}$
Кількість провідників-	$N := 1$
Розміщення центрів осей (мм)-	$T := 0.05\text{mm}$
Ширина провідника-	$t_{\min} := 0.429\text{mm}$

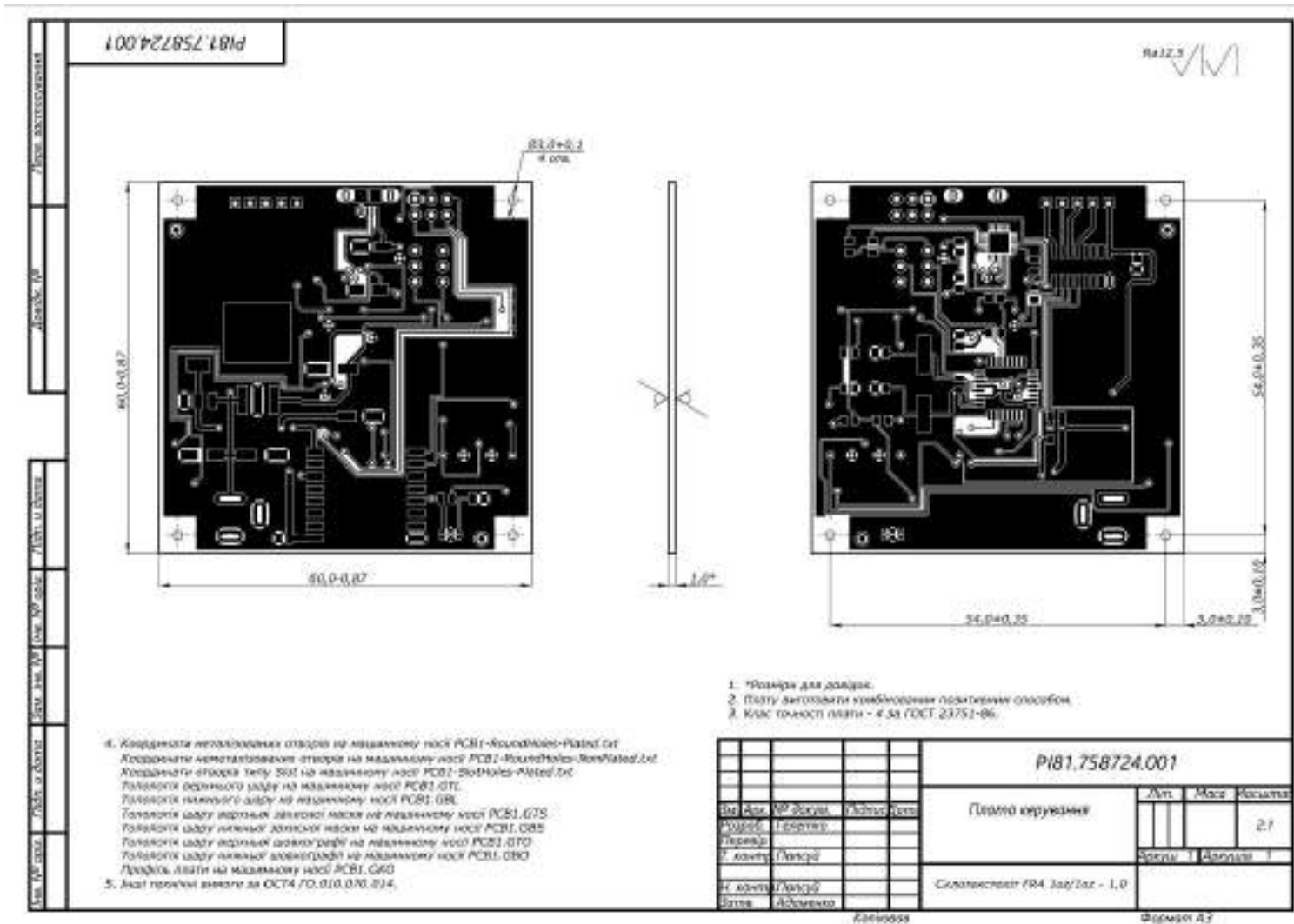


$$L_{\min} := \frac{D1 + D2}{2} + N \cdot t_{\min} + S_{\min} \cdot (N + 1) + T = 2.179\text{-mm}$$

