

**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: «Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи РІ-81

Буренко Ярослав Олегович

_____ Прізвище, ім'я та по батькові

ЯБуренко-

_____ підпис

Керівник:

Ст. викладач Попсуй В.І.

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

_____ підпис

Рецензент:

Доцент, к.т.н. каф РТС, Піддубний Володимир Олек-
сійович

_____ 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) ЯБуренко-

Київ – 2022 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	3	
2	A4	PI81.434752.001 ПЗ	Пояснювальна записка	54	
3	A4	PI81.758724.002	Друкований вузол	3	
4	A3	PI81.434752.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
5	A3	PI81.434752.002 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
6	A4	PI81.434752.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
7	A3	PI81.758724.002 СК	Складальний кресленик	1	
8	A3	PI81.758724.001 СК	Складальний кресленик	1	
9	A3	PI81.758724.001	Друкована плата	1	

				PI81.434752.001ВД		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Буренко Я.О.	<i>Я.Буренко</i>	10.06	<i>Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА</i>	Лист	
Керівн.	Попсуй В.І.	<i>В.Попсуй</i>			Листів	
Консульт.					1	
Н/контр.	Попсуй В.І.	<i>В.Попсуй</i>			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.ПРЕ, Гр. PI-81	
Зав.каф.						

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

Буренку Ярославу Олеговичу

1. Тема проєкту «Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА», керівник проєкту Попсуй Володимир Ілліч, старший викладач, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту 13 червня 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту: потужність 40 Вт; живлення від автономного джерела 12 В; вихідна напруга 220 В; габаритні розміри паралелограм; умови експлуатації в приміщенні.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які необхідно розробити):

провести аналіз завдання, оглянути існуючі пристрої аналоги, розробити схему електричну принципову, обрати елементну базу, розробити корпус пристрою, розрахувати віброміцність друкованого вузла.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема електрична принципова, складальний кресленик друкованого вузла, друкована плата, презентація.

6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	01.05 – 05.05	Виконано
2	Розробка та аналіз технічного завдання	10.05 – 13.05	Виконано
3	Синтез схеми пристрою	15.05 – 22.05	Виконано
4	Розробка друкованого вузла	23.05 – 26.05	Виконано
5	Розробка корпусу пристрою	27.05 – 30.05	Виконано
6	Перевірка віброміцності	31.05 – 1.06	Виконано

Студент

Ябуренко

Ярослав Буренко

Керівник

Володимир Попсуй

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки загальним обсягом 54 сторінки, що містять у собі 33 рисунка, 27 таблиць, 3 додатків та 34 посилань.

Метою даного дипломного проєкту є розробка перетворювача напруги з 12 В до 220 В, який буде жити різного роду радіоапаратуру. Основне призначення пристрою жити прилади без централізованого електропостачання за допомогою автономних джерел енергії. У проєкті був проведений огляд схожих пристроїв на ринку, на кожен пристрій створено таблицю з характеристиками та прописано переваги та недоліки. На основі основних параметрів, було обрано тип конструкції, матеріал корпусу та необхідні характеристики. Були розроблені схема електрична принципова, друкована плата та конструкція корпусу.

Пристрій призначений, як для використання в руках користувача так і для роботи на горизонтальних поверхнях по типу столу або торпеди автомобіля. Пристрій оснащений мережевою розеткою та роз'ємом на 12 В. В комплекті з пристроєм є комплект клем для підключення до акумулятора.

Ключові слова: перетворювач напруги, *CD4011*, *NE555P*.

ANNOTATION

The diploma project consists of an explanatory note with a total volume of 54 pages, containing 33 figures, 27 tables, 3 appendices and 34 references.

The aim of this diploma project is to develop a voltage converter from 12 V to 220 V, which will power various types of radio equipment. The main purpose of the device is to power appliances without centralized power supply using stand-alone power sources. The project reviewed similar devices on the market, created a table with characteristics for each device and described the advantages and disadvantages. Based on the basic parameters, there was the type of construction, housing material and required characteristics. The electrical circuit diagram, printed circuit board and housing design were developed.

The device is designed for use in the hands of the user and for work on horizontal surfaces such as a table or torpedo car. The device is equipped with a mains socket and a 12 V socket. The device will come with a set of terminals for connection to the battery.

Keywords: voltage converter, *CD4011*, *NE555P*.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА»

Київ — 2022 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
Вступ.....	3
1 Огляд існуючих рішень. Аналіз технічного завдання.....	3
1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку.....	4
1.2 Аналіз технічного завдання	11
2 Обґрунтування схемотехнічного рішення.....	13
2.1 Аналіз схеми електричної принципової	13
2.1 Представлення елементної бази	18
Активні компоненти	18
Пасивні компоненти	21
3 Розробка друкованого вузла та корпусу пристрою	29
3.1 Аналіз з точки зору технолога	29
Обґрунтування методу виготовлення	29
Обґрунтування вибору матеріалу плати	29
Обґрунтування вибору припою	29
Вибір класу точності.....	30
3.2 Розрахунок елементів друкованого монтажу.....	30
3.3 Проектування друкованої плати в програмному забезпеченні Altium.....	31
Трасування провідників	34

					PI81.434752.001 ПЗ			
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА	Літ.	Лист	Листів
Розробив	Буренко Я.О.	Ябчуренко					1	
Перевірів	Попсуй В.І.					PI-81, РТФ		
Н. Контр.	Попсуй В.І.							
Затвер-								

3.4 Конструкція пристрою	37
4 Розрахунок, що підтверджує працездатність	39
4.1 Розрахунок віброміцності	40
Висновки	42
Перелік джерел посилання	42
Додаток А.....	56
Додаток Б	61
Додаток В	62

					PI81.434752.001 ПЗ			
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА	Літ.	Лист	Листів
Розробив	Буренко Я.О.	ЯБуренко					1	
Перевірів	Попсуй В.І.					PI-81, РТФ		
Н. Контр. Затвер-	Попсуй В.І.							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АКБ — акумуляторна батарея

ТЗ — технічне завдання

ККД — коефіцієнт корисної дії

ПОС-61 — олов'яно-свинцевий легкоплавкий припій

КД — конструкторська документація

					<i>РІ81.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						2
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

У ХХІ столітті життя людини стає більш мобільним, тому з'являються проблеми пов'язані з пересуванням які потрібно вирішувати. Перетворювачі напруги сьогодні використовуються повсюди як автолюбителями, які бажають користуватися побутовою технікою далеко від дому, так і мешканцями автономних помешкань, які користуються сонячною енергією або «розумним житлом». Так в житті кожної людини трапляються ситуації, коли виникає необхідність в наявності розетки на віддаленні від централізованого електропостачання. Частіше всього це може статися на вулиці міста або села, на природі в автомобілі. Електропостачання можна замінити будь-яким автономним джерелом. Але якщо є пристрій, який дозволяє поповнювати заряд акумулятора, ресурс перетворювача збільшиться в кілька разів. Звичайно, ємності акумулятора навряд чи вистачить надовго, та все ж дозволить використовувати пристрої, що розраховані на мережеве живлення в автономному варіанті. Практика використання різноманітних побутових приладів, що живляться від мережі та використовуються в автономному варіанті дозволяє зробити висновок: не зважаючи на достатньо широке представлення на ринку перетворювачів напруги 12 В /220 В всі вимоги користувача жоден з них задовольнити не може. Сучасні перетворювачі з високим ККД працюють на частотах до десятків кілогерц і мають формувач вихідного сигналу з частотою 50 Гц. Для імпульсних джерел живлення апаратури форма синусоїди не відіграє суттєвої ролі, а, наприклад при живленні від такого перетворювача світлових мало інерційних пристроїв, у споживача виникає оптичний дискомфорт.

Саме тому є потреба створювати пристрій, який зможе житися від акумуляторної батареї або від іншого джерела автономної енергії. Пристрій повинен перетворювати напругу від автономного джерела 12 В на напругу 220 В, 50 Гц з високими вимогами до форми вихідного сигналу для живлення радіоапаратури та інших побутових приладів, в першу чергу світлових.

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку

Наразі на ринку представлена велика кількість перетворювачів напруги, які ефективно працюють в тих чи інших умовах експлуатації, кожен з них має різні технічні характеристики, які також суттєво залежать від політики ціноутворення. Розглянемо вибірку з пристроїв, які популярні на ринку та набули широкого вжитку.

Перетворювач напруги Ring REINVU300 12 в 220 В з USB портом

Один з потужних перетворювачів що представлений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 — Перетворювач напруги Ring REINVU300 12 в 220 В з USB портом. [1]

Технічні характеристики перетворювача наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Технічні характеристики REINVU300 12 в 220 В з USB портом.

Потужність	300 Вт
Номінальна напруга	11 В -15 В
Вихідний струм	2,1 А
Вихідна напруга	220 В

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		4

Продовження таблиці 1.1

Вага	0,8 кг
Матеріал корпусу	Пластик
Розміри	234 × 150 × 85 мм ³
Гарантійний термін експлуатації	12 місяців
Ціна	1300-1600 грн

В таблиці 1.1 і далі за текстом ціни вказані станом на 9 травня 2022 р.

Такий пристрій використовується, як перетворювач напруги для живлення різного роду РА. Ring REINVU 300 підключається за допомогою клем до акумулятора. Його особливістю є значна потужність. Максимальна потужність даного перетворювача сягає 300 Вт, такою потужність перетворювач здатен забезпечувати протягом 5 хв; робоча потужність 240 Вт протягом 4 годин. Також даний перетворювач має USB-вихід для підключення зовнішніх USB-пристроїв.

Перевагами даного пристрою є висока якість збірки, відносно компактні розміри з невеликою вагою і високою потужністю, що дозволяє використовувати його в різних місцях для живлення різноманітної апаратури. Перетворювач захищений від короткого замикання та від перевантаження, що сприяє тривалій безаварійній експлуатації. Перетворювач має індикацією стану роботи.

До недоліків можна віднести негерметичний пластиковий перфорований корпус, що сприяє запиленості та не захищає від дощу, туману і вологи оточуючого повітря. Відсутність активної системи охолодження, тобто необхідно передбачувати наявність природної циркуляції повітря в місці встановлення перетворювача і його жорстку орієнтацію в просторі при роботі на режимах, що близькі до граничних.

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Перетворювач напруги АІДА 12/220-100Вт 12 в 220 В

Перетворювач напруги меншої потужності, компактна та зручна модель, яка підключається в прикурювач автомобіля. Це перетворювач, який дозволяє підключати до бортової мережі транспортного засобу будь-які побутові електроприлади, які працюють від 220 В (50Гц) з потужністю до 100 Вт. [2]

Даний пристрій зображено на рисунку 1.2. Технічні характеристики наведені в таблиці 1.2.



Рисунок 1.2 — Перетворювач напруги АІДА 12/220-100Вт 12 в 220 В [2]

Таблиця 1.2 — Технічні характеристики АІДА 12/220-100Вт 12 в 220 В

Потужність	100 Вт
Номінальна напруга	12 В
Струм на виході	2 А
Вихідна напруга	220 В
Тип охолодження	Пасивне
Матеріал корпусу	Пластик
Розміри	130 × 70 × 40 мм ³
Гарантійний термін експлуатації	12 місяців
Ціна	500-750 грн

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РІ81.434752.001 ПЗ

Лис

6

Негерметичний перетворювач потужністю 100 Вт в закритому пластиковому корпусі зі стабілізованою вихідною напругою. Особливістю даного пристрою є поєднання високих експлуатаційних характеристик в компактному корпусі. Підключення до мережі 12 В відбувається за допомогою роз'єму для прикурювача авто, для підключення до вихідної напруги 220 В вбудована мережева розетка.

