

**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
мікросистемної радіoeлектронної техніки»**

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

**на тему: «Контролер моніторингу та автоматичного перезавантаження
критичного обладнання»**

Виконав:

студент III курсу, групи РІ-зп91

Сафонов Дмитро Володимирович

Прізвище, ім'я та по батькові



підпис

Керівник:

Ст. викладач Вікторія Мілентіївна Головня

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



підпис

Рецензент:

Ст. викладач каф. РІ Микола Ігорович Ястребов

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



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

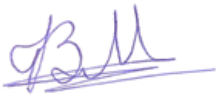
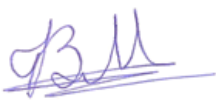
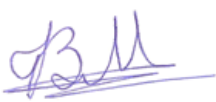
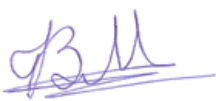
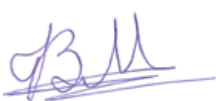
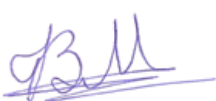
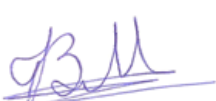
_____ Михайло СТЕПАНОВ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Сафонов Дмитро Володимирович

1. Тема проєкту «Контролер моніторингу та автоматичного перезавантаження критичного обладнання», керівник проєкту Головна Вікторія Мілентіївна, старший викладач, затверджені наказом по університету від «01» червня 2022р. № 823-с
2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2022 року
3. Вихідні дані до проєкту універсальність, живлення від мережі 220Вольт, можливість оновлення програмного забезпечення.
4. Зміст пояснювальної записки Порівняння аналогів та їх аналіз функціонування, розробка та розрахунок друкованої плати та конструкції, розрахунки на технологічність, розробка макету, розрахунки що підтверджують працездатність, охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу Схема електрична принципова, друкований вузол, складальний кресленик друкованого вузла.
6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

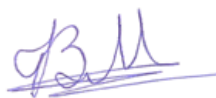
№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Узгодження ТЗ	01.05 — 02.05.22 р	Виконано 
2	Аналіз аналогів ринку	03.05 — 06.05.22 р	Виконано 
3	Аналіз принципів схем, та рішень	09.05 — 11.05.22 р	Виконано 
4	Вибір елементної бази	12.05 — 14.05.22 р	Виконано 
5	Розрахунок на технологічність	16.05 — 17.05.22 р	Виконано 
6	Розрахунок що підтверджує працездатність	18.05 — 20.05.22 р	Виконано 
7	Графічна робота	23.05 — 03.06.22 р	Виконано 
8	Охорона праці	06.06 — 09.06.22 р	Виконано 

Студент



Дмитро Володимирович Сафонов

Керівник



Вікторія Мілентіївна Головня

АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт на тему «Контролер автоматичного перезавантаження критичного обладнання» складається з пояснювальної записки обсягом 61 сторінок, 33 ілюстрації, 10 таблиць, 4 креслень, 8 додатків, 27 бібліографічних посилань.

Метою даного проєкту є розробка контролеру автоматичного перезавантаження критичного обладнання з функціями моніторингу. Контролер призначений для використання у складі іншого обладнання: інфо-кіосків, табло, банкоматів, пристроїв самообслуговування, мережевого та комунікаційного обладнання. Контролер призначений для автоматичного відновлення працездатності обладнання без втручання обслуговуючого персоналу.

У такий нескладний спосіб вдається підвищити доступність цифрових сервісів клієнтам та споживачам, а фінансовим установам та банкам зберігати лояльність та підвищувати свій прибуток.

Надійність пристрою забезпечується не в останню чергу його простотою.

Було проведено порівняння аналогів, з'ясовано основні їх недоліки та шляхи їх вдосконалення та адаптації під вирішувані задачі.

Розроблено конструкцію, проведено розрахунки на технологічність, вібростійкість та надійність. Розроблено конструкторську документацію.

Ключові слова: моніторинг, перезавантаження, критичне обладнання, безперебійна робота, мікроконтролер.

ANNOTATION

Thesis project on “Automatic restart controller for critical equipment” consists of an explanatory note of 61 pages, 33 illustrations, 10 tables, 4 drawings, 8 applications, 27 bibliographic references.

The aim of this project is to develop automatic restart controller for critical equipment with monitoring functions. The device is intended for use as part of other equipment: info kiosks, scoreboards, ATMs, self-service appliances, network and communication equipment. Controller is intended for automatic equipment recovery without the intervention of service personnel.

In such a simple way, it is possible to increase the availability of digital services to customers and consumers while financial institutions and banks remain loyal and increase their income.

The reliability of the device is ensured not least by its simplicity.

Analogues were compared, their service shortcoming and the ways to improve and adapt them when solving the problem were identified.

The design was developed, calculations for manufacturability, vibration resistance and reliability were carried out.

Key words: monitoring, restart, critical equipment, uninterrupted work, micro-controller.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

на тему: «Контролер моніторингу та автоматичного перезавантаження
критичного обладнання»

Київ — 2022 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	10
Вступ.....	11
1 Аналіз технічного завдання	12
2 Порівняння аналогів та їх функцій.....	13
2.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку	13
2.2 Вимоги до характеристик приладу	17
3 Обґрунтування структурної та принципової схеми	18
3.1 Структурна схема алгоритму	18
3.2 Опис алгоритму роботи.....	19
3.3 Структурна схема.....	20
3.4 Опис принципової схеми.....	21
4 Вибір основної елементної бази	23
4.1 Модуль живлення.....	23
4.2 Мікроконтролер	24
4.3 Перетворювач інтерфейсу	27
4.4 Роз'єми живлення для під'єднання обладнання	27
4.5 Роз'єм інтерфейсний.....	28
4.6 Реле керування	29
4.7 Стабілізатори живлення	31
4.8 Транзистор	31
4.9 Конденсатори.....	32

					PI-3П91.468332.001 ПЗ						
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	«Контролер перезавантаження критичного обладнання»			Лім.	Лист	Листів	
Розробив		Сафонов Д.В.									
Перевірів		П.І.Б.								1	
								НТУУ КПІ, РТФ, РІЗП-91			
Н. Контр.		П.І.Б.									
Затвердив		П.І.Б.									

4.10	Світлодіод	32
4.11	Розе'ми на плату.....	33
4.12	Датчик температури.....	34
4.13	Резистори	35
5	Розробка конструкції	36
5.1	Вибір конструкції.....	36
5.2	Розробка друкованої плати	37
5.3	Розрахунок площі друкованої плати.....	37
5.4	Вибір матеріалу	38
5.5	Вибір класу точності плати та щільності виробництва	39
5.6	Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків	40
5.7	Розрахунок зазорів між елементами	41
5.8	Розрахунок ширини друкованих провідників.....	41
5.9	Розміщення компонентів на платі	41
5.10	Трасування друкованої плати	42
6	Розрахунки працездатності	45
6.1	Визначення показників технологічності	45
6.2	Розрахунок віброміцності	47
6.3	Розрахунок надійності.	48
7	Охорона праці та пожежна безпека.....	52
7.1	Небезпека ураження електричним струмом.....	52
7.2	Освітлення робочих місць.....	53
7.3	Вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин	53
7.4	Параметри мікроклімату робочої зони	54
7.5	Підвищена напруженість електричного поля	54

7.6 Підвищений рівень шуму на робочому місці.....	54
7.7 Пожежна безпека.....	55
8 Макет прототипу	56
Висновки	57
Перелік джерел посилань	59
Додаток А Технічне завдання	62
Додаток Б Схема структурна	66
Додаток В Схема електрична принципова	67
Додаток Г Перелік елементів.....	68
Додаток Д Креслення друкованої плати.....	71
Додаток Е Складальний кресленик друкованого вузла	72
Додаток Ж Специфікація на друкований вузол.....	73
Додаток З Відомість дипломного проєкта.....	77

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

I2C — Inter-Integrated Circuit (послідовна шина даних для зв'язку інтегрованих схем)

UART — Universal asynchronous receiver/transmitter (універсальний асинхронний приймач/передавач)

АЦП — Аналогово-цифровий перетворювач

БЖ — Блок живлення

ДП — Друкована плата

КД — Конструкторська документація

МК — Мікроконтроллер

ОС — Операційна система

ПЗ — Програмне забезпечення

ПЦ — Процесинговий центр

ТЗ — Технічне завдання

ЦОД — Центр обробки даних

					<i>PI-3П91.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Пристрій призначений для автоматичного перезавантаження автономного обладнання з метою відновлення його роботи без втручання персоналу. Може використовуватись в електронних інформаційних табло, терміналах самообслуговування, банкоматах та інших функціонально закінчених приладах для перезавантаження у разі зависання, втрати зв'язку модемів та іншого мережевого обладнання, по таймеру або зовнішньому сигналу. При цьому на зовнішній носій записується дата, час та тип події. Можливий моніторинг температури за допомогою вбудованого або зовнішнього датчика.