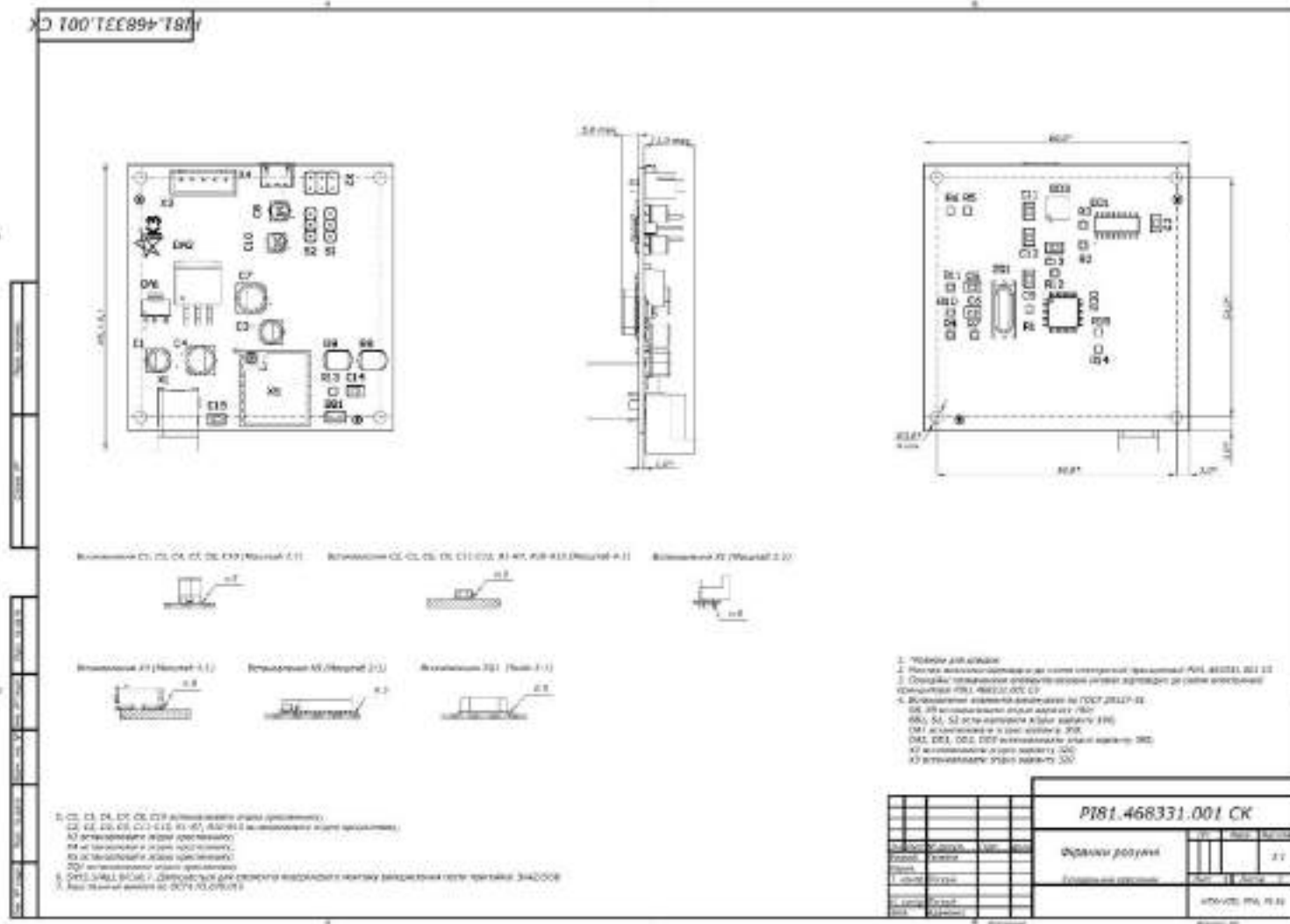
ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - $T=0,05$ мм, для завдань звичайної і низької складності - $T=0,1$ мм. Ширина провідника та відстань між елементами обираються з попередніх розрахунків.

Якщо значення L менше, ніж відстань між виводами мікросхеми - то між ними можна провести N провідників.