Перетворювач або інвертор відрізняється високою якістю виконання і наявністю чотирьох видів електронного захисту, а саме: від перегріву, перевантажень, короткого замикання і низької напруги АКБ. Поріг спрацьовування захисту становить 10,7 В. До переваг можна віднести ціну перетворювача, по відношенню до інших пристроїв, вбудований в корпус кабель з роз'ємом до автомобільного прикурювача, малу вагу та компактний корпус перетворювача.

До недоліків можна віднести відсутність герметичного корпусу, що унеможливило використання даного перетворювача у вологих місцях та на відкритому просторі, відсутність передбачених ніжок у конструкції для стабільного розташування на горизонтальній поверхні.

Перетворювач напруги Luxeon IPS-300S 12 в 220 В

На рисунку 1.3 представлений потужний перетворювач, корпус якого виготовлений з металу. Під'єднання здійснюється за допомогою роз'єму, який встановлюється в прикурювач. Пристрій виконаний з активним типом охолодження, що забезпечує кращий температурний режим. В свою чергу завдяки такому типу охолодження з'являється шум при роботі перетворювача. [3]

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 — Перетворювач напруги Luxeon IPS-300S 12 в 220 В [3]

Технічні характеристики перетворювача представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 — Технічні характеристики Luxeon IPS-300S 12 в 220 В

Номінальна потужність	150 Вт
Вхідна напруга	10,5-14 В
Струм на виході	2,1 А
Вихідна напруга	220 В
Тип охолодження	Активне
Матеріал корпусу	Метал
Розміри	175 × 110 × 60 мм
Гарантійний термін експлуатації	24 місяці
Ціна	1500-1750 грн

Перетворювач на відміну від попередніх має доволі багато особливостей, а саме:

- мікропроцесорне управління;
- функція автоматичного перезапуску пристрою у разі спрацьовування захисту;

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		8

- світлодіодні індикатори стану роботи;
- гарантійний термін експлуатації 24 місяці.

На перетворювачі наявна етикетка з технічними характеристиками, логотипом та назвою моделі. Для деяких користувачів це є, як перевага так і недолік.

Недоліками цього перетворювача є відсутність захисту від вологи, наявність шуму при роботі та відносно висока ціна .

Перетворювач напруги Ring REINV300 12 в 220 В

На рисунку 1.4. представлений негерметичний перетворювач в металевому корпусі потужністю 240 Вт. Відмінністю від першого варіанту є те, що підключення до АКБ з напругою 12V відбувається за допомогою роз'єму для прикурювача або за допомогою клем. [4]



Рисунок 1.4 — Перетворювач напруги Ring REINV300 12В 220 В

Технічні характеристики перетворювача представлені в табл. 1.4. [4]

Таблиця 1.4 — Технічні характеристики Ring REINV300 12В/220 В

Потужність	240 Вт
Діапазон вхідної напруги	10-15 В
Струм на виході, мах	2 А
Вихідна напруга	220 В
Тип охолодження	Активне

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		9

Продовження таблиці 1.4

Матеріал корпусу	Метал
Розміри, вага	235 × 150 × 65 мм ³ , 0,88 кг
Гарантійний термін експлуатації	12 місяців
Ціна	1000-1200 грн

Перевагами даного пристрою є металевий корпус, який захищає від механічних пошкоджень, якісна збірка від іноземного виробника. Наявність двох видів під'єднання вхідної напруги, світлодіоди які показують стан роботи пристрою та цінову політику компанії.

До недоліків можна віднести незахищеність від вологи, відносно більшу вагу від попередніх пристроїв і меншу розповсюдженість на ринку України.

Висновки

Серед розглянутих приладів найпоширеніше використання металу, як матеріалу корпусу. Це можна пояснити тим, що корпус з металу довговічний, більш стійкий до впливу навколишнього середовища та простий у виготовленні. Металеві корпуси мають більш якісні поверхні в порівнянні з пластиком, після нанесення захисного покриття набувають стійкості до корозії, дозволяють в широкому діапазоні змінювати кольорову гаму, також ці варіанти корпусів зручні та прості при проведенні монтажних робіт.[5] В свою чергу корпуси з пластику менш затратні у виробництві і мають меншу вагу, дозволяють створювати розвинену поверхню з різними органолептичними характеристиками. Потужність розглянутих перетворювачів має досить широкий діапазон та складає від 100 Вт до 300 Вт. До переваг можна віднести відносно малі розміри корпусів та малу вагу, що полегшують взаємодію з виробами, більшість перетворювачів не мають кольорового забарвлення, що можна пояснити лаконічністю дизайну та перенесення зовнішнього вигляду на другий план, адже ці пристрої не повинні виноситися на показ. На деяких перетворювачах встановлено світлодіоди контролю працездатності. На всіх представлених перетворювачах розміщена етикетка з логотипом, назвою моделі

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

та характеристиками . Охолодження у всіх перетворювачів різне, зустрічається як пасивне так і активне. Процес охолодження забезпечується відповідними конструктивними рішеннями, при цьому це можна розцінювати той чи інший спосіб охолодження, як перевагу чи недолік. Пристрої представлені від 500 до 1700 гривень, що дає користувачу право вибору.

Наведені висновки дозволяють сформулювати вимоги до розроблюваного пристрою. Тип охолодження пасивне. Матеріал корпусу допускається як пластиковий так і металевий. Конструкція пристрою повинна бути малогабаритна та мати невелику вагу. Вхідна напруга 12 В. Вихідна 220 В. Потужність не менше 40 Вт. Частота вихідної напруги і, можливо, перетворення 50 Гц. Струм на вході не менше 4 А. Наявність мережевої розетки 220 В, та входу на 12 В.

1.2 Аналіз технічного завдання

У даному дипломному проекті розробляється прилад перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА, джерелом живлення якого слугує акумуляторна батарея.

Задачею проекту було створити перетворювач напруги, який живиться від акумуляторної батареї 12 В і при цьому може видавати вихідну напругу живлення 220 В, маючи сталу частоту перетворення 50 Гц.

У технічному завданні задане кліматичне виконання пристрою за ГОСТ 15150 — 69 УХЛ 4.1. Це мікрокліматичний район з помірним та холодним кліматом. Експлуатація пристрою відбувається в критих приміщеннях з опаленням та штучною вентиляцією, з мінімальними комутаційними викидами.

Необхідно забезпечити період безвідмовної роботи не менше ніж 4600 годин. Дана умова забезпечується вибором відповідної елементної бази і конструктивних рішень для пристрою належного рівня якості.

Для забезпечення схемотехнічних рішень, що будуть присутні в конструкції пристрою, підібрати готові схеми блоків та уніфіковані деталі.

Конструкцію пристрою потрібно виконати таким чином, щоб усі елементи були розташовані в одному корпусі та при цьому забезпечити малогаба-

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
						11
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ритність самої конструкції. Потрібно передбачити в корпусі місце під мережеву розетку 220 В та роз'єм підключення 12 В. Корпус повинен бути розбірним, щоб забезпечити можливість ремонту. Необхідно забезпечити безпеку користувача при роботі з пристроєм та за умови його несправності. Зовнішній вигляд пристрою повинен відповідати сучасним тенденціям і вимогам ринку та мати нанесену на корпус необхідну для користувача інформацію.

Граничні значення умов експлуатації:

- температура навколишнього середовища від 0 °С до 45 °С;
- відносна вологість від 0% до 90%.

Конструкція виробу має бути готова для транспортування автомобільним, залізничним, авіаційним та морським видами транспорту в пакуванні достатньої міцності і придатною для умов довготривалого зберігання Л1, які відповідають зберіганням в опалюваних та вентильованих складах, сховищах з кондиціонуванням повітря, що будуть розташовані в будь-яких макрокліматичних умовах.

					<i>РІ81.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						12
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

2.1 Аналіз схеми електричної принципової

З наведених в попередньому розділі вимог до конструкції була обрана схема електрична принципова перетворювача, що зображена на рисунку 2.1.

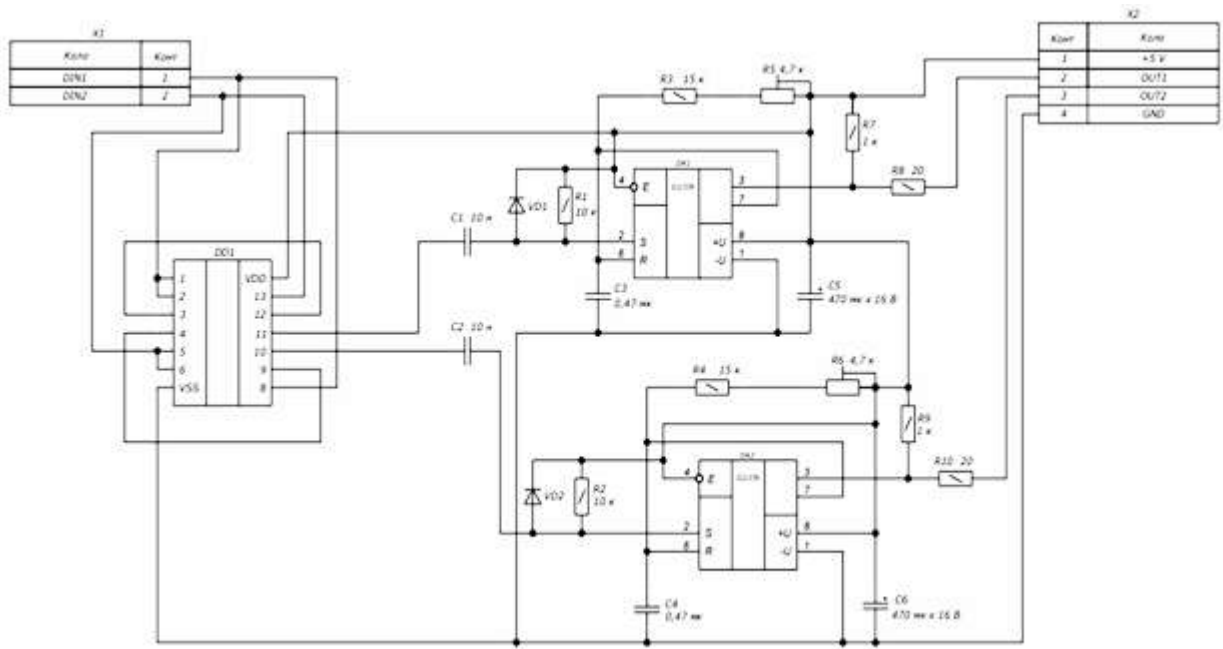


Рисунок 2.1 Схема електрична принципова формувача імпульсів [6]

В якості керуючого елемента DD1 було обрано цифрову інтегральну мікросхему *CD4011* (рисунок. 2.2) [7], аналог радянської *K561ЛА7*. *CD4011* широко використовується в електроніці та досить часто використовується розробниками для створення різного роду приладів на основі цифрових мікросхем. Логіка роботи елемента 2І-НЕ проста, якщо на обох його входах логічні одиниці, то на виході буде нуль, а якщо це не так тобто, на одному з входів або на обох входах є нуль, то на виході буде одиниця. Мікросхема *CD4011* логіки КМОП це означає, що її елементи зроблені на польових транзисторах, тому вхідний опір *CD4011* дуже високий, а споживання енергії від джерела живлення дуже мале. Можлива робоча напруга від 3 В до 20 В. Виробником є американська високотехнологічна компанія — *Texas Instruments*. [6]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.434752.001 ПЗ