Необхідність розробки цього приладу обумовлена специфічністю обладнання, що забезпечує безперебійну та надійну роботу обладнання інформаційних та платіжних сервісів, в яких ця функція не реалізована виробником. Частіше за все виробники такого обладнання не передбачили проблем в експлуатації саме з додатковим обладнанням, але його заміна фінансово не доцільна або технічно не можлива. Наприклад, платіжне обладнання (банкомат або термінал), яке є функціонально закінченим пристроєм, але для постійного з'єднання з процесинговим центром (ПЦ) для обміну інформацією потребує додаткові комунікаційні пристрої (модеми, конвертори, маршрутизатори тощо). Саме ці додаткові пристрої, які мають власне живлення, мають необхідність перезапуску або перезавантаження у разі втрати зв'язку або зависання. Комплексний підхід до моніторингу стану їх стану з боку платіжного обладнання за допомогою розробленого пристрою дозволяє забезпечити безперебійну роботу та автономність, без необхідності втручання сервісних фахівців обслуговуючих організацій. Враховуючи різноманітність можливого обладнання в даному пристрої використовуються стандартні роз'єми для підключення живлення обладнання, що контролюється.

Такий підхід дозволяє з мінімальним фінансовим та трудовими затратами забезпечити працездатність та продовжити терміни використання дорогого обладнання.

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Аналізуючи вимоги до приладу, що розробляється, необхідно врахувати умови його експлуатації та прийняти заходи для реалізації норм безпеки та надійності. Даний пристрій планується експлуатувати в стаціонарному варіанті, в складі іншого обладнання розташованого в приміщеннях, що вже захищені від значних перепадів температури та вологості. Також при експлуатації відсутні значні удари та вібрації. Пристрій не матиме органів оперативного регулювання чи керування, та також не потребує активного охолодження.

Пристрій необхідно виконати на одній друкованій платі та встановити в корпус. Оскільки пристрій під'єднується до електромережі 220 В та комутує додаткове обладнання тієї ж напруги, то необхідно передбачити захист користувачів та обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом, передбачити зручні та стандартні роз'єми підключення. Для підключення до різноманітного обладнання, що контролюється бажано використати стандартні інтерфейси з поширеними роз'ємами та протоколами обміну.

Дана розробка не передбачає масового виробництва для широкого кола користувачів, а націлена на специфічний ринок пристроїв самообслуговування та інформаційно-довідкових пристроїв, тому слід зосередити увагу на виборі елементної бази, яка достатньо поширена на ринку, має невелику ціну, велику якість та є можливість широко вибору аналогів для заміни у разі ремонту для пришвидшення термінів його відновлення.

Пристрій повинен працювати автономно та цілодобово, тому необхідно приділити увагу в першу чергу надійності та безпеці в його роботі. Для розширення функціональних можливостей необхідно передбачити можливість простого способу оновлення програмного забезпечення внутрішнього мікроконтролера. Додатково передбачити можливість нескладного підключення додаткових датчиків температури або вологості через роз'єм з використанням стандартного протоколу обміну даними.

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

2 ПОРІВНЯННЯ АНАЛОГІВ ТА ЇХ ФУНКЦІЙ

2.1 Огляд та аналіз аналогів на ринку

Пристрій має специфічне застосування в обладнанні, що функціонує зазвичай автономно без втручання людини, тому на ринку присутня невелика кількість пристроїв аналогічного призначення.

Пристрій «WatchDog PWR 3.0» [1] Пристрій у вигляді друкованої плати з роз'ємами без корпусу. Зовнішній вигляд наведений на Рис. 2.1



Рисунок 2.1 — Пристрій WatchDog

Виконує перезапуск обладнання шляхом імітації натискання кнопки перезапуску (Reset) або кнопки живлення (Power) у разі зависання системи, що контролюється. Для цього від пристрою до системної плати підключаються додаткові сигнальні провідники замість стандартних кнопок перезапуску (Reset) та включення живлення (Power)

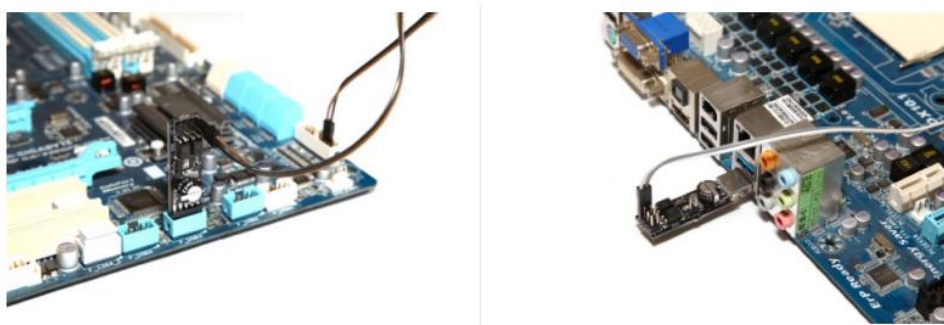


Рисунок 2.2 — Варіанти підключення

Недоліки : не підходить для обладнання, яке має окремий мережевий блок живлення, не може керувати декількома пристроями, потребує встановлення додаткового програмного забезпечення та драйверів на систему, що контролюється, для автономної роботи потребує додатковий блок живлення та корпус. При підключенні до системи потребує відкриття корпусу системного

блоку, що призводить к появі труднощів з гарантійним обслуговуванням обладнання або навіть її скасування.

Переваги: невелика вартість, простота в налаштуванні, світлова індикація стану, можливість запису подій в журнал, можливість налаштування на різні події, невелике споживання, є можливість підключення додатково датчика для контролю температури або датчика з контактами (типу геркон).

Пристрій SNR-ERD [2]. Універсальний контролер з функцією конвертера інтерфейсів Eth-RS485/RS232, призначений для віддаленого контролю та керування шаф з обладнанням, опитування, підключених до нього датчиків, та управління навантаженнями, що здійснюється за допомогою SNMP та WEB з використанням інтерфейсу 10BASE-T. Зовнішній вигляд наведено на Рис. 2.3



Рисунок 2.3 — Пристрій SNR-ERD

Пристрій призначений для віддаленого моніторингу температури, управління навантаженнями, стану серверної, шаф з обладнанням, ЦОД.

Переваги : багатофункціональність, підключення в мережеве обладнання зі стандартним інтерфейсом, у тому числі мережеве. Недоліки: для обладнання, яке має окремий мережевий блок живлення потребує додатковий комутаційний блок, потребує встановлення додаткового програмного забезпечення, значна вартість.

Пристрій PCIe-WDG-CSM [3] у вигляді друкованої плати на кронштейні містить сторожовий таймер, датчики температури та вологості, вбудований світлодіод і динамік для сигналізації тайм-ауту сторожового таймера. Через

зовнішній роз'єм підключено реле, два цифрових входу та два цифрових виходів, а також виходів загального призначення 3,3 В з плавким запобіжником.

Загальний вигляд наведено на Рис. 2.4.

Переваги: багатофункціональність, простота налаштування через інтерфейс ОС, не потребує окремого блоку живлення. Недоліки : потребує встановлення в системний блок контролюємої системи, значна вартість, потребує додатковий комутаційний блок, для встановлення потребує відкриття корпусу системи, що потенційно створює проблеми з гарантійним обслуговуванням або її втратою.



Рисунок 2.4 — Пристрій PCIe-WDG-CSM

Порівнюємо ці пристрої. Результат наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 — Порівняльна таблиця пристроїв

Назва	WatchDog PWR	SNR-ERD	PCIe-WDG-CSM
1	2	3	4
Тип живлення	Від контролюємого пристрою	Від додаткового блоку живлення	Від хост системи
Додаткове ПЗ	Універсальне, не-обхідно встановлювати	Стандартне в ОС	Власний драйвер для ОС, відкритий код ПЗ
Тип керування	Командою на хост систему або імітація натискання кнопок (Reset, Power)	Мережеві протоколи керування	Власні протоколи та налаштування

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Моніторинг температури	Наявний	Можливий	Можливий, а також вологість
Збереження журналів роботи	Наявне, на диску контролюємої системи.	В зовнішніх системах моніторингу	Власний формат
Індикація стану та режиму роботи	Наявна на пристрої	Відсутня на пристрої	Кольоровий світлодіод, звук
Варіант підключення	Внутрішній	Зовнішній	Внутрішній
Виробник	Україна	Білорусь	США
Вартість	350-550 грн	4000-5000 грн	6000-7000 грн

Виходячи з наведеного порівняльного аналізу ринку можна зробити висновок, що перший пристрій хоч і дешевший за всі, але потребує додаткових затрат на корпус та комутаційний пристрій, два інших прилади мають надлишковий функціонал та вищу вартість.