ДОДАТОК Е. КРЕСЛЕНИК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ



ДОДАТОК Ж. ЕЛЕКТРОННИЙ МОДУЛЬ (СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК)



**ДОДАТОК К. ЕЛЕКТРОННИЙ МОДУЛЬ
(СПЕЦИФІКАЦІЯ)**

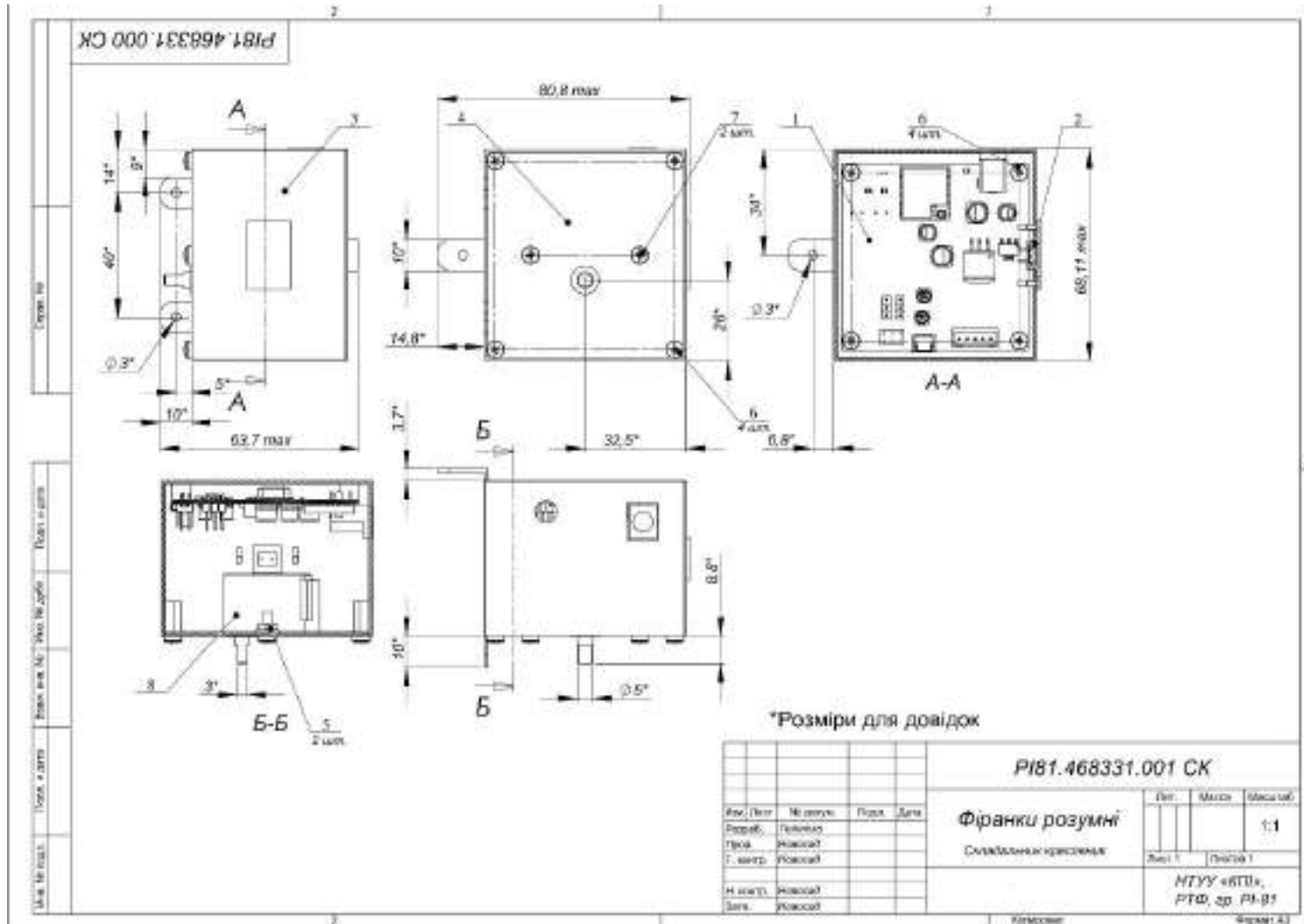
Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.		
				<u>Документація</u>				
A2			PI81.468331.001 СК	Складальний кресленик				
A4			PI81.468331.001 ЕЗ	Схема електрична принципова ЕЗ				
A2			PI81.468331.001 ПЕ	Перелік елементів				
			PCB1.GTL	Топологія верхнього шару плати				
			PCB1.GBL	Топологія нижнього шару плати				
			PCB1-SlotHoles- Plated.txt	Координати отворів				
			PCB1.GBS	Захисна маска нижнього шару				
			PCB1.GTS	Захисна маска верхнього шару				
			PCB1.GTO	Верхній шар шовкографії				
			PCB1.GBO	Нижній шар шовкографії				
				PI81.468331.001				
Змі н.	Арх уш	№ докум.	Гло п.	Де та				
Розроб.	Гелетко				Друкований вузол	Лист.	Аркуш	Аркуліє
Перев.							1	5
Т.контр							НТУУ «КПІ», РТФ, гр. PI-81	
Н.конт								
Утв	Абаменко							