Лис

13

Технічні характеристики представлені в таблиці 2.1

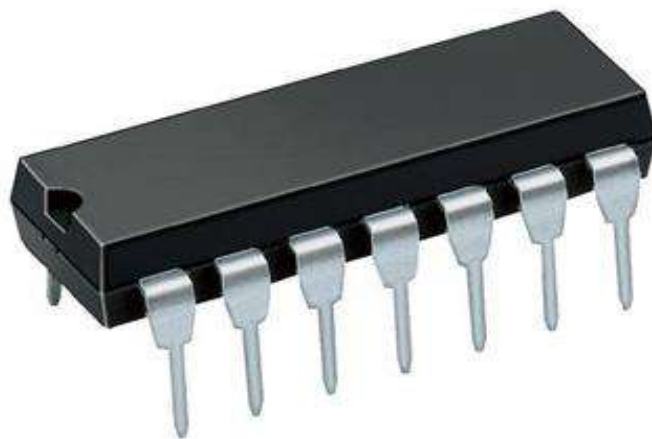


Рисунок 2.2 — Мікросхема *CD4011* від виробника *Texas Instruments*

Таблиця 2.1 Технічні характеристики мікросхеми *CD4011* [8]

Напруга живлення	3...20 В
Вхідна напруга	2,5...20,5 В
Вихідний/Вхідний струм	10 мА
Робоча температура	-55°C ...+125 °C
Розміри(Д x Ш x В),мм; колір	18x6x3 мм ³ ; чорний
Кількість виводів	14

На мікросхемі *CD4011* реалізовано вузол запуску одновібраторів на мікросхемах DA1 та DA2, в якості яких було обрано мікросхему *NE555P* (рисунок 2.3) від компанії *Signetics Corporation*, яка являє собою схему, що задає час (таймер). Ця мікросхема призначена для формування імпульсів напруги тривалістю від декількох мікросекунд до десятків хвилин. Необхідну довжину імпульсів задають підстроювальними резисторами. Мікросхема випускається в пластиковому *DIP*-корпусі, раніше були версії і в круглому металічному. Технічні характеристики представлені в таблиці 2.2. [9]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.434752.001 ПЗ

Лис

14

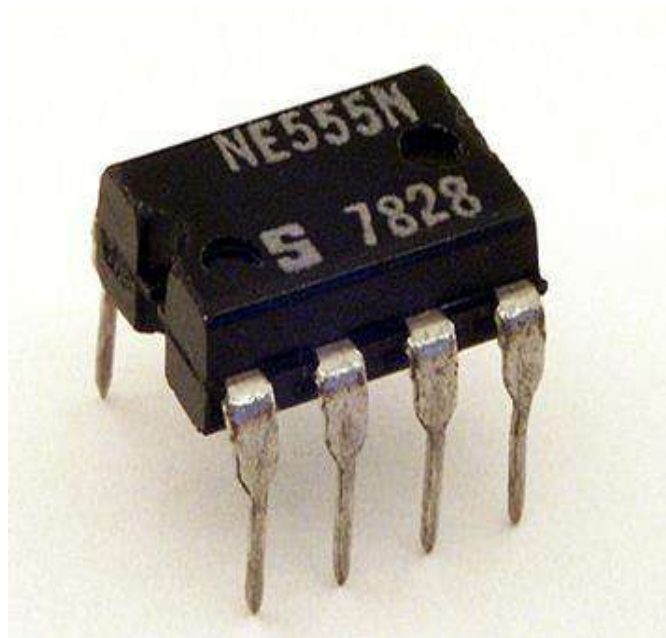


Рисунок 2.3 — Мікросхема-таймер *NE555P* від компанії *Signetics Corporation*

Таблиця 2.2 Технічні характеристики мікросхеми *NE555P* [10]

Частота	500 КГц
Напруга живлення	4,5...16 В
Вихідний струм	10 мА
Робоча температура	0 °С ...+70 °С
Корпус	DIP-8
Кількість виходів	8

Схема перетворювача показана на рисунку 2.4. Задаючий генератор зібраний на мікроконтролері *DD1*, власне сам перетворювач на польових транзисторах *VT1* та *VT2* і трансформаторі *T1*. Тактова частота мікроконтролера задається кварцовим резонатором *ZQ1*. Використання зовнішнього резонатора зумовлено необхідністю отримання частоти перетворення 50 Гц. Живлення мікроконтролера забезпечує понижаючий *DC-DC*-перетворювач на мікросхемі *DA1*.

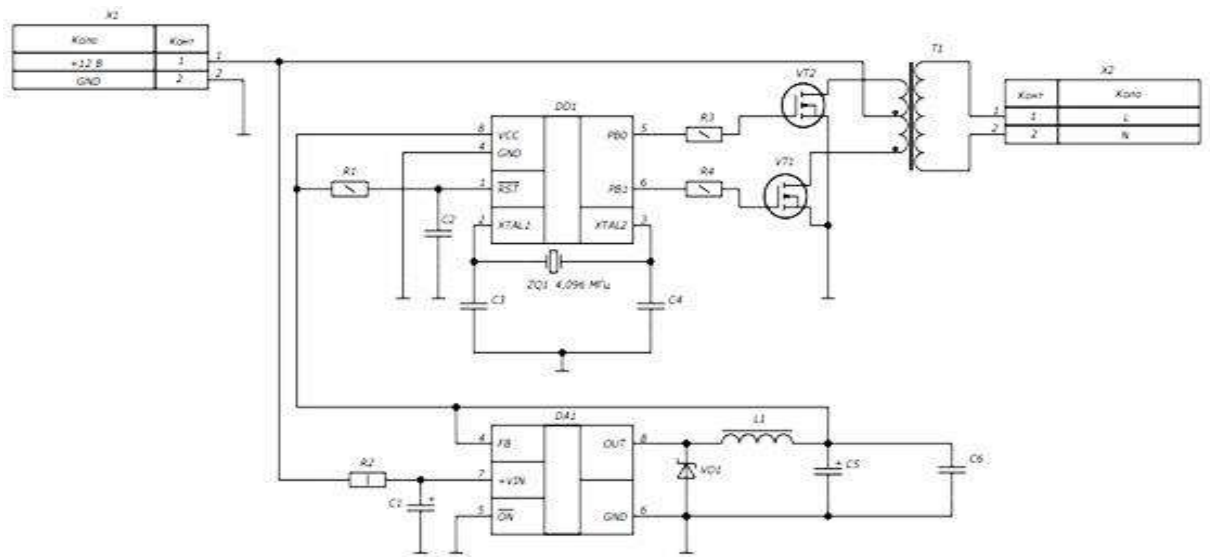


Рисунок 2.4 Схема електрична принципова перетворювача 12/220 В

В якості мікроконтролера було обрано *ATtiny25-20PU* від компанії *Microchip Technology* зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.5. Перевагами даного перетворювача є: низька ціна, малі розміри та енергоспоживання. [11]

Характеристики даного модуля наведені в таблиці 2.3

В мікроконтролері *ATtiny25-20PU* є блок генерації часу запізнення, який використовується для затримки формування наростаючих фронтів вихідних сигналів відносно початкового ШИ-сигналу. Наявність такої затримки запобігає протіканню наскрізних струмів через ключові транзистори. Проте використовувати цей блок можна тільки для високочастотних перетворювачів. Саме тому для реалізації роботи перетворювача на частоті 50 Гц буде використаний зовнішній формувач керуючих імпульсів.

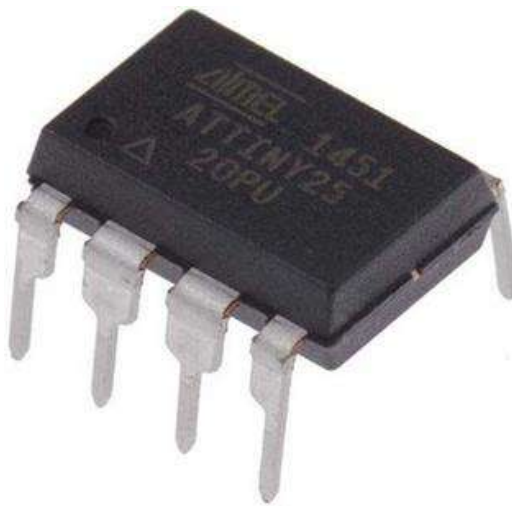


Рисунок 2.5 — Мікроконтролер *ATtiny25–20PU* від компанії *Microchip*

Характеристики даного модуля наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 Технічні характеристики мікроконтролера *ATtiny25–20PU*

[12]

Об'єм пам'яті	2 кбайт(10 000 тисяч запису)
Напруга живлення	2,7...5,5 В
Тактова частота	20 МГц
Робоча температура	-40 °С ...+85 °С
Корпус	DIP-8
Кількість виходів	6
Ядро	Avr, 8-bit

DC-DC інтегральний перетворювач *LM2594-5.0* від компанії *Texas Instruments*. Характеристики даного перетворювача наведені в таблиці 2.4.

Регулятори цієї серії — це монолітні інтегральні схеми, які забезпечують усі активні функції для понижуючого перемикаючого регулятора, здатного управляти навантаженням 0,5 А з відмінним регулюванням лінії та навантаження. Він вимагає мінімальної кількості зовнішніх компонентів, цей регулятор простий у використанні та оснащений внутрішньою частотною компенсацією, генератором з фіксованою частотою та покращеними характеристиками регулювання лінії та навантаження. [13]



Рисунок 2.6 — *DC-DC* інтегральний перетворювач *LM2594-5.0* від компанії *Texas Instruments*

Таблиця 2.4 — Технічні характеристики мікроконтролера *DC-DC* інтегрального перетворювача *LM2594-5.0* [13]

Діапазон вхідних напруг	7...40 В
Вихідна напруга	5 В
Максимальний вихідний струм	0,5 А
Робоча частота	150 кГц
Температурний діапазон	-40 °С ...+125 °С
Тип корпусу	DIP-8

2.1 Представлення елементної бази

Нижче наведені компоненти, які відповідають вимогам ТЗ і є достатньо надійними та дешевими і широко представлені на ринку.

Активні компоненти

У якості діода Шотткі було обрано модель від компанії *STMicroelectronics*, модель *1N5818*. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.7. [14]

					PI81.434752.001 ПЗ	Лис
						18
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 — Діод Шоттки *1N5818* від компанії *STMicroelectronics*

Технічні характеристики даного діоду можна побачити у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Технічні характеристики діода Шоттки *1N5818* від компанії *STMicroelectronics* [14]

Матеріал	Кремній
Максимальна зворотна напруга	30 В
Максимальний струм	1 А
Робоча температура	-40 °С ...+150 °С
Вага, г	0,4

Польові транзистори були обрані модель від компанії *Infineon Technologies*, модель *IRL3705ZSTRLPBF*. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.8. []

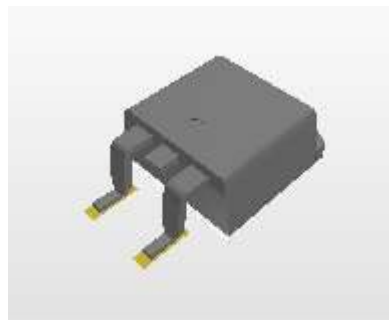


Рисунок 2.8 — 3D-вигляд польового транзистора *IRL3705ZSTRLPBF* від компанії *Infineon Technologies*

Технічні характеристики даного польового транзистора можна побачити у таблиці 2.6. [15]

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.6 Технічні характеристики польового транзистора *IRL3705ZSTRLPBF* від компанії *Infineon Technologies* [15]

Діапазон номінальної напруги затвору	4,5 В...10 В
Максимальна напруга	55 В
Розсіювана потужність	130 Вт
Робоча температура	-40 °С ...+150 °С

У якості діода було обрано модель від компанії *MICRO COMMERCIAL COMPONENTS*, модель *1N4148W-TP*. [16] Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.9.