Запропонований пристрій має конкурентні переваги, а саме буде включати в одному корпусі весь необхідний функціонал при меншій вартості, універсальність з точки зору приєднання обладнання та зручність при використанні в існуючих системах.

2.2 Вимоги до характеристик приладу

Прилад буде експлуатуватися в умовах для кліматичного виконання за ГОСТ 15150-69 УХЛ-4.2 . УХЛ — макрокліматичний район з помірним та холодним кліматом [4]. Для експлуатації в лабораторіях, капітальних житлових та інших, подібного типу приміщеннях.

Умови експлуатації згідно ГОСТ 16019-2001, С1. Стаціонарна, встановлюється в опалюваних наземних і підземних спорудах [5] Основні вимоги наведені в Табл. 2.1

Таблиця 2.1 — Вимоги до характеристик

Параметр	Значення
Напруга живлення, В	220±20%
Максимальний струм споживання, мА	200±20%
Максимальний струм споживання обладнання, що керується	3 А
Робоча температура	Від +10°C до +35°C
Гранична температура	Від +1°C до +40°C
Робоча вологість повітря	Від 60% до 80%
Гранична вологість повітря	90%
Атмосферний тиск	Від 84 кПа до 107 кПа
Вібрації при експлуатації	Від 10 Гц 70 Гц
Удари при експлуатації	Не задаються
Удари при транспортуванні	До 15g

Прилад повинен зберігати робочий стан не менше 18000 годин при цілодобовому використанні з ймовірністю безвідмовної роботи 0,95 та час відновлення 10 годин у разі поломки

Корпус приладу повинен вироблятися з матеріалів, що відповідають вимогам електричної та пожежної безпеки. Роз'єми для підключення розташовуватись в зручному для користувача місці, але в той же час забезпечувати надійне з'єднання.

3 ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1 Структурна схема алгоритму

Структурна схема алгоритму роботи наведена на рисунку Рис. 3.1

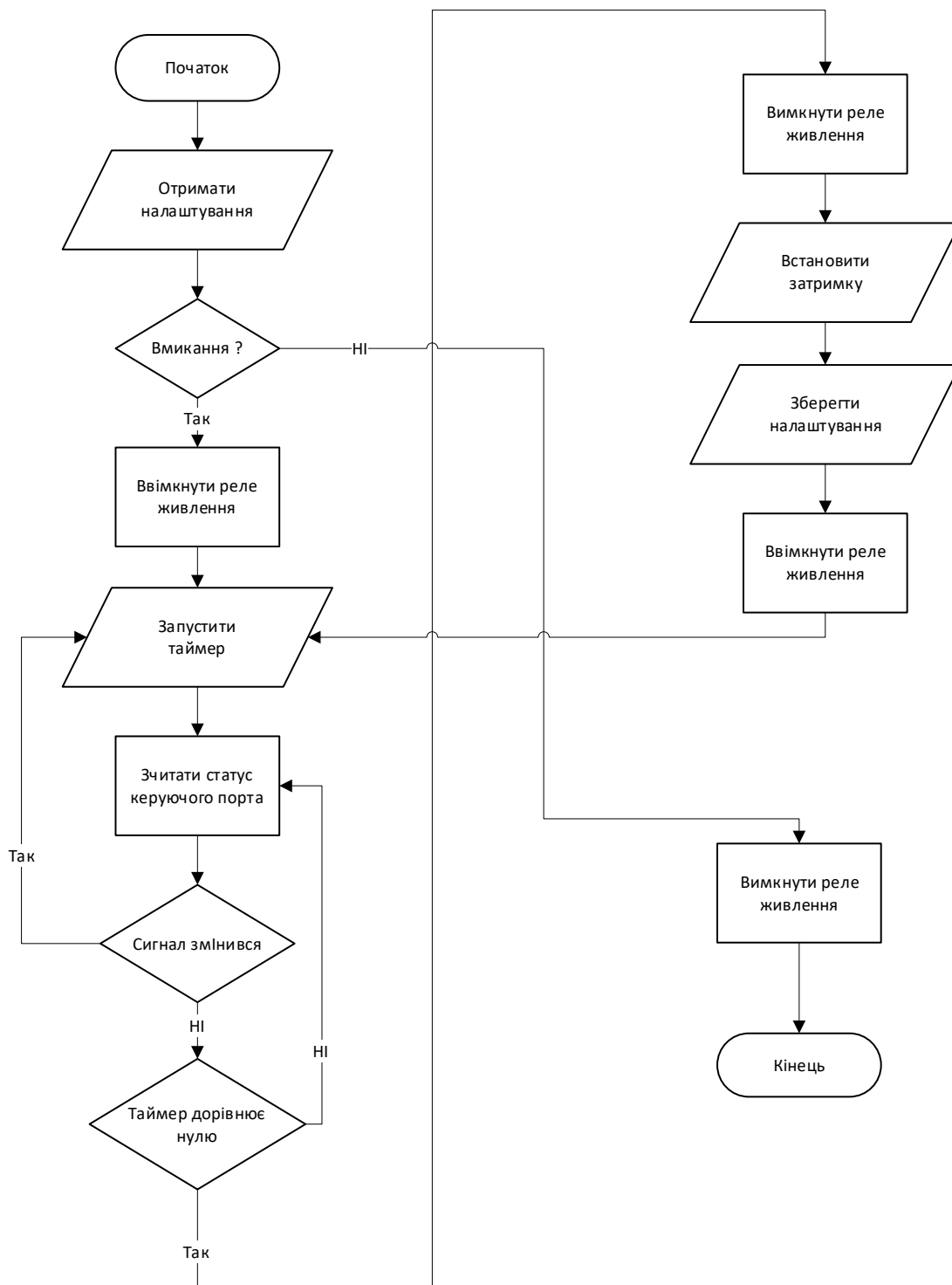


Рисунок 3.1 — Структурна схема алгоритму

3.2 Опис алгоритму роботи

На початку виконання програми мікроконтролер отримує налаштування, що зберігаються в енергонезалежній пам'яті. Якщо в параметрах встановлений флаг вмикання основного живлення приладу, то мікроконтролер подає команду ввімкнення реле та запускається таймер відліку часу. Далі виконується основний алгоритм роботи контролера. Час відліку для таймеру також встановлюється з налаштування та складається з проміжку часу на початковий старт головної системи та з контрольного часу в проміжок якого контролер повинен отримати від системи сигнал, що з підконтрольною системою все гаразд. Якщо контрольний сигнал отримано вчасно мікроконтролер перезапускає таймер зі значенням контрольного проміжку часу. Якщо час вичерпався та значення таймеру досягнуло нуля, а контрольний сигнал від головної системи не прийшов, то вважається, що така система зависла та потребує перезавантаження. Для цього головне реле вимикає живлення. Лічильник кількості перезапусків, сам факт та час такої події записується в енергонезалежну пам'ять системи. Після необхідної затримки вмикається головне реле живлення та починається процес завантаження системи.

Додаткового виконується контроль температури за допомогою вбудованого сенсора. При виході за задані межі є можливість також відключити головну систему.

Обмін даними та налаштування виконується через USB інтерфейс, який в головній системі відображається як порт послідовний COM-порт.

На друкованій платі передбачено роз'єм до якого може бути під'єднаний додатковий сенсор через гальванічну розв'язку за допомогою оптопар, а також роз'єм з шиною SPI, що дозволяє розширювати при необхідності функціональні можливості контролера.

3.3 Структурна схема

Контролер складається з 4 основних функціональних блоків, які зображені на Рис. 3.2. Інтерфейсний блок відповідає за підключення до головної системи за допомогою інтерфейсу USB, отримання керуючого сигналу та додаткового сигналу від температурного датчика.