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Деталі</u>		
A3		1	PI81.758724.001	Друкована плата		
				<u>Інші вироби</u>		
		2		Давач Холпа ОН137 – Nanjing Ouzhuo	1	BB1
		3		Кварцовий резонатор HC-49SMA – Sunshine	1	ZQ1
		4		Конденсатори EEEEHC1C100R – Panasonic 10 мкФ 16 В ± 10%	2	C1, C3
		5		CL21B104KACGCNC – Samsung 100 н 25 В ± 10%	6	C2, C9, C11- C13, C15
		6		EEEEHC1C470P – Panasonic 47 мкФ 16 В ± 10%	3	C3, C4, C7
				PI81.468331.001		2
Змін	Другу	№ докум.	Годн	Дів код		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
		7		CL21B220KACGCNC – Samsung 22 нФ 25 В ±10%	2	C5- -C6
		8		10SVP4R7M – Panasonic 4,7 мкФ 10 В ± 20%	2	C8, C10
		9		CL21B200KACGCNC – Samsung 20 нФ 25 В ±10%	1	C14
		10		Контактні майданчики Мікросхеми	1	X5
		11		REG1117-3.3 – Bourms	1	DA1
		12		L7805CD2T-TR – AME	1	DA2
		13		ULN2003AD – Texas Instruments	1	DD1
		14		ATMEGA328P-AU – Atmel	1	DD2
		15		CP2102-GM – Silicon Labs	1	DD3
ЗМВ	Арх	№ докум	Підп	Дат	PI81.468331.001 3	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
		16		Перемичка контактна DS10210-1x3 – Connfly Electronic	2	S1,
		17		Резистори RC0805FR-1MR – Hitano 1 МОм 0,125 Вт ± 1%	1	R1
		18		RC0805FR-10KR – Hitano 10 кОм 0,125 Вт ±1%	5	R2, R4, R7, R12, R14, R15
		19		RC0805FR-4.7KR – Hitano 4,7 кОм 0,125 Вт ±1%	1	R3
		20		RC0805FR-300R – Hitano 300 Ом 0,125 Вт ± 1%	2	R5- -R6
		21		GM5528 – Wodeyijia	2	R8- -R9
				PI81.468331.001		4
Змів	Арх	№ докум.	Год	Дата		

ДОДАТОК Л. РОЗУМНІ ФІРАНКИ (СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК)



ДОДАТОК М. РОЗУМНІ ФІРАНКИ (СПЕЦИФІКАЦІЯ)

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A4			P181.468331.001 ПЗ	Пояснювальна записка		
A3			P181.468331.001 СК	Складальний кресленик		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		1	P181.468331.002 СК	Блок керування	1	
A4		2	P181.201111.001 СК	Давач освітленості	1	
				<u>Деталі</u>		
A4		3	P181.301112.001	Корпус	1	
A4		4	P181.301251.001	Кришка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Гайка M3×2, 4.6 H5 ISO 4032	2	
		6		Гвинт M3×5 ISO 7045	8	
		7		Гвинт M3×6 ISO 7045	2	
				P181.468331.002		
Змі н.	Арх уш	№ докум.	Піо п.	Де та		
Розроб.	Гелетко				Лит.	Аркуш
Перев.						Аркуше
Т.контр						1 2
Н.контр					НТУУ «КПІ», РТФ, гр. РІ-81	
Утв	Абаменко					
Друкований вузол						