Технічні характеристики даного діода можна побачити у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 Технічні характеристики діода *1N4148W-TP* від компанії *MICRO COMMERCIAL COMPONENTS* [16]

Зворотна напруга	100 В
Ємність	2 пФ
Корпус	SOD123
Розсіювана потужність	400 мВт



Рисунок 2.9 — Діод *1N4148W-TP* від компанії *MICRO COMMERCIAL COMPONENTS*

Пасивні компоненти

Електролітичний конденсатор номіналом 1000 мкФ, був обраний від компанії *Panasonic*, модель *EEU-TA1E102LB*, зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 — Електролітичний конденсатор *EEU-TA1E102LB* від компанії *Panasonic*

Основні технічні характеристики електролітичного конденсатора наведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 Технічні характеристики електролітичного конденсатора *EEU-TA1E102LB* від компанії *Panasonic* [17]

Максимальне відхилення	20%
Робоча напруга	25 В
Робоча температура	-40 °С ...+125 °С
Висота корпусу, мм	25
Діаметр, мм	12,5

Електролітичний конденсатор номіналом 470 мкФ, від компанії *Panasonic*, модель *EEEF1C471AL*, а зовнішній вигляд зображений на рисунку 2.11.

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						21
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.11 — 3D –вигляд електролітичного конденсатора *EEEFP1C471AL* від компанії *Panasonic*

Основні характеристики конденсатора показані в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 Технічні характеристики електролітичного конденсатора *EEU-FR1C471B* від компанії *Panasonic* [18]

Максимальне відхилення	20%
Робоча напруга	16 В
Робоча температура	-40 °C ...+105 °C
Висота корпусу, мм	11,5
Діаметр, мм	8

Танталовий конденсатор номіналом 100 мкФ, від корпорації *KEMET*, модель *T491D107K006AT* [19], а зовнішній вигляд зображений на рисунку 2.12.



Рисунок 2.12 — Танталовий конденсатор *T491D107K006AT* від компанії *KEMET*

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

P181.434752.001 ПЗ

Лис
22

Основні характеристики конденсатора *T491D107K006AT* наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 Технічні характеристики танталового конденсатора *T491D107K006AT* від корпорації *KEMET* [19]

Максимальне відхилення	10%
Робоча напруга	6 В
Робоча температура	-55 °С ...+125 °С
Розміри, мм	7,3 × 4,3 × 2,8
Еквівалентний послідовний опір	800 мОм

Потенціометр з опором 5 кОм, було обрано від компанії *BOURNS*, модель 3292W-1-502LF, зовнішній вигляд представлено на рисунку 2.13.

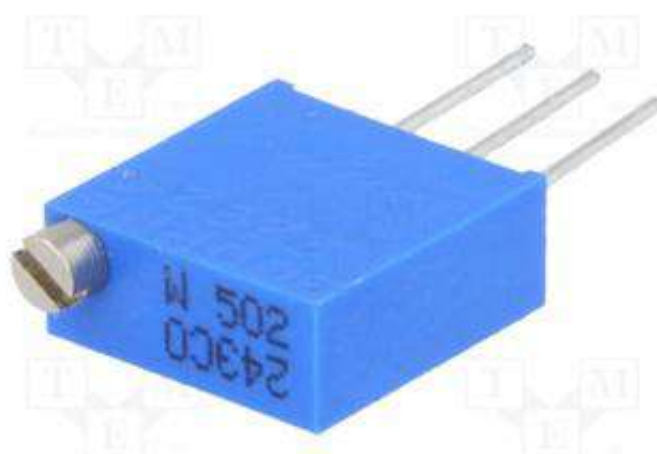


Рисунок 2.13 — Потенціометр 3292W-1-502LF від компанії *BOURNS*

Обрана модель потенціометра 3292W-1-502LF має характеристики наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 Технічні характеристики потенціометра 3292W-1-502LF від компанії *BOURNS* [20]

Потужність	500 мВт
Максимальне відхилення	±10%
Робоча температура	-65 °С...150 °С
Розміри, мм	9,53 × 9,53 × 3,8

Трансформатор для друкованих плат був обраний від компанії *BLOCK*, модель *VC 10/1/12 4016138537895*, зовнішній вигляд представлено на рисунку 2.14.



Рисунок 2.14 — Трансформатор від компанії *BLOCK*

Основні характеристики наведені в таблиці 2.12

Таблиця 2.12 Технічні характеристики трансформатора *VC 10/1/12* від компанії *BLOCK* [21]

Вихідний струм	200 мА
Частота	50-60 Гц
Потужність	40 Вт
Робоча температура	-30 °С...+70 °С
Висота, мм. Вага, г	23,8; 0,08

У якості резисторів з опорами 1 кОм, 10 кОм, 15 кОм, 20 кОм, 51 кОм були обрані моделі від компанії *Yageo*. [22] Їх типорозміри складають 1206, а зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.15.



Рисунок 2.15 — Вигляд резистора від компанії *Yageo*

Технічну характеристику даних резисторів можна побачити у таблиці 2.13

Таблиця 2.13 Технічні характеристики резисторів від компанії *Yageo* [22]

Відхилення	±0,25%
Максимальна потужність	0,25 Вт
Максимальна напруга	50 В
Робоча температура	-55 °С...+155 °С
Габаритні розміри(Д x Ш x В), мм	3,1 × 1,6 × 0,65

У якості резистора з опором 51 Ом, було обрано модель *SR2512MK-0751RL* від компанії *Yageo*, типорозмір 2512.

У якості резисторів з опорами 20 Ом у іншій схемі, були обрані товстоплівкові чіп-резистори *RCS3216J200CS* від компанії *SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS*, типорозмір 1206.

Конденсатор з номіналом 0,47 мкФ, був обраний від компанії *Kyocera AVX*, модель *1206YC473JAT4A*. Зовнішній вигляд конденсатора зображено на рисунку 2.16



Рисунок 2.16 — Вигляд конденсатора від компанії *Kyocera AVX*

Основні характеристики конденсатора наведені у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 Технічні характеристики конденсатора *1206YC473JAT4A* від компанії *Kyocera AVX* [23]

Максимальне відхилення	±5%
Робоча напруга	16 В
Робоча температура	-55 °С ...+125 °С
Діелектрик	X7R
Габаритні розміри(Д x Ш x В), мм	3,2 x 1,6 x 0,5

Конденсатор з номіналом 10 нФ, був обраний від компанії *Kyocera AVX*, модель *1206YC103JAT4A*. Основні характеристики конденсатора наведені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 Технічні характеристики конденсатора *1206YC103JAT4A*, від компанії *Kyocera AVX* [23]

Максимальне відхилення	±5%
Робоча напруга	16 В
Робоча температура	-55 °С ...+125 °С
Діелектрик	X7R
Габаритні розміри(Д x Ш x В), мм	3,2 x 1,6 x 0,5

Конденсатор з номіналом 0,1 мкФ, був обраний від компанії *Wurth Electronics Inc*, модель *X7R0805104K100DFCT10000*. Основні характеристики конденсатора наведені у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 Технічні характеристики конденсатора X7R0805104K100DFCT10000, від компанії *Wurth Electronics Inc* [24]

Максимальне відхилення	±10%
Номинальна напруга	100 В
Робоча температура	-55 °C ...+125 °C
Діелектрик	X7R
Габаритні розміри(Д x Ш x В), мм	2 × 1,25 × 1,25

Конденсатор з номіналом 22 пФ, був обраний від компанії *Murata*, модель *GRM2167U1H220JZ01D*. Основні характеристики конденсатора наведені у таблиці 2.17

Таблиця 2.17 Технічні характеристики конденсатора *GRM2167U1H220JZ01D* від компанії *Murata* [25]

Максимальне відхилення	±5%
Номинальна напруга	50 В
Діелектрик	U2J
Робоча температура	-55 °C ...+125 °C
Габаритні розміри(Д x Ш x В), мм	2 × 1,25 × 1,25

Дросель індуктивності з номіналом 100 мкГн, був обраний від компанії *BOURNS*, модель *RLB0914-101KL*. Зовнішній вигляд дроселя *RLB0914-101KL* зображений на рисунку 2.17.



Рисунок 2.17 — Вигляд дроселя індуктивності *RLB0914-101KL* від компанії *BOURNS*

Основні характеристики дроселя наведені у таблиці 2.18

Таблиця 2.18 Технічні характеристики дроселя *RLB0914-101KL* від компанії *BOURNS* [26]

Номінальна індуктивність	100 мкГн
Максимальне відхилення	±10%
Номінальний струм	1 А
Робоча температура	-40 °С ...+105 °С
Висота, мм	12
Діаметр, мм	8,7

Кварцовий резонатор 4,096 МГц, був обраний від виробника *ECS Inc. Int.*, модель *HC-49UX*. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.18.

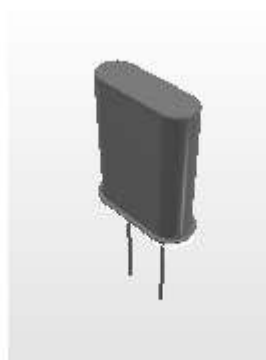


Рисунок 2.18 — Вигляд кварцового резонатора *HC-49UX* від компанії *ECS Inc. Int.*

Основні характеристики наведені у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 Технічні характеристики резонатора *HC-49UX* від компанії *ECS Inc. Int* [27]

Робоча температура	-10 °С ...+70 °С
Габаритні розміри(Д x Ш x В), мм	11,35 × 4,65 × 13,46

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.434752.001 ПЗ

Лис
28

3 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА ТА КОРПУСУ ПРИСТРОЮ

3.1 Аналіз з точки зору технолога

Обґрунтування методу виготовлення

Схема розроблена з невеликою кількістю вивідних елементів та елементів поверхневого монтажу. Через вимогу компактності пристрою, елементи будуть розміщуватися на двосторонній платі, тому виготовляти плату потрібно комбінованим негативним методом. При виготовленні друкованої плати, використовується фольгована основа, струмопровідний малюнок отримують шляхом витравлювання міді з пробільних ділянок. [28]

Обґрунтування вибору матеріалу плати

Для виготовлення друкованої плати було обрано розповсюджений матеріал на основі скловолокна — склотекстоліт, технічна назва *FR-4 35/35 1 мм*. Обрано матеріал з товщиною фольги 35 мкм та товщиною діелектрика 1,0 мм. Обрана товщина напряму залежить від ширини провідника, а отже чим вужчі провідники, тим тонша фольга, з іншого боку тонка фольга, менший допустимий струм. До переваг даного матеріалу можна віднести підвищені механічні властивості, вологостійкість, високий поверхневий опір, термостійкість та відносно низьку вартість. Зазвичай *FR-4* прозорого відтінку, стандартного зеленого кольору набуває завдяки кольору паяльної маски, яка наноситься на готову друковану плату.

Згідно з ГОСТ 23751-86 мінімальне значення ширини друкованого провідника для четвертого класу точності становить 0,15 мм, а допуск ширини провідника складає 0,03 мм. Таким чином мінімальна ширина друкованих провідників у вузькому місці становить 0,18 мм. [29]

Обґрунтування вибору припою

В якості припою було обрано *ПОС 61* ГОСТ 21930-76 [30]. *ПОС 61* це — м'який легкоплавкий припій, який використовується для пайки в умовах, де не допускається перегрів в з'єднувальних швах. Евтектичний припій для

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
						29
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

капілярного паяння двосторонніх і багатошарових друкованих плат. Доступний на ринку. Завдяки цим властивостям *ПОС 61* використовують для пайки радіоелементів, друкованих плат, мікросхем і тд. [31]

Вибір класу точності

Так як плата має штирьові і планарні виводи з високим насиченням поверхні ДП елементами, то вибраний клас точності дорівнює 4 за ГОСТ 23751-86.