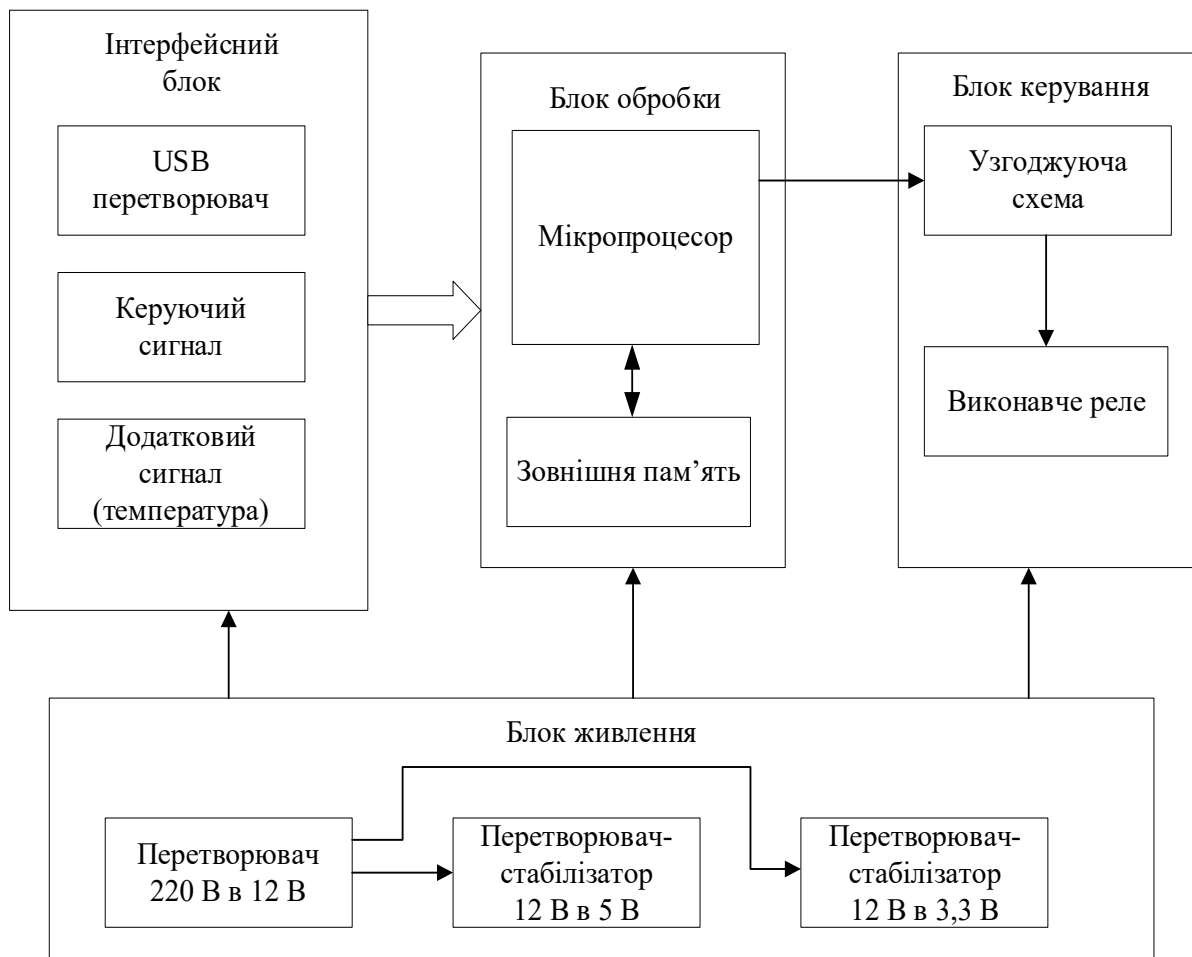


Рисунок 3.2 — Структурна схема контролеру

Блок обробки сигналу включає в себе мікроконтролер та додаткову схему пам'яті. На мікроконтролер покладено функції обробки вхідних сигналів, інформації отриманої від головної системи та видачі керуючих сигналів на блок керування.

В блок керування входить схема що призначена для підсилення сигналу керування від мікроконтролера та реле, що вмикає та вимикає подачу живлення на систему, що контролюється.

Блок живлення призначений для формування необхідних напруг живлення для інших компонентів та включає в себе перетворювач мережі змінного

струму мережі 220 вольт в постійну напругу 12 вольт, та два перетворювача стабілізатора з отриманої напруги 12 вольт в напруги 5 вольт та 3,3 вольт, що оживляють відповідні компоненти схеми.

3.4 Опис принципової схеми

Основою схеми виступає сучасний та недорогий мікроконтролер DD2 ATmega, що забезпечує реалізацію на програмному рівні необхідного функціону. Принципова схема наведена на Рис. 3.3.

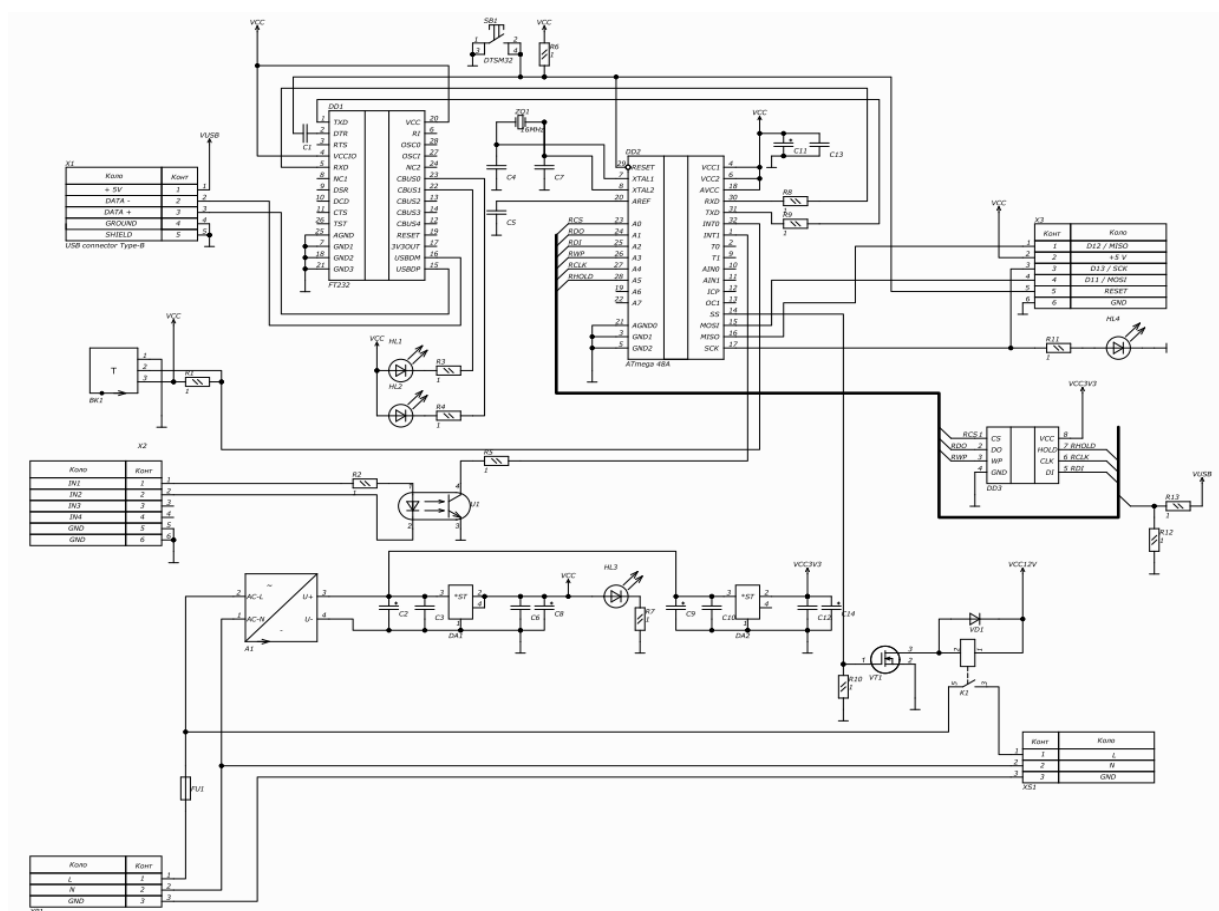


Рисунок 3.3 — Принципова схема контролеру

Для підключення до системи, що контролюється використовується USB інтерфейс. Для обміну даними між мікроконтролером та USB інтерфейсом використовується перетворювач DD1. Для зберігання налаштувань контролеру та його статусів використовується мікросхема пам'яті DD3. Живлення від електромережі через запобіжник FU1 подається з роз'єму XP1 на модуль перетворювача A1 виробництва фірми MeanWell та дві мікросхеми перетворювача на-

пруги DA1 та DA2, що живлять елементи схеми. Отримання додаткових керуючих сигналів з гальванічною розв'язкою забезпечує оптопара U1. Керування вихідним живленням забезпечує реле K1 через транзистор VT1, який отримує сигнал керування від мікроконтролера. Реле за командами від DD2 керує передачею живлення мережі від роз'єму XP1 на роз'єм XS1, до якого підключене контрольоване обладнання. Контролер обладнаний датчиком BK1, що вимірює температуру у корпусі приладу та передає показники в мікроконтролер по протоколу шини 1-wire. Контролер за необхідністю вимикає обладнання, наприклад у разі перевищення встановленого ліміту температури або при низьких температурах, що роблять неможливим функціонування наприклад термопринтерів. На схемі передбачено додатковий роз'єм X3 для програмування або оновлення програмного забезпечення мікроконтролера. Цей роз'єм також має інтерфейсні сигнали, що дозволять підключити додаткову плату розширення функціоналу (наприклад таймер реального часу або WiFi модуль). Через роз'єм X2 додатково до вбудованого давача температури є можливість підключити додаткові давачі температури та вологості з використанням 1-wire протоколу обміну даними.