3.2 Розрахунок елементів друкованого монтажу

Замість деяких радянських деталей було обрано більш сучасні та менші за площею елементи, які представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 — Аналоги

Позиційне позначення на схемі завдання	Тип радянського елемента	Тип елемента-аналога
VD1, VD2	КД522Б	1N4148W-TP
DD1	К561ЛА7	CD4011B

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

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

- де Dk — розміри контактних майданчиків;
- Dv — розміри виводів.

Отримані значення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Розміри для елементів поверхневого монтажу

Назва елемента	Dk
ЧП резистор, корпус 1206	1 x 1,8
ЧП конденсатор, корпус 1206	1,2 x 1,8
ЧП діод, корпус SOD123	0,5 x 0,72
ЧП конденсатор, корпус F	4 x 2
Мікросхема, корпус SOIC-14	2 x 0,6

Розміри контактних майданчиків для елементів з таблиці 3.1, були взяті 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 контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$D_k = D_o + 2/3D_o$$

Отримані значення наведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 — Розміри для вивідних елементів

Назва елемента	D_v	D_o	D_k
Потенціометр, <i>корпус 3292W</i>	0,54	0,8	1,34
Мікросхема, <i>корпус DIP-8</i>	—	0,8	1,2
Роз'єм, <i>корпус DG308-2.54</i>	0,8 x 0,8	1	1,8

Мікросхема, *корпус DIP-8* розмір отворів для вивідних елементів був взятий згідно з Datasheet.

Всі необхідні дані для монтажу елементів вже отримані — можна переходити до процесу проектування друкованої плати.

3.3 Проектування друкованої плати в програмному забезпеченні Altium

Для створення об'ємної моделі та проведення трасування друкованої плати було використано програмне забезпечення *Altium Designer*. [32] Програма була також використана і для створення бібліотек символів та 3D - моделей.

Розрахунок габаритів друкованої плати

На розміри плати в першу чергу впливає загальна площа елементів, які будуть встановлені на плату, тобто спочатку розрахуємо площу вивідних елементів і площу кріплень друкованої плати. Розрахунок площі проводиться у програмному забезпеченні *Microsoft Office Excel*. Результати розрахунку приведені на рис 3.1.

Номер	Назва елемента	Кількість	Коефіцієнт	Площа		
1	C1, C2, C3, C4	4	1	8,726	34,904	34,904
2	C5, C6	2	1	95,252	190,504	190,504
3	DA1, DA2	2	1,5	94,368	188,736	283,104
4	DD1	1	2	68,241	68,241	136,482
5	R1, R2, R3, R4, R7, R	8	1	7,99	63,92	63,92
6	R5, R6	2	1	42,602	85,204	85,204
7	VD1, VD2	2	1	9,099	18,198	18,198
8	X1	1	1	37,151	37,151	37,151
9	X2	1	1,5	70,203	70,203	105,3045
		4	1	36	144	144
						1098,7715

Рисунок 3.1 — Результат розрахунку мінімальної площі друкованої плати

Як видно з розрахунків, мінімальна площа плати — 1100 мм^2 . Плата до корпуса буде кріпитися за допомогою чотирьох гвинтів, тому місця для кріплення було враховано. Після прорахунку, було прийнято рішення обрати звичайну квадратну форму плати розмірами $40 \times 40 \text{ мм}$, що забезпечить площу 1600 мм^2 , що в свою чергу задовольняє необхідну площу для розташування елементів.

Розрахунок параметрів друкованих провідників

Для розрахунку ширини друкованих провідників необхідно визначити максимальне значення струму та напруги, що проходять через них.

Проводячи аналіз схеми електричної принципової та параметрів усіх її компонентів провідник можна розділити на дві категорії. Розрахунок проводився за допомогою програмного забезпечення *Mathcad*. Скріншоти розрахунку ширини провідників наведено в додатку Б. Результати розрахунків провідників приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 — Результати розрахунку параметрів провідників

Тип лінії	Напруга, В	Струм, мА	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			у вузькому	У широкому	
Силова	5	200	0,286	0,3	0,18
Сигнальна	5	100	0,18	0,3	

Розрахуємо зазори між елементами друкованого монтажу за формулою:

$$S_{\min} = S_m + \Delta t_{vo}$$

де S_m — мінімально допустима відстань між сусідніми друкованими об'єктами;

Δt_{vo} — допуск на ширину провідника.

Відповідно обраному класу точності дані параметри рівні $S_m = 0,15$ мм, $\Delta t_{vo} = 0,03$ мм.

Отже, $S_{\min} = 0,18$ мм.

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

Розрахунок проведений у програмному забезпеченні *Mathcad*. Скріншот розрахунку наведений в додатку В:

- діаметр контактного майданчика $D_1 = 1$ мм;
- діаметр контактного майданчика $D_2 = 1$ мм;
- відстань між елементами провідникового рисунку $S_{\min} = 0,18$ мм;
- кількість провідників $N = 1$ мм;
- розміщення центрів осей $T = 0,05$ мм;
- ширина провідника $t_{\min} = 0,2$ мм

$$L = \frac{D_1 + D_2}{2} + N \cdot t_{\min} + S_{\min} \cdot (N + 1) + T = 1,61 \text{ мм.}$$

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

Трасування провідників

Трасування проведено у редакторі *PCB* програмного середовища Altium Designer. Усі розрахунки, які наведені вище рахувалися в роботі, робилися для внесення правил у редакторі *Altium PCB*. Для розміщення усіх компонентів на друкованій платі та розведення провідників, заливка землі була виконана полігоном. Результати трасування у верхньому шарі представлені на рис. 3.2, у нижньому шарі 3.3. На рис 3.4–3.7 зображено скріншоти файлів технологічного процесу. На рис.3.8–3.9 зображено 3D-модель друкованої плати. Специфікація на друкований вузол наведена в Додатку Б.

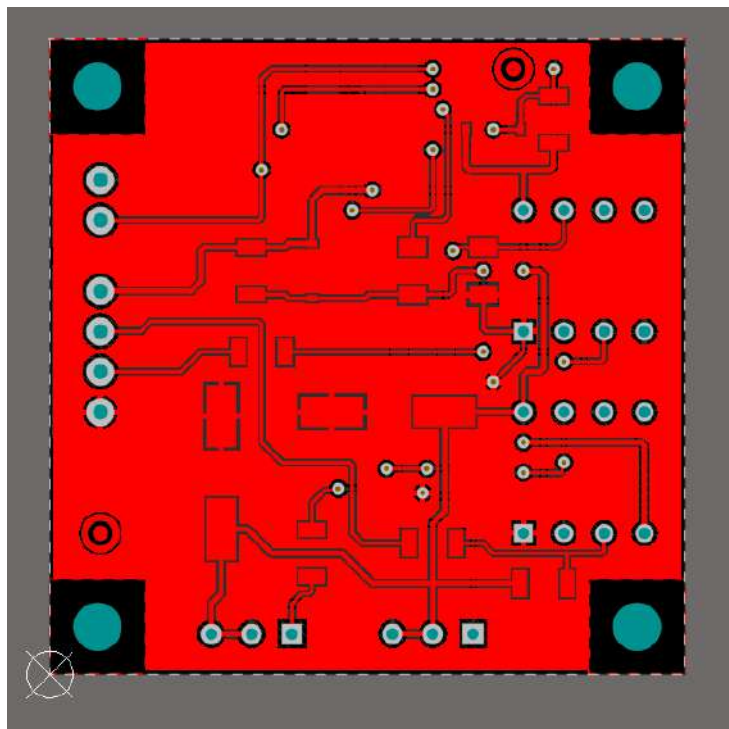


Рисунок 3.2 — Трасування у верхньому шарі

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

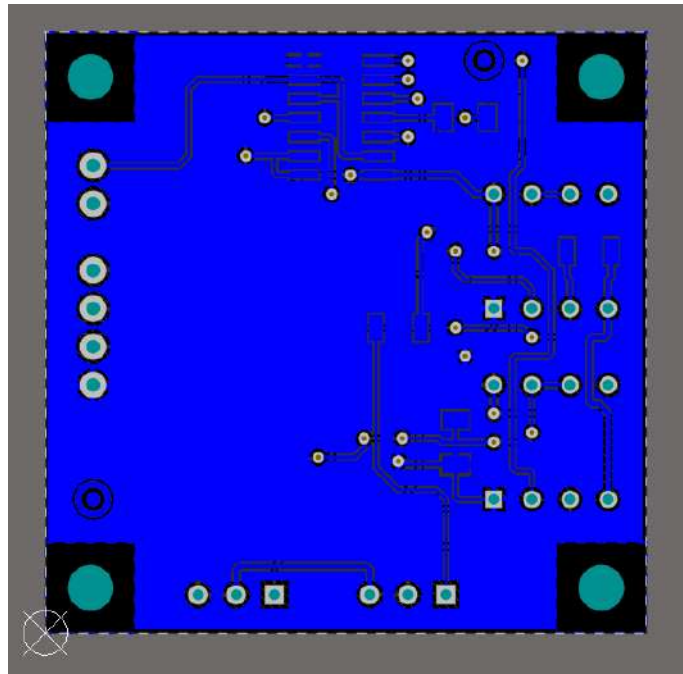


Рисунок 3.3 — Трасування у нижньому шарі

На рис.3.4 зображено провідниковий рисунок для верхнього шару ДП, на рис.3.5 провідниковий рисунок для нижнього шару ДП.