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		22

4 ВИБІР ОСНОВНОЇ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

Вибір елементної бази для реалізації контролеру перед усім потребує надійності функціонування всього приладу, так як від його надійності залежить працездатність всього критичного обладнання, що він контролює. Елементарна база вибирається з урахуванням принципової схеми та умов експлуатації приладу.

4.1 Модуль живлення

Для забезпечення живлення схеми вибрано модуль живлення PS MeanWell MPM-15-12 [4]. Загальний вигляд наведено на Рис. 4.1

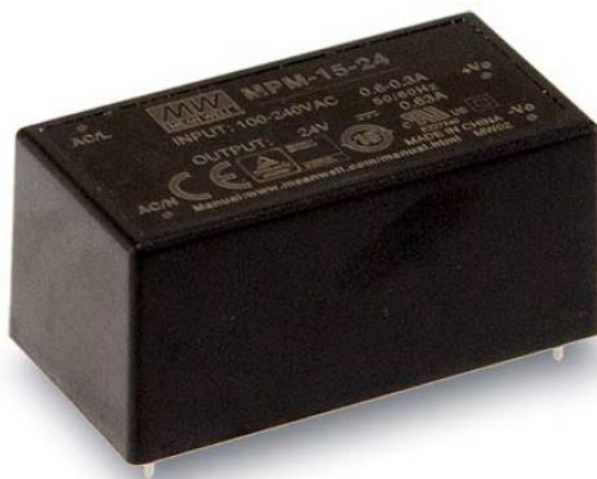


Рисунок 4.1 — Зовнішній вигляд модуля живлення MeanWell

Він забезпечує перетворення мережевої напруги змінного струму 220 – 230 В в постійну стабілізовану напругу 12 В. Модуль призначений для використання в медичному обладнанні тому має необхідні захисти від перегріву, перенавантаження, стабільності роботи в широкому діапазоні вхідної напруги від 80 В до 264 В, при значних змінах температури та вологості, а також має низький рівень пульсації. Основні параметри наведені на Рис. 4.2

PROTECTION	OVERLOAD	110% ~ 150% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed				
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 5V	5.8 ~ 6.8V	13.8 ~ 16.2V	17.3 ~ 20.3V	27.6 ~ 32.4V
	OVER TEMPERATURE	Protection type : Shut off o/p voltage, clamping by zener diode				
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-40 ~ +85°C (Refer to "Derating Curve")				
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing				
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH non-condensing				
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 60°C)				
	SOLDERING TEMPERATURE	260°C ±5°C/10sec.max.				
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes				
	LEAD TEMPERATURE	260±5°C, 5s (max.)				
	OPERATING ALTITUDE	Note.8 5000 meters				
	SAFETY STANDARDS	IEC60601-1, BS EN/EN60601-1, IEC60335-1, BS EN/EN60335-1, EAC TP TC 004, UL ANSI/AAMI ES60601-1(3.1 version), CAN/CSA-C22.3 rd Edition approved				
	ISOLATION LEVEL	Primary-Secondary: 2xMOPP				
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:4KVAC				
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH				

Рисунок 4.2 — Основні характеристики модуля живлення MeanWell

Структурна схема модуля наведена на Рис. 4.3. Модуль побудований в герметичному корпусі з двійною ізоляцією по схемі імпульсного перетворювача, що забезпечує також високу ефективність його роботи. Вхідний фільтр зменшує рівень шуму від перетворювача в мережу живлення, а також забезпечує фільтрацію шуму, що може надходити з мережі.

■ Block Diagram

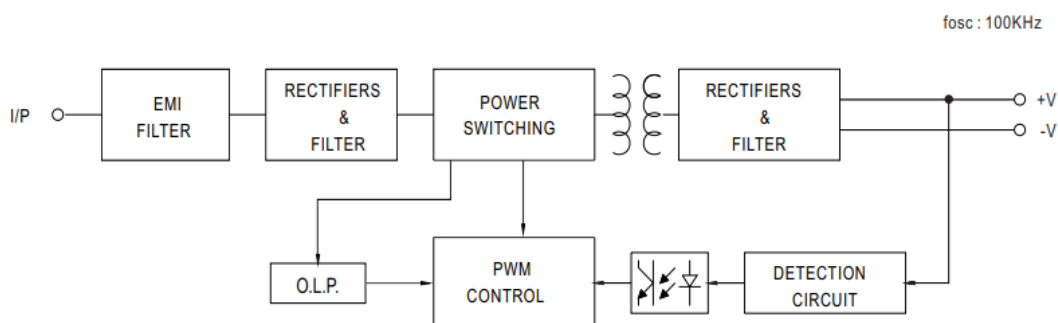


Рисунок 4.3 — Структурна схема модуля живлення MeanWell

Використання такого модуля живлення забезпечить надійність функціонування контролера та ремонтпридатність.

4.2 Мікроконтролер

Враховуючи, що мікроконтролер головний елемент схеми його вибір зроблено з урахуванням швидкодії, надійності та вартості. Для забезпечення

функцій підходить мікроконтролер фірми ATMEL типу ATmega [5]. Це 8-бітний мікроконтролер побудований на покращеній RISC архітектурі має вбудовану пам'ять для програми 4K/8K/16КБайт, енергонезалежну пам'ять від 256 байт до 512 байт, яку можна використовувати для зберігання поточних налаштувань та оперативну пам'ять від 512 байт до 1024 байт. Призначення виводів для реалізації в корпусі TQFP для поверхневого монтажу наведено на Рисунок 4.4

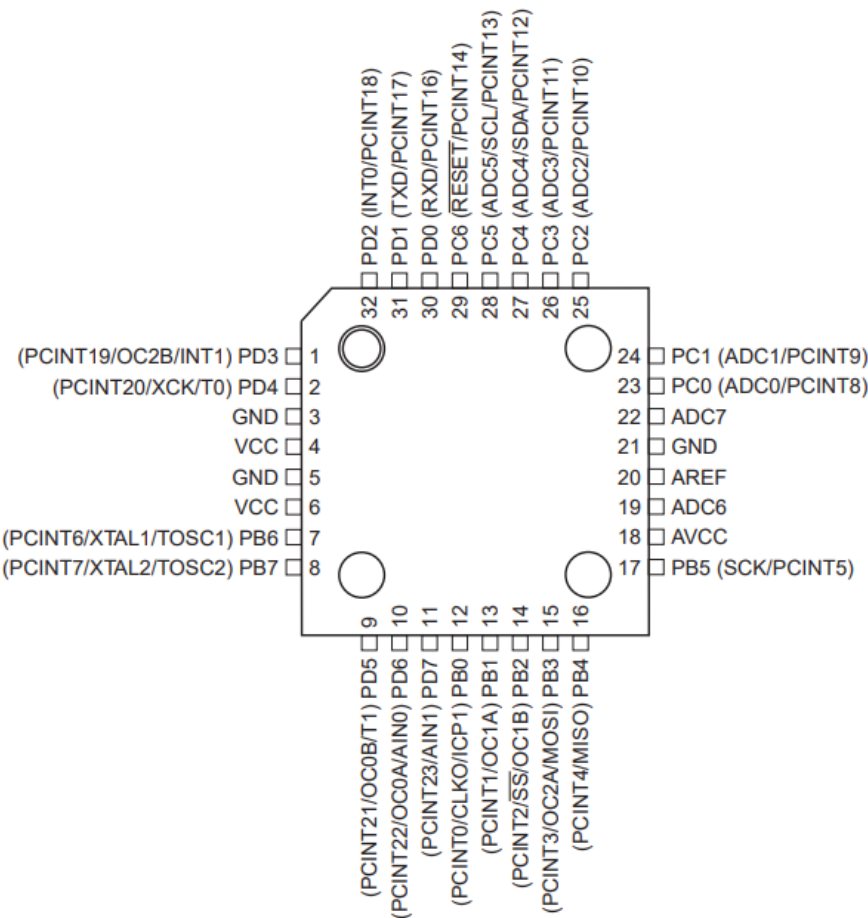


Рисунок 4.4 — Призначення виводів

Таблиця 4.1 Порівняння параметрів мікроконтролерів

Модель	Пам'ять програм	Енергонезалежна пам'ять	Оперативна пам'ять
ATmega48	4 Kbytes	256 Bytes	512 Bytes
ATmega88	8 Kbytes	512 Bytes	1 Kbytes
ATmega168	16 Kbytes	512 Bytes	1 Kbytes

Можливість програмування вже в побудованій системі через зовнішній інтерфейс дозволяє забезпечити механізм оперативної змінити програми або виправити помилки. Вбудовані два 8-бітні та один 16-бітний таймер з системою переривань при тактовій частоті від 10 МГц до 20 МГц дозволяють побудувати програмний таймер з роздільною точністю до мс. Максимальна тактова частота також залежить від напруги живлення та складає до 4 МГц при живленні 1,8 В, до 10 МГц при живленні 2,7 В, до 20 МГц при живленні 5 В. Оскільки прилад живиться від стаціонарної мережі та для забезпечення максимальних характеристик доцільно використати живлення 5 В.

Наявність до 23 програмованих ліній вводу або виводу дозволяють підключити всі заплановані сигнали від інтерфейсів та датчиків. Виходячи з наведених параметрів вибираємо ATmega48 на 20 МГц з живленням від 5 Вольт у корпусі TQFP, що забезпечить поверхневий монтаж (Рис. 4.5).

39.1 32A

32-Lead Plastic Thin Quad Flatpack (PT) – 7x7x1.0 mm Body, 2.00 mm [TQFP]

Note: For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>

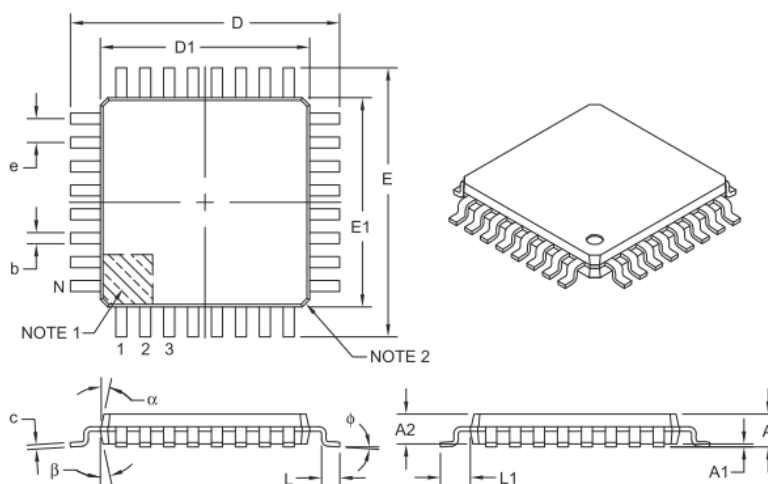


Рисунок 4.5 — Корпус мікроконтролера

У разі необхідності провести модернізацію з метою додавання функціоналу на програмному рівні можливо буде використати мікроконтролер в цьому самому корпусі, але з більшим об'ємом пам'яті на цій же самій друкованій платі.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-3П91.468332.001 ПЗ

Лист

26

4.3 Перетворювач інтерфейсу

Для передачі сигналів керування та налаштування параметрів пристрою з використанням інтерфейсу USB використано мікросхему перетворювача з USB в послідовний асинхронний протокол тому що сам мікроконтролер не підтримує USB інтерфейс на апаратному рівні. Для цієї мети підходить широкоживана мікросхема FT232R USB-UART фірми FTDI-Chip. Ця мікросхема широко використовується в різних пристроях та для неї існують драйвера для більшості операційних систем. Таким чином, її використання не потребує розробки додаткових програм та драйверів, а в операційній системі вона виглядає як стандартний комунікаційний послідовний порт (UART порт) зі швидкістю до 3 МБод. Призначення виводів для реалізації в корпусі SSOP наведено на Рис. 4.6

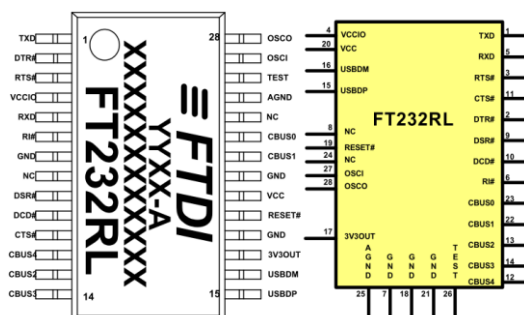


Рисунок 4.6 — Мікросхема USB-UART

Для роботи мікросхеми використовується мінімальна кількість додаткових елементів. Для вбудованого генератора синхронізації можна використати як зовнішній кварцевий резонатор або режим самогенерації. Для індикації роботи можливо використати світлодіоди.

4.4 Роз'єми живлення для під'єднання обладнання

З метою універсальності приладу доцільно використати роз'єми ІЕС, що наведені на Рис. 4.7. Роз'єми виробництва Vulgin [6] розраховані на змінний струм до 10 А при напрузі до 250 В. Мають опір ізоляції більше 10^3 МОм та опір під'єднуючого контакту менше 10 мОм.



Рисунок 4.7 — Роз'єми живлення

Перелік основних параметрів наведено на Рис. 4.8

Specifications	PX0580/PC/Col
Fixing:	P.C.B./Flange
Terminations:	P.C. Spills
Colours:	No suffix (Black), /WH (White), /GY (Grey)
Max. Rating:	10A, 250V a.c. (UL & CSA 15A, 250V a.c.)
Contact Resistance:	<10mΩ
Insulation Resistance:	>10 ³ MΩ
A.C. Breakdown:	Pole-Pole 5.4kV, Poles-Panel 10kV
Operating Temp. Range:	-40°C to +70°C
Max. Pin Temp :	+70°C
Mouldings:	Nylon, Flammability Rating UL94V-0
Contacts:	Brass: Pins, Nickel Plated. Spills, Tin Plated
Approvals:	   
Accessories / Notes:	Standard without cover. With cover add /12132 to P.No VDE approvals for black version only
Mating Connectors:	PX0587, PX0587/SE, PX0588
RoHS	Compliant

Рисунок 4.8 – Параметри роз'єму Bulgin

Роз'єми монтуються безпосередньо на друковану плату та мають фланцеві кріплення до неї. Мають широкий діапазон робочих температур та відповідають більшості міжнародних стандартів з безпеки.

4.5 Роз'єм інтерфейсний

Для підключення до головної системи використовується USB інтерфейс. Для цього був використаний типу B, що призначений для під'єднання периферійних, з точки зору головної системи, пристроїв (принтерів, сканерів тощо).

Розроблений пристрій як раз являє собою такий пристрій у деякій мірі та використання саме роз'єму типу В виключає помилкове під'єднання до нього інших USB пристроїв. Конструктивні параметри USB роз'єму наведено на Рис. 4.9 та зовнішній вигляд на Рис. 4.10.

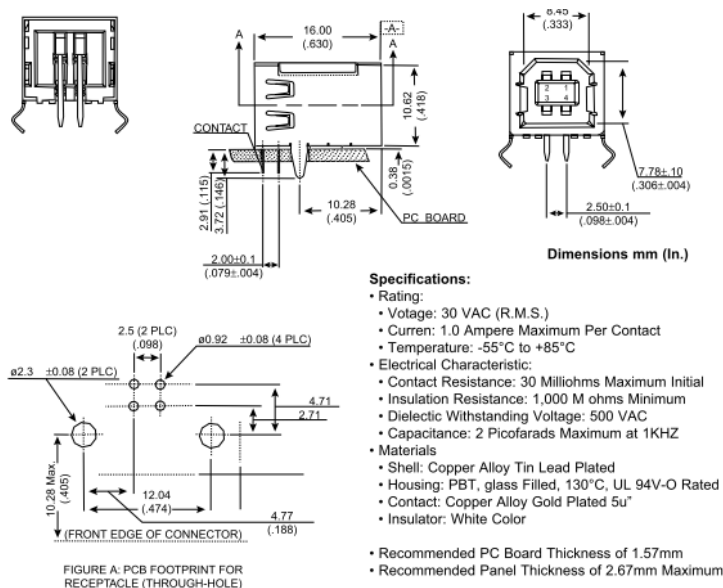


Рисунок 4.9 — Конструктивний вигляд USB роз'єму типу В

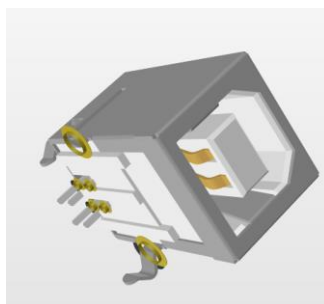


Рисунок 4.10 — Зовнішній вигляд USB роз'єму

Фірма Mouser Electronics має в асортименті роз'єми Kobiconn артикульний номер 154-2442 Connector, USB Series, що задовольняє нашим вимогам.