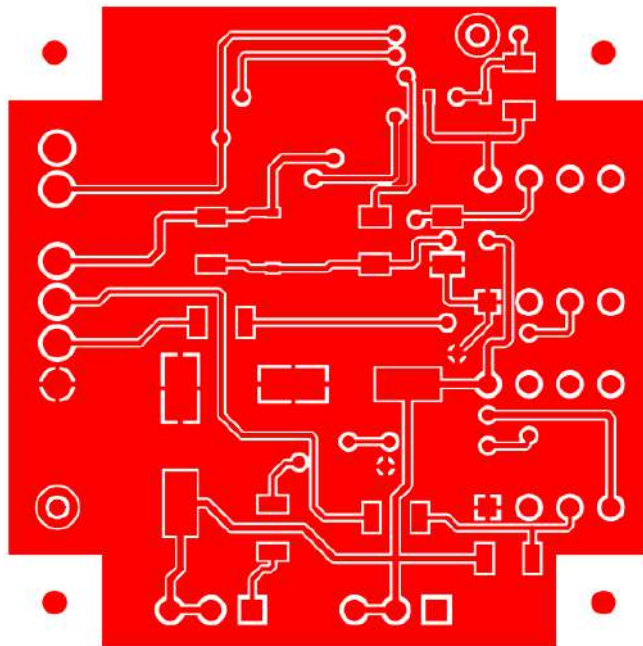


Рисунок 3.4 — Провідниковий рисунок верхнього шару

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.434752.001 ПЗ

Лис
35

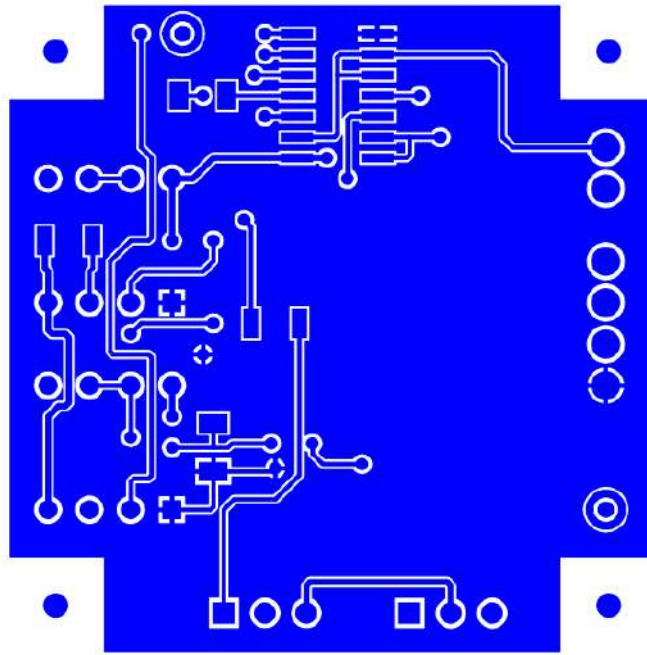


Рисунок 3.5 — Провідниковий рисунок нижнього шару

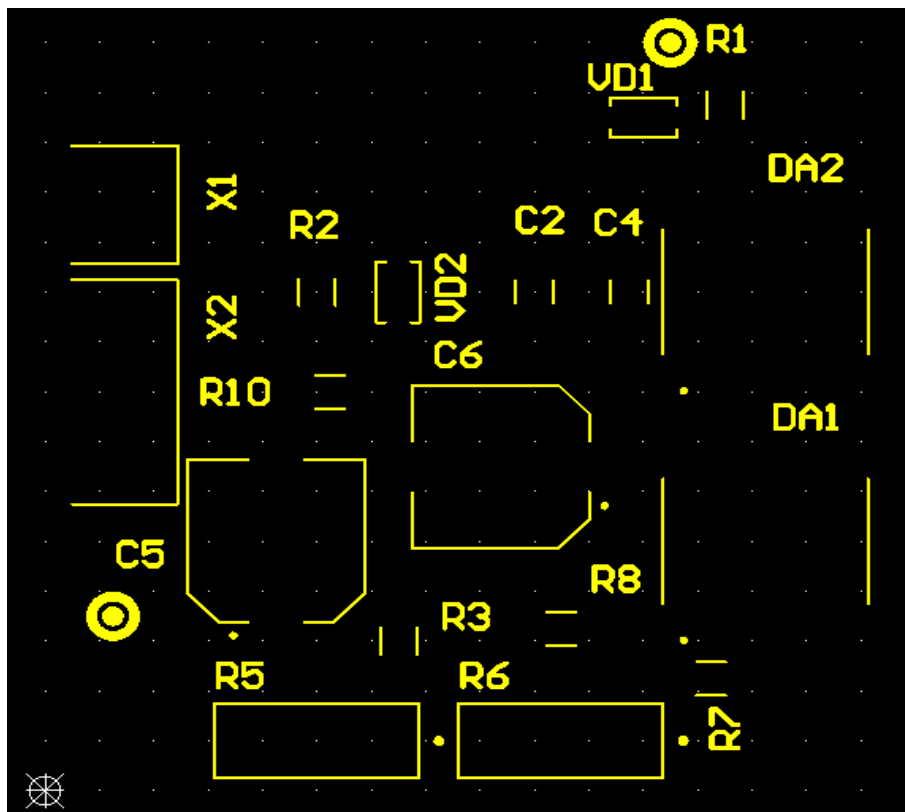


Рисунок 3.6 — Шовкографія верхнього шару

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI81.434752.001 ПЗ

Лис

36

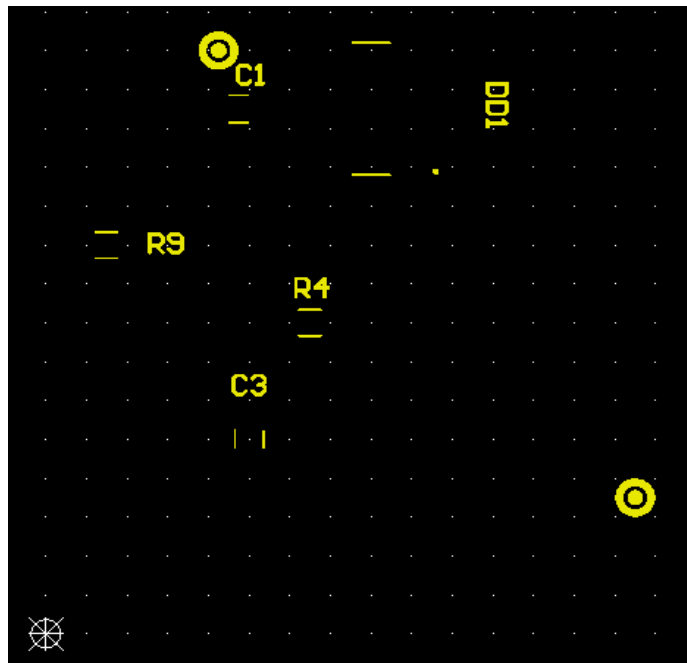


Рисунок 3.7 — Шовкографія нижнього шару

3.4 Конструкція пристрою

Наступний етап проектування пристрою буде проходити в програмному забезпеченні *SolidWorks* [33], тут необхідно спроектувати корпус та розмістити в середину нього друковану плату. Також в цьому програмному забезпеченні можна зробити 3D-модель корпусу, що допоможе максимально деталізувати пристрій.

На початку потрібно експортувати 3D-модель друкованої плати у дане програмне середовище.

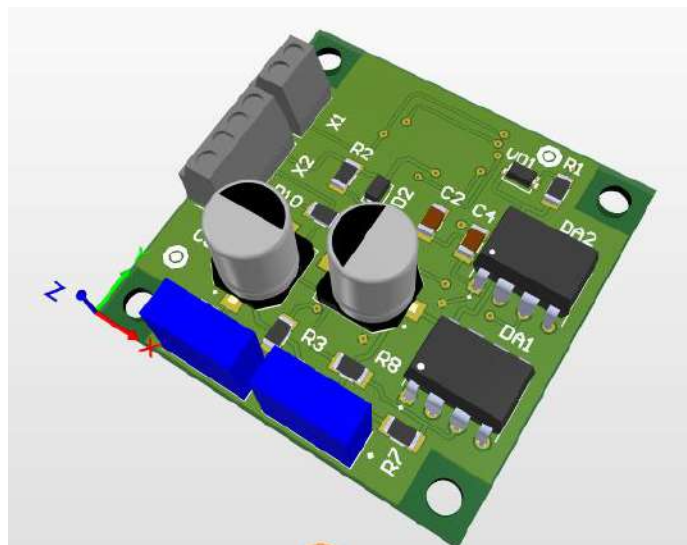


Рисунок 3.8 — Вид ДП зверху

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		37

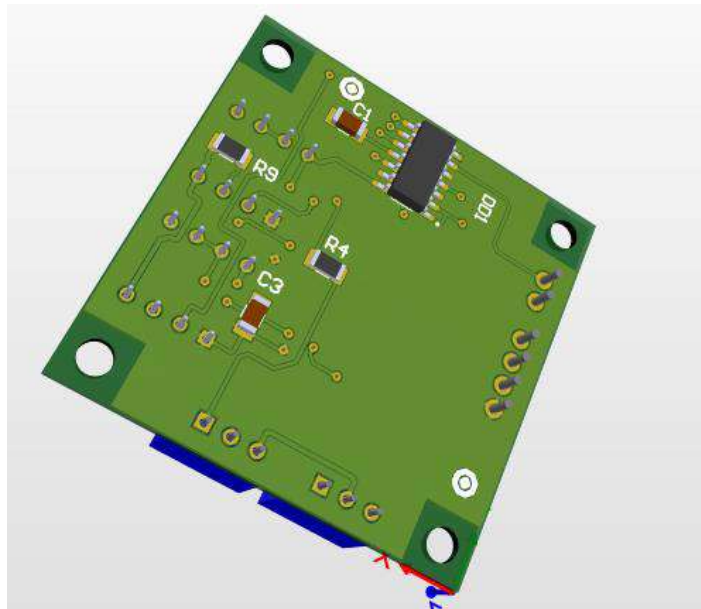


Рисунок 3.9 — Вид ДП з низу

Конструкція перетворювача виконувалася згідно до вимог технічного завдання представленого в додатку А. Конструкція пристрою буде мати вигляд паралелограма, всередину якого поміщено дві плати, які з'єднані між собою, в самому корпусі буде передбачено мережеву розетку 220 В та роз'єм живлення 12 В. Для стабільної роботи на горизонтальних поверхнях в конструкції пристрою передбачено чотири ніжки. На корпусі розміщено етикетку з назвою пристрою та його потужністю. Також, за допомогою етикеток було підписано кожен роз'єм, який знаходиться в корпусі. Загальний вигляд даного пристрою виконано в програмному забезпеченні *SolidWorks* та має зовнішній вигляд на рисунку 3.10.

Матеріалом корпусу обраний *ABS* пластик так як він доступний по ціні, удароміцний, нетоксичний, стійкий до механічних пошкоджень та довговічний. [34] Цей матеріал ідеально підходить під вимоги технічного завдання представленого в додатку А.

Корпус складається з двох частин, які кріпляться між собою методом защемлення, до нижньої частини кріпляться друковані плати, за допомогою гвинтів М3 на спеціальні посадочні місця в корпусі. Зображення на рисунку 3.11.

					PI81.434752.001 ПЗ	Лис
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.10 — Зовнішній вигляд перетворювача напруги

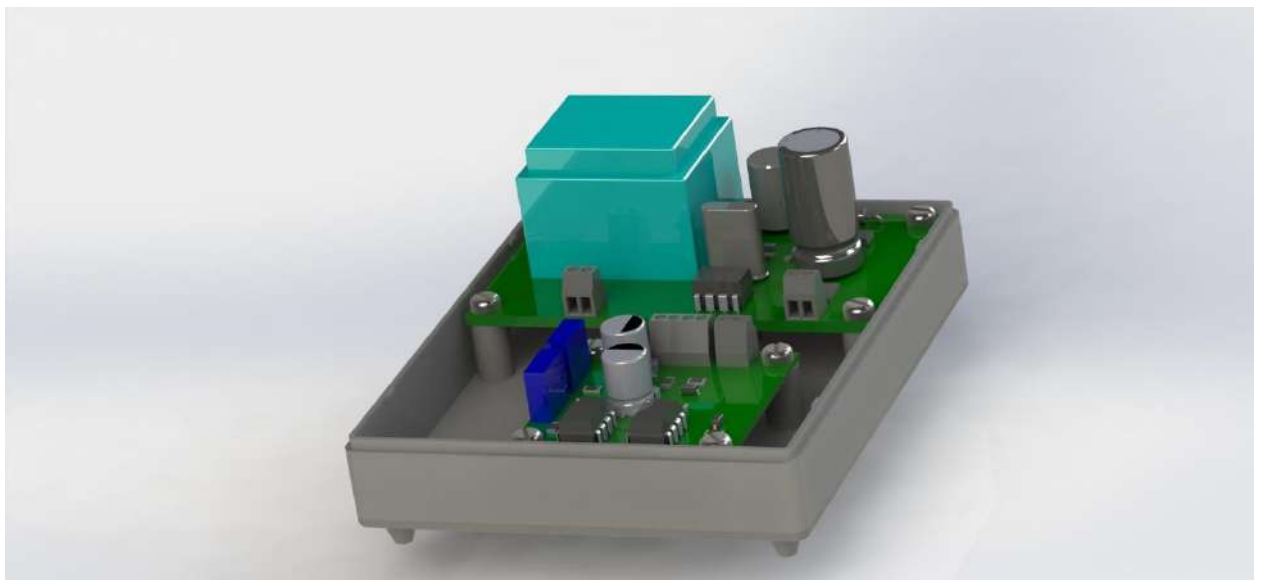


Рисунок 3.11 — Розташування друкованого вузла в корпусі

Роз'єми в корпусі знаходяться у верхній частині та мають відповідні етикетки. З платою з'єднуються монтажним проводом (не показаний).

Висновки

У цьому розділі проведений повний аналіз характеристик пристрою з точки зору технолога та конструктора, були зроблені всі необхідні розрахунки для проектування плати та корпусу. Власне результат був представлений вище.

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

4 РОЗРАХУНОК, ЩО ПІДТВЕРДЖУЄ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

4.1 Розрахунок віброміцності

Розрахунок віброміцності друкованого вузла проводимо за методикою визначення резонансної частоти вільних коливань друкованої плати. Вихідні данні:

- довжина плати $a = 0,04$;
- ширина плати $b = 0,04$;
- товщина плати $h = 1 \cdot 10^{-3}$ м.

Матеріал друкованої плати — двосторонній фольгований склотекстоліт FR4 з параметрами:

- модуль пружності $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ кг/м²;
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,22$;
- маса встановлених на платі елементів $M = 0,1$ кг;
- густина $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг/м³;

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$m_{\text{дп}} = \rho \cdot h = 2,05 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 2,05 \text{ кг/м}^2.$$

Визначимо приведену масу друкованої плати з деталями:

$$m = m_{\text{дп}} + \frac{M}{a \cdot b} = 0,1 + 2,05 + \frac{0,1}{0,040 \cdot 0,040} = 6,5 \text{ кг/м}^2.$$

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \xi^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot (1 \cdot 10^{-3} \text{ м})^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 2,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо значення функції $\varphi(\beta)$ для заданого кріплення плати:

$$\beta = \frac{a}{b} = \frac{0,040 \text{ м}}{0,040 \text{ м}} = 1.$$

Де β — коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати;

$$\varphi = 9,87 \cdot \sqrt{1 + 2,57 \cdot 1^2 + 5,14 \cdot 1^4} = 29,13.$$

					PI81.434752.001 ПЗ	Лис
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{29,13}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,040^2 \text{ м}} \cdot \sqrt{\frac{2,6 \text{ Н} \cdot \text{м}}{6,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}}} = 1,8 \text{ КГц}$$

Резонансна частота плати $f_0 = 1,8 \text{ КГц}$, що набагато перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ($f = 60 \text{ Гц}$), то варіант кріплення, обраний нами, повністю задовольняє вимоги вказані у ТЗ.

					<i>РІ81.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						41
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1 Розглянуто ринок перетворювачів, обрано найпопулярніші, проаналізовано технічні характеристики, за допомогою, яких створено висновки з переваг та недоліків кожного з них. Зроблено висновок, що не зважаючи на достатньо широке представлення на ринку перетворювачів напруги 12 В /220 В всі вимоги користувача жоден з них задовольнити не може, було вирішено розробити свій пристрій, який зможе покрити потреби користувачів у певному діапазоні.

2 Спроектовано схеми електричні принципові перетворювача, та обрано головні елементи такі як: Мікросхема *CD4011*, Мікросхема-таймер *NE555P*, *DC-DC* інтегральний перетворювач *LM2594-5.0*. Напруга живлення становить 12 В від АКБ. Наведені компоненти відповідають вимогам ТЗ і є достатньо надійними та широко представлені на ринку.

3 Був проведений аналіз з точки зору технолога, де було обрано: матеріал та клас точності плати, припій та метод виготовлення. Проведено всі необхідні розрахунки для створення друкованої плати. В програмному середовищі *Altium Designer* створено друковану плату, виконано трасування та компоновку. За допомогою програмного забезпечення *SolidWorks* виконано 3D-корпусу.

4 Проведено розрахунки надійності пристрою, а саме з точки зору віброміцності. Розрахунки показали, що резонансна частота вузла становить $f_0 = 1,8$ КГц, що набагато перевищує максимальну частоту вібраційних впливів 60 Гц

					<i>P181.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						42
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Перетворювач напруги Ring REINVU300 12 в 220 Вольт з USB портом [Електронний ресурс] // 130.com.ua. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://130.com.ua/uk/product/car-voltage-converter-ring-reinvu300-12-220-v-600-w-usb/>. (дата звернення 09.05.2022)
2. Перетворювач напруги АІДА 12/220-100ВТ 12 в 220 В [Електронний ресурс] // 130.com.ua. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://130.com.ua/uk/product/aida-12-220-100bt/>. (дата звернення 09.05.2022)
3. Перетворювач напруги Luxeon IPS-300S 12 в 220 Вольт [Електронний ресурс] // 130.com.ua. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://130.com.ua/uk/product/car-voltage-converter-luxeon-ips-300s-12-220-v-500-w/>. (дата звернення 09.05.2022)
4. Перетворювач напруги Ring REINV300 12 в 220 Вольт [Електронний ресурс] // 130.com.ua. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://130.com.ua/uk/product/car-voltage-converter-12-220-v-ring-reinv-300-300-w-max/>. (дата звернення 09.05.2022)
5. Металевий корпус для електроніки [Електронний ресурс] // RemDesignInfo – Режим доступу до ресурсу: <https://remdesign.info/5479-shcho-take-metalevyi-korpus-dlia-elektroniky.html>. (дата звернення 15.05.2022)
6. Преобразователь напряжения для светодиодной лампы/ Н. Салимов//Радио. – 2020. – №11. – с.33-36.. (дата звернення 01.05.2022)
7. Микросхема cd4011 [Електронний ресурс] // All-Audio.pro. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://all-audio.pro/c19/obzori/mikroshema-cd4011.php>. (дата звернення 15.05.2022)
8. CD4011 – микросхема с четырьмя элементами NAND [Електронний ресурс] // joyta.ru. – 904. – Режим доступу до ресурсу:

					РІ81.434752.001 ПЗ	Лис
						43
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://www.joyta.ru/13316-cd4011-mikrosxema-s-chetyrmya-elementami-nand-opisanie-raspinovka-datasheet/>. (дата звернення 15.05.2022)

9. Мікросхема таймер 555 [Електронний ресурс] // bitkit.com.ua. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://bitkit.com.ua/mikroshema-tajmer-555>. (дата звернення 15.05.2022)
10. NE555P [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин chipdip. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/ne555p>. (дата звернення 15.05.2022)
11. ATtiny [Електронний ресурс] // voltiq.ru. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://voltiq.ru/cat/devboards/attiny-devboards/>. (дата звернення 16.05.2022)
12. ATtiny25–20PU [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин chipdip. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/attiny25-20pu>. (дата звернення 16.05.2022)
13. LM2594N-5.0 [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин chipdip. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/lm2594n-5.0>. (дата звернення 16.05.2022)
14. 1N5818, Діод Шоттки [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин chipdip. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/1n5818-stm>. (дата звернення 16.05.2022)
15. IRL3705ZSTRLPBF [Електронний ресурс] // compel.ru. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/infosheet/INFIN/IRL3705ZSTRLPBF>. (дата звернення 16.05.2022)
16. 1N4148W-TP MICRO COMMERCIAL COMPONENTS [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин tme.eu. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tme.eu/ua/ru/details/1n4148w-tp/universalnye-diody-smd/micro-commercial-components/>. (дата звернення 17.05.2022)
17. EEU-TA1E102LB [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин eu.mouser.com. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://eu.mouser.com/ProductDetail/Panasonic/EEU->

					PI81.434752.001 ПЗ	Лис
						44
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

[TA1E102LB?qs=MtOUKumLmnaTwOumoKtOzw%3D%3D](https://www.mouser.com/ProductDetail/Panasonic/EEU-FR1C471B?qs=MtOUKumLmnaTwOumoKtOzw%3D%3D). (дата звернення 17.05.2022)

18. EEU-FR1C471B [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин eu.mouser.com. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://eu.mouser.com/ProductDetail/Panasonic/EEU-FR1C471B?qs=n1SRcuzDZT0M7ScwgdMxZQ%3D%3D>. (дата звернення 18.05.2022)

19. T491D107K006AT Конденсатор танталовий [Електронний ресурс] // <https://www.compel.ru/>. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/infosheet/KEM/T491D107K006AT>. (дата звернення 17.05.2022)

20. 3292W-1-502LF BOURNS Потенціометр: монтажний; вертикальний, багатооборотний [Електронний ресурс] // <https://www.tme.eu/>. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tme.eu/ru/details/3292w-1-502lf/potensiometry-tht-mnogooborotnye-3-8-dm/bourns/>. (17.05.2022)

21. Block VC [Електронний ресурс] // Conrad. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.conrad.com/p/block-vc-10112-pcb-mount-transformer-1-x-230-v-1-x-12-v-ac-10-va-833-ma-710458>. (дата звернення 18.05.2022)

22. RT1206CRB071KL [Електронний ресурс] // Infinite-Electronics.net. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://www.infinite-electronics.ru/product/Yageo_RT1206CRB071KL.aspx. (дата звернення 18.05.2022)

23. Browse Avx Corporation NSN Parts Catalog 1206YC394KAT4E, 1206YC473JAT2E [Електронний ресурс] // Stacked Aerospace. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.stackedaerospace.com/nsn/manufacture/avx-corporation-parts-catalog/page-1732/>. (дата звернення 19.05.2022)

24. 885012207128 [Електронний ресурс] // Digi-Key Electronics. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.digikey.com/en/products/detail/w%C3%BCrth-elektronik/885012207128/9346056>. (дата звернення 19.05.2022)

					PI81.434752.001 ПЗ	Лис
						45
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

25. GRM2167U1H220JZ01D [Електронний ресурс] // <https://www.digikey.com/>. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.digikey.com/en/products/detail/murata-electronics/GRM2167U1H220JZ01D/2544969>. (дата звернення 19.05.2022)
26. 100uH 10% (RLB0914-101KL Bourns) (Bourns) - Індуктивності, дроселі - Дроселі силові вивідні [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин [rcscomponents.kiev.ua](https://www.rcscomponents.kiev.ua). – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/100uh-10-rlb0914-101kl-bourns_33658.html. (дата звернення 19.05.2022)
27. Серия кварцевых резонаторов HC-49UX [Електронний ресурс] // <https://www.compel.ru/>. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.compel.ru/series/ECS/HC-49UX>. (дата звернення 20.05.2022)
28. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс] : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущиповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв; Електронні текс-тові дані (1 файл: 6,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с. (дата звернення 20.05.2022)
29. Платы печатные. Основные параметры конструкции ГОСТ 23751-86. [Чинний від 1989—04—01] — М. Государственный стандарт союза ССР, 1986. — 7с. (дата звернення 21.05.2022)
30. Припой оловянно-свинцовые. Технические условия ГОСТ 21930-76. [Чинний від 1978—01—01] — М. Государственный стандарт союза ССР, 1976. — 10с. (дата звернення 21.05.2022)
31. Припой оловянно-свинцовый ПОС-61 [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин Пан Зварювальник. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://pz.ua/payka/pripoi/pos61-d2mm.html>. (дата звернення 21.05.2022)
32. Altium Designer. URL: <https://www.altium.com/altium-designer> (дата звернення 18.05.2022).
33. Solid Works. URL: <https://www.solidworks.com> (дата звернення 24.05.2022).

					<i>PI81.434752.001 ПЗ</i>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		46

34. АБС пластик [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин <https://plastics.ua/>.
– 2021. – Режим доступу до ресурсу:
<https://plastics.ua/industrial/ua/products/construction/abs/>.

					<i>РІ81.434752.001 ПЗ</i>	Лис
						47
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Ст. викладач Попсуй В.І.

д.т.н., проф. Степанов М.М.

(керівник)

(В. о. зав. Кафедри ПРЕ)



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

«Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА»

1 НАЗВА, ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Пристрій «Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА». Підставою до виконання є завдання до дипломного проекту, видане кафедрою прикладної радіоелектроніки. Вихідні дані: схема з «Преобразователь напряжения для светодиодной лампы» Н. Салимов. Журнал «Радіо» №11; 2020; с.33-36.

ВИКОНАВЕЦЬ

Виконавець – студент групи РІ-81 Буренко Ярослав Олегович.