4.6 Реле керування

Основні вимога для реле, що керує зовнішнім пристроєм — це витримувати задане навантаження, мати довгий строк експлуатації, надійність. В нашому випадку також мати напругу керування не більше 12 вольт та можливість монтажу на друковану плату. Цим вимогам відповідає реле Omron G5Q-EU [7] зображення якого наведено на Рис. 4.11

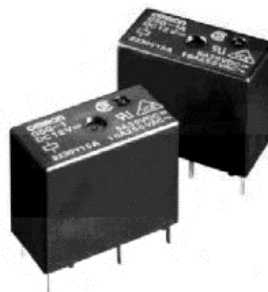


Рисунок 4.11 — Реле G5Q-EU

Основні характеристики: струм комутації до 10 А при напрузі 250 В. Опір ізоляції більше 1000 МОм. Гарантійна надійність більше 25 000 операцій включення в режимі максимального навантаження. Зберігає працездатність в достатньо широкому діапазоні температур (від -40 °С до +85 °С)

Реле цього типу має декілька варіантів виконання контактних груп : одна контактна група на перемикання (модель G5Q-EU SPDT) або одна контактна група на замикання (модель SPST-NO). Параметри обох моделей наведено на Рис. 4.12

Rated voltage (V)		Rated current (mA)	Coil resistance (Ω)	Pick-up voltage	Drop-out Voltage	Maximum voltage	Power consumption (mW)
SPDT	DC5	80	63	75% of max.	5% of max.	190% at 23°C	400
	DC12	33.3	360				
	DC24	16.7	1440				
SPST-NO	DC5	40	125				200
	DC12	16.7	720				
	DC24	8.3	2880				

Рисунок 4.12 — Параметри реле

В нашому випадку достатньо мати контактну групу тільки на замикання. При цьому ми вибираємо реле з меншим струмом керування та відповідно буде меншою потужність, що споживається від блоку живлення, це перевага враховуючи те, що в робочому режимі реле повинно бути постійно включене.

4.7 Стабілізатори живлення

Для отримання напруги живлення відмінної від 12 Вольт, а саме 5 вольт та 3,3 вольт потрібно використати додаткові перетворювачі.



Рисунок 4.13 — Лінійний стабілізатор

В нашому випадку підійдуть лінійні стабілізатори напруги на фіксовані значення [8] типу AMS1117 або LD1117 з наступними характеристиками: корпус: SOT-223 для поверхневого монтажу, зображений на Рис. 4.13 вихідний струм до 1 Ампера.

4.8 Транзистор

Тип транзисторів вибираємо виходячі з потужності навантаження, яким він керує та максимальної напруги між колектором та емітером, граничною робочою частотою. В нашому приладі використано один транзистор та він керує котушкою реле опором 720 Ом, що підключена до джерела живлення 12 В зі струмом керування на приблизно та не більше 20 мА. Керування транзистором виконується цифровим виходом мікроконтролера. Частотні. Цим вимогам задовольняє велика кількість транзисторів. Вибираємо широкоживану модель MOSFET транзистора IRLML6244TRPbF, що виконаний в корпусі SOT23 для поверхневого монтажу [11]. Характеристики наведені на Рис. 4.14

Symbol	Parameter	Max.	Units
V_{DS}	Drain-Source Voltage	20	V
$I_D @ T_A = 25^{\circ}\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	6.3	A
$I_D @ T_A = 70^{\circ}\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	5.1	
I_{DM}	Pulsed Drain Current	32	
$P_D @ T_A = 25^{\circ}\text{C}$	Maximum Power Dissipation	1.3	W
$P_D @ T_A = 70^{\circ}\text{C}$	Maximum Power Dissipation	0.80	
	Linear Derating Factor	0.01	W/ $^{\circ}\text{C}$
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 12	V
T_J, T_{STG}	Junction and Storage Temperature Range	-55 to + 150	$^{\circ}\text{C}$

Рисунок 4.14 — Параметри транзистора IRLML6244TRPbF

4.9 Конденсатори

В схемі використовуються два види постійних конденсаторів: електролітичні та керамічні. При виборі конденсаторів враховуємо напругу в колі та необхідну ємність. Виходячи з умов експлуатації та типу монтажу вибираємо керамічні багатошарові конденсатори поверхневого монтажу типорозміру 0805 виробництва Hitano серії X7R або X5R [12]. Вони мають робочий діапазон температур від -55°C – $+85^{\circ}\text{C}$ та -55°C – $+125^{\circ}\text{C}$, великий діапазон значень ємностей та напруг. Також вони мають невелику вартість. Альтернативний виробник Murata [13] також має необхідний асортимент аналогічних за параметрами конденсаторів.

Електролітичні конденсатори типорозміру Type D виробника Hitano серії ELV для поверхневого монтажу [14]. Можливо використання автоматів для монтажу конденсаторів такого типу на друковану плату на відміну від вивідних, де підготовка та монтаж потребують ручної роботи. Зовнішній вигляд наведено на Рис.4.15.



**220 μF 16V ELV SMD sizeD 8x6.5 (ELV221M16RD)
(електролітичний конденсатор SMD)**

Код товару: 15890

Виробник: Hitano

Ємність: 220 μF

Номін.напруга: 16 V

Серія: ELV-SMD

Темп.діапазон: $-40\ldots+85^{\circ}\text{C}$

Типорозмір,габарити: SMD size D

Макс.пульс.струм: 280mA

Рисунок 4.15 — Електролітичний SMD конденсатор Hitano

Вони мають невелику ціну, достатньо великий асортимент номіналів, малі розміри та вагу, задовольняють нашим вимогам експлуатації маючи температурний діапазон -40°C – $+85^{\circ}\text{C}$, робочу напругу від 6 В до 450 В.

4.10 Світлодіод

На платі передбачені схемою світлодіоди, які виконують діагностичну функцію, а саме: наявність обміну по USB інтерфейсу, поточний статус пристрою або стан програмування мікроконтролера. Вони не є оперативними ін-

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		32

дикаторами для користувача та виконують допоміжну функцію, тому не виводяться на передню або задню панель корпусу. В цьому разі доцільно використати світлодіоди поверхневого монтажу, розмістивши їх з краю друкованої плати. Обрано світлодіоди Kento. [15] Зовнішній вигляд на Рис. 4.16



KT-SMD0603-W

Код товару: 86393

Виробник: Kento

Колір: білий

Розмір: 0603

Лінза: безбарвна

Падіння напруги: 3,1...3,5 V

Сила світла: 180...400 mcd

Кут свічення: 120°

Рисунок 4.16 — Вигляд та характеристики SMD світлодіода

4.11 Роз'єми на плату

Надійні, універсальні та популярні штирьові роз'єми KLS1, що мають також не велику вартість та аналоги виробляються багатьма виробниками. Характеристики наведені на Рис. 4.17

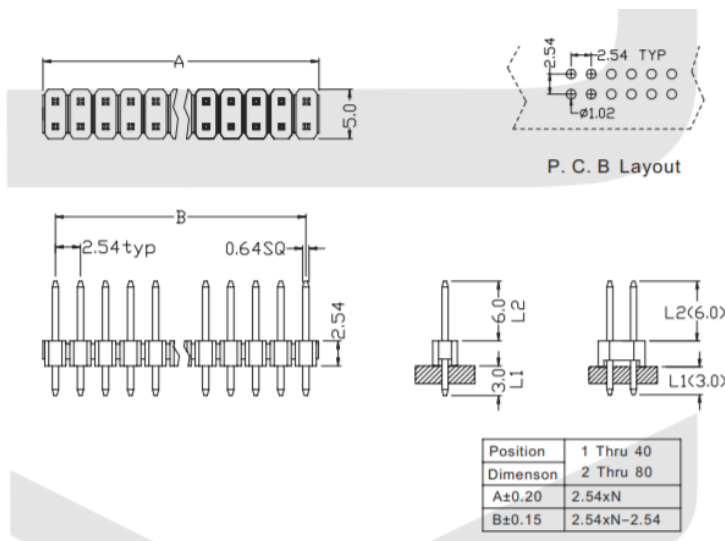


Рисунок 4.17 — Роз'єм на плату-207 PLD-06

Роз'єм дозволяє використовувати як під'єднання одиночних провідників та шлейфів так і підключення інших плат розширення функціоналу.

4.12 Датчик температури

У якості датчика температури можливо використати терморезистор або цифровий інтегральний вимірювач DS18B20 або PCT2075. У разі використання терморезистора для нього потрібно створити схему дільника напруги та задати стабілізований струм скрізь такий дільник. Значення напруги зчитувати за допомогою вбудованого в мікроконтролер аналогово-цифрового перетворювача. Використання цифрових давачів, в яких перетворення температури в код виконується в середині давача, простіше схемотехнічно тому, що давач температури під'єднується до мікроконтролера за допомогою цифрової шини та значення температури передається в цифровому вигляді. Давач DS18B20 використовує протокол шини 1-wire, по якому інформація передається в послідовному вигляді, має всього три виводи, виконаний в корпусі ТО-92. Крім того, додатковою перевагою є можливість підключити до цієї самої шини 1-wire паралельно ще декілька зовнішніх давачів температури через роз'єм та контролювати температуру в інших частинах обладнання на відстані до десяти метрів. Для підключення достатньо мати двопровідну лінію, використовуючи спеціальний режим роботи так званий «паразитного живлення». Кожна мікросхема DS18B20 має свій унікальний серійний номер тому легко відрізнити одну від одної на програмному рівні. Діапазон вимірювання складає від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, розрядність вбудованого АЦП 9 або 12 біт, час перетворення температури в код 750 мсек.