2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Розробка пристрою перетворювача напруги 12/220 В для живлення РА. Пристрій розробляється для типової радіо апаратури, яка розрахована на напругу живлення 220 В, 50 Гц але при цьому живиться від автономних перетворювачів, з акумуляторним джерелом енергії. Основна відмінність в тому, що вбудований в мікроконтролер ATtiny25-20PU блок затримки наростання фронту імпульсів для уникнення наскрізних струмів не працює на низьких частотах. Для компенсації вказаного недоліку використовується зовнішній формувач імпульсів.

3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Кліматичне виконання приладу — УХЛ-4.1. (згідно з ГОСТ 15150-69). УХЛ — макрокліматичний район з помірним та холодним кліматом, для експлуатації в лабораторіях, капітальних житлових та інших, подібного типу приміщеннях:

- робоча температура від +10°C до + 35°C;
- гранична температура від +1°C до + 40°C;
- середнє значення вологості повітря 60% при температурі + 20°C;
- граничне значення відносної вологості повітря 80% при температурі

+ 25°C;

— робоче значення атмосферного тиску 104 кПа.

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

3.2 Вимоги надійності:

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

3.3 Вимоги до конструкції:

Пристрій повинен бути з двома платами в окремому корпусі з відповідними елементами комутації. Допускається виготовлення металічного корпусу пристрою та і з використанням 3D – технології з пластику. Кріплення допускається не робити.

Живлення (напруга): вхідна $12\text{ В} \pm 10\%$ та вихідна $220\text{В} \pm 10\%$;

Роз'єм під мережеву розетку 220 В;

Роз'єм 12 В;

Потужність: 40 Вт;

Частота перетворення: $50 \pm 0,20$ Гц;

Габарити мах: 150 x 85 x 60 мм;

Маса 450 г;

Потужність: до 40 Вт.

3.4 Вимоги до стандартизації та уніфікації

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

3.5 Вимоги до транспортування і зберігання

Транспортувати автомобільним, залізничним та авіаційним видом транспорту в упакованому вигляді.

Умови зберігання виробу – 1 Л (згідно ГОСТ 15150-69).

3.6 Вимоги до експлуатації, зручності, технічного обслуговування та ремонту

Виріб має відповідати умовам ГОСТ 15150-69, та має бути передбачено легкий доступ до ремонту.

3.7 Економічні показники

Прилад виготовляється для одиничного виробництва. Забезпечити мінімальну вартість продукції.

3.8 Вимоги до консервації, пакування і маркування

Маркування: допускається нанести логотип з назвою фірми виробника на верхній кришці. Маркування виконувати за ДСТУ 4171-2003.

Пакування: апаратуру потрібно покласти в пінопласт та помістити в картонну коробку.

Для пристрою передбачена консервація короткочасна та довгочасна.

3.9 Вимоги до віброміцності

Резонансна частота друкованої плати, не менше 250 Гц.

4 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Конструкторська документація має містити у своєму складі:

- текстову документацію: пояснювальна записка, перелік елементів, специфікація на розроблені друковані вузли;
- графічну документацію: загальний обсяг має становити мінімум 3 листа А1 — це структурна схема пристрою, схема електрична принципова, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованих листів, і плакат пристрою.

5 ОРІЄНТОВНИЙ ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Титульний лист

Завдання на дипломний проект

Анотація

Вступ

1. Огляд існуючих рішень. Аналіз технічного завдання.

2. Розробка структурної та принципової схеми та їх аналіз з метою виявлення додаткових факторів впливу на конструкцію пристрою.
3. Проектування електронного модулю.
4. Проектування приладу та розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції.

Висновки

Перелік посилань

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Комплект КД

Додаток В Скріншоти розрахунків

6 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

Таблиця А.1 — Етапи дипломного проєкту

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень	01.05 – 05.05	Розділ 1
2	Розробка та аналіз технічного завдання	10.05 – 13.05	Розділ 1
3	Синтез схеми пристрою	15.05 – 22.05	Розділ 2
4	Розробка друкованого вузла	23.05 – 26.05	Розділ 3
5	Розробка корпусу пристрою	27.05 – 30.05	Розділ 3
6	Перевірка вібростійкості	31.05 – 1.06	Розділ 4

7 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ І МАТЕРІАЛІВ, ЯК ПОДАЮТЬСЯ ПО ЗАКІНЧЕННЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ У ЦІЛОМУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проєкту керівнику у зазначені терміни.
2. Представлення завершеного дипломного проєкту керівнику.
3. Перевірка дипломного проєкту на наявність плагіату.

4. Представлення кафедрі готового дипломного проєкту за 7 днів до дати захисту.

5. Захист дипломного проєкту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

ЯБуренко Ярослав Буренко

Керівник

 Володимир Попсуй

ДОДАТОК Б

Позн	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Конденсатори</u>		
C1-C2	1206YC103JAT4A – AVX 10 нФ 16 В ± 5%	2	
C3-C4	1206YC473JAT4A – AVX 0,47 мкФ 16 В ± 5%	2	
C5-C6	EEEF1C471AL – Panasonic 470 мкФ 16 В ± 20%	2	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1, DA2	NE555P – Texas Instruments	2	
DD1	CD4011 – Texas Instruments	1	
	<u>Резистори</u>		
R1,R2	RT1206CRB0710KL – Yageo 10кОм 0,25Вт ±0,25%	2	
R3,R4	RT1206CRB0715KL – Yageo 15кОм 0,25Вт ±0,25%	2	
R5,R6	3292W-1-502M – Bourns 4,7кОм ± 0,05 %	2	
R7	RT1206CRB071KL – Yageo 1кОм 0,25Вт ±0,25%	1	
R8	RT1206CRB0720RL – Yageo 20 Ом 0,25Вт ±0,25%	1	
R9	RT1206CRB071KL – Yageo 1кОм 0,25Вт ±0,25%	1	
R10	RT1206CRB0720RL – Yageo 20 Ом 0,25Вт ±0,25%	1	

PI81.434752.001 ПЕ

Зм.	Арк.	№ доку	Підпис	Да			
Розробив	Буренко	ЯБуренко			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						1	2
Реценз.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, РТФ		
Н. Контр	Попсуй						
Затверд.	Попсуй						
Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА Перелік елементів							

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			PI81.434752.002 СК	Складальний кресленик		
A3			PI81.434752.002 E3	Схема електрична принципова		
A4			PI81.434752.002 ПЕ	Перелік елементів		
			PI81.758724.001 T1M	Топологія верхнього шару плати (PCB1.GTL)		
			PI81.758724.002 T2M	Топологія нижнього шару плати (PCB1.GBL)		
			PI81.758724.003 T3M	Координати отворів		
			PI81.758724.004 T4M	Захисна маска нижнього шару (PCB1.GBS)		
			PI81.758724.005 T5M	Захисна маска верхнього шару (PCB1.GTS)		
			PI81.758724.006 T6M	Верхній шар шовкографії (PCB1.GTO)		
			PI81.758724.007 T7M	Нижній шар шовкографії (PCB1.GBO)		
				<u>Деталі</u>		
A3		1	PI81.758724.001	Друкована плата	1	

					PI81.758724.002			
Змі н.	А рк	№ докум.	Підп.	Да та				
Розроб.	Буренко	ББуренко			Друкований вузол	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.							1	3
Т.конт						НТУУ «КПІ», РТФ, гр. PI-81		
Н.конт	Попсуй							
Зав.	Попсуй							

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Інші вироби</u>		
		2		Діод 1N4148W	2	VD1-VD2
				<u>Конденсатори</u>		
		3		1206YC103JAT4A - 0,01мкФ 16В ±5%	2	C1-C2
		4		1206YC473JAT4A - 0,047мкФ 16В ±5%	2	C3-C4
		5		EEEF1P1C471AL - 470мкФ 16В ±20%	2	C5-C6
				<u>Мікросхеми</u>		
		6		NE555P	2	DA1- DA2
		7		CD4011	1	DD1
				<u>Резистори</u>		
		8		RT1206CRB0710KL -10кОм 0,25Вт±0,25%	2	R1-R2
		9		RT1206CRB0715KL -15кОм 0,25Вт±0,25%	2	R3-R4
		10		3292W-1-502M - 4,7кОм ± 0,05 %	2	R5-R6
		11		RT1206CRB071KL - 1кОм 0,25Вт±0,25%	2	R7, R9
		12		RT1206CRB0720RL - 20 Ом 0,25Вт±0,25%	2	R8, R10
			PI81.758724.002			2
Зміна	Лист	Недокум	Підп	Дат		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Роз'єми</u>		
		13		DG308-2.54-02P	1	
		14		DG308-2.54-04P	1	
			PI81.758724.002			
Зміна	Лис	Недоку м	Підп	Дат		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A4			PI81.758724.001 ПЕ	Перелік елементів		
A4			PI81.434752.001 ПЗ	Пояснювальна записка		
A3			PI81.434752.001 СК	Складальний кресленник		
A3			PI81.434752.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A3			PI81.434752.002 ЕЗ	Схема електрична принципова		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		1	PI81.434752.002	Друкований вузол	1	
A3		2	PI81.434752.003	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
A4		3	PI81.735312.001	Кришка	1	
A4		4	PI81.735312.002	Корпус	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Гвинт М3×6 ISO 7045	8	
				PI81.434752.001		
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Буренко	ЯБуренко			Лім.	Аркуш
Перев.						Аркушіє
Т.конт						1
Н.конт.	Попсуй				2	
Затв	Попсуй				НТУУ «КПІ», РТФ, гр. PI-81	
				Перетворювач напруги 12/220 В для живлення РА		

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- $t_{minD_S} := 0.15\text{mm}$
 Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.03\text{mm}$

$$t1V_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.18\text{mm}$$

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) $t_{minD_S} := 0.25\text{mm}$
 Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_S} := -0.05\text{mm}$

$$t1III_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.3\text{mm}$$

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)- $l_S := 0.04\text{m}$
 Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$
 Прикладена напруга (В)- $U_{жив_S} := 5\text{V}$
 Максимальний струм (А)- $I_{max_S} := 0.1\text{A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{max_S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{жив_S} \cdot 0.03} = 0.013\text{mm}$$

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)- $I_{max_S} := 0.1\text{A}$
 Товщина фольги (мм)- $h_S := 35 \cdot 10^{-3}\text{mm}$
 Допустима щільність струму в провіднику(А/мм²)- $j_S := 20 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t3_S := \frac{I_{max_S}}{h_S \cdot j_S} = 0.143\text{mm}$$

Ст - 1

Рисунок В.1 — Розрахунок для сигнальних провідників

Для силових 1:

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

Вибираємо за класом точності- $t_{\min D_P} := 0.15 \text{ mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{\text{но}P} := -0.03 \text{ mm}$

$$t1V_P := t_{\min D_P} + |\Delta t_{\text{но}P}| = 0.18 \text{ mm}$$

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- $t_{\min D_P} := 0.25 \text{ mm}$

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

$$t1Ш_P := t_{\min D_P} + |\Delta t_{\text{но}P}| = 0.3 \text{ mm}$$

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)- $l_P := 0.04 \text{ m}$

Товщина фольги (мм)- $h_P := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

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

Максимальний струм (А)- $I_{\max P} := 0.2 \text{ A}$

$$t2_P := \frac{l_P \cdot I_{\max P} \cdot \rho}{h_P \cdot U_{\text{жив}P} \cdot 0.03} = 0.027 \text{ mm}$$

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)- $I_{\max P} := 0.2 \text{ A}$

Товщина фольги (мм)- $h_P := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

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

$$t3_P := \frac{I_{\max P}}{h_P \cdot j_P} = 0.286 \text{ mm}$$

Ст - 2

Рисунок В.2 — Розрахунок для силових провідників