На відміну від DS18B20 давач PCT2075 використовує протокол I2C. Це також цифровий давач. Він реалізований в 8 або 6 вивідному корпусі для поверхневого монтажу. Для свого підключення він потребує чотири проводи: дві сигнальні лінії та дві лінії для живлення. Діапазон вимірювання складає від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 1^{\circ}\text{C}$, розрядність вбудованого АЦП 11 біт, час перетворення температури в код від 30 мсек до 1,5 сек. Адресація на загальній шині I2C задається зовнішніми сигналами на контакти 3-х бітної адресної шини.

Протокол обміну I2C більш складний ніж 1-wire для реалізації на програмного рівні в мікроконтролері.

					<i>PI-3П91.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		34

Для реалізації нашого приладу при схожих характеристиках вибираємо DS18B20 як більш зручний для підключення, можливістю розширення та більш простою реалізацією протоколу обміну на програмному рівні.

4.13 Резистори

Вибираємо резистори поверхневого монтажу з номінальною потужністю 0,1 Вт типорозміру 0603 виробника Hitano [14], як такі що задовольняють всім нашим вимогам експлуатації, ціни та невеликим габаритам. Порівняльні характеристики наведені на Рис. 4.18

SIZE	Power Rating	Max W.V.	Max Over Load Volt	Tol. (%)	Resistance Range (Ω)	TCR ppm/ $^{\circ}$ C	Normal Res. Value
RC0201	1/20W	25V	50V	± 5	0R, 1 Ω ~10M Ω	200 ppm/ $^{\circ}$ C	E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC0402	1/16W	50V	100V	± 5	0R, 1 Ω ~10M Ω	100 ppm/ $^{\circ}$ C for range 10~1M Ω	E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC0603	1/10W	50V	100V	± 5	0R, 1 Ω ~20M Ω	200 ppm/ $^{\circ}$ C for range 1 Ω $\leq$ R < 10 Ω , 1M Ω < R $\leq$ 20M Ω	E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC0805	1/8W	150V	300V	± 5	0R, 1 Ω ~20M Ω		E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC1206	1/4W	200V	400V	± 5	0R, 1 Ω ~20M Ω		E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC1210	1/3W	200V	400V	± 5	0R, 1 Ω ~20M Ω		E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC2010	3/4W	200V	400V	± 5	0R, 1 Ω ~20M Ω	100 ppm/ $^{\circ}$ C for range 10~1M Ω	E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%
RC2512	1W	250V	500V	± 5	0R, 1 Ω ~20M Ω	200 ppm/ $^{\circ}$ C for range 1 Ω $\leq$ R < 10 Ω , 1M Ω < R $\leq$ 20M Ω	E-24 for 5%
				± 1	1 Ω ~10M Ω		E-96 for 1%

Рисунок 4.18 — Характеристики резисторів Hitano

Визначений типорозмір 0603 нас задовольняє по потужності в 0,1 Вт та максимальній робочій напрузі до 50 В. Точність ± 5 % забезпечить великий вибір номіналів стандартного ряду E-24

В цьому розділі було приділено увагу на надійність, доступність на ринку та вартість при виборі елементної бази для побудови приладу з урахуванням умов експлуатації та цілодобового режиму роботи. Перевагу надано виробникам компонентів з великим досвідом роботи

5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

5.1 Вибір конструкції

Конструктивно контролер можливо виготовити у вигляді закінченого приладу у готовому промисловому корпусі або у корпусі призначеному для монтажу в середині шафи чи в корпусі іншого обладнання. Плата кріпиться в середині корпусу. На лицьову та задню панель виводяться роз'єми для підключення живлення, навантаження та сигнальні роз'єми.

Аналіз схеми дозволив встановити, що пристрій працює без засобів керування від користувача, при цьому наявні 5 роз'ємів: 3 вхідні (живлення мережі та сигнальний та USB порт); 2 вихідні. Варіант корпусу наведено на Рисунок 5.1. Обрано модель Z112 виробника корпусів фірми Kradex, яка має великий асортимент універсальних корпусів



Рисунок 5.1 — Корпус Kradex Z112

Кріплення плати забезпечує від чотирьох до восьми стійок, як зображено на Рис. 5.2.

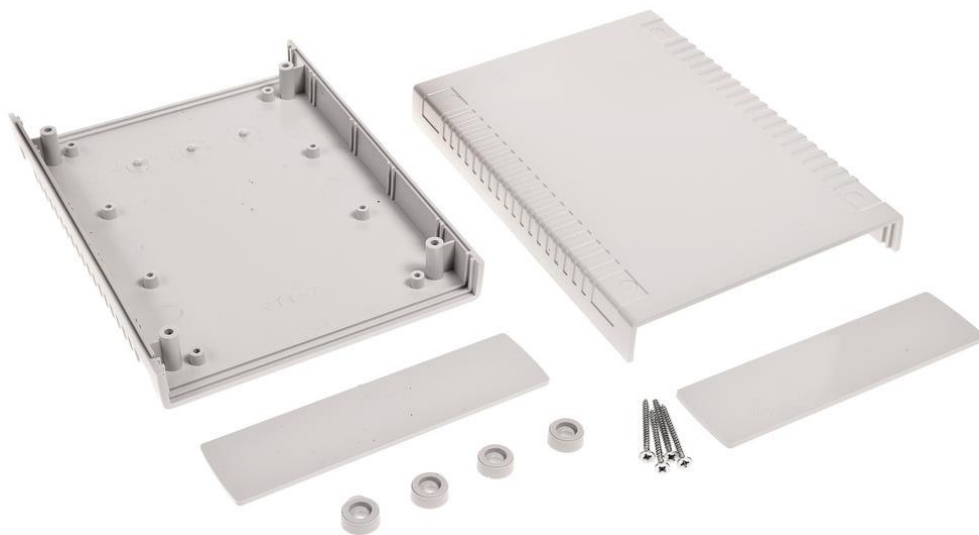


Рисунок 5.2 – Внутрішня конструкція корпусу

Передня та задня панель легко знімаються та замінюються або легко піддаються обробці.

5.2 Розробка друкованої плати

Оскільки схема, відповідно за завдання, має велику кількість елементів, як поверхневого монтажу, так і вивідні, цифрові багатовивідні мікросхеми з дрібним шагом виводів та дана плата матиме двосторонній монтаж, перехідні металізовані отвори та два шари металізації, тож її доцільно виготовляти комбінованим позитивним методом, що має переваги над негативним в точності виготовлення та надійності перехідних отворів, та стабільності їх характеристик з плином часу.

5.3 Розрахунок площі друкованої плати

Дані по розмірам елементам схеми зведені в електрону таблицю Excel та після підрахунків очікувана площа складає орієнтовно 70 см². Розрахунок наведено в Табл. 5.1 За підрахунком отримаємо, що мінімальна площа плати — 6928 мм², площа, яку займають елементи поверхневого монтажу — 1955 мм², площа, яку займають вивідні елементи — 4972 мм².

Таблиця 5.1 – Розміри та розрахунок площі елементів

Footprint	LibRef	Quantity	W, mm	L, mm	S, sq. mm	Coef	S total, sq. mm	Вивідний	S Вивідн.
PS MeanWell MPM-15-1	PS_MeanWell MPM	1	28	53	1484,00	1	1 484,00	Y	1 484,00
TO-92	DS18B20	1	4	5	20,00	1	20,00	Y	20,00
C 0805	C_constant	9	3,5	2,5	8,75	1	78,75	N	-
C Type D	C_polar	5	12	6	72,00	1	360,00	N	-
SOT230P700X180-4N	IC_REG1117	2	8,8	7,6	66,88	2	267,52	N	-
SOP65P780X200-28N	IC_FT232RL	1	9,2	11,4	104,88	4	419,52	N	-
TQFP80P900X900X120-3	IC_ATmega48A	1	7	7	49,00	4	196,00	N	-
SOIC127P790X216-8N	IC_W25Q64FV	1	9,5	6,2	58,90	4	235,60	N	-
FuseHolder 5x20	Fuse	1	28	12	336,00	1	336,00	Y	336,00
WL-SMCC_0603_GS_BS	Lightdiode	4	2,8	1,4	3,92	1	15,68	N	-
RELAY G5Q-EU SPST-NO	Relay	1	21	12	252,00	1	252,00	Y	252,00
WRIS-PSMB_0603_H0.3	R_0.125w	13	5,2	3,4	17,68	1	229,84	N	-
4301x60507x6	Switch	1	9	7	63,00	1	63,00	N	-
WL-OCPT_SOP4	OptoCouple1	1	8,2	4,5	36,90	1	36,90	N	-
DIOD SS12 SMA (DO-214)	Diode SS12	1	7	3,5	24,50	1	24,50	N	-
SOT95P245X110-3N	MOSFET-N	1	3,8	3,8	14,44	1	14,44	N	-
USB2 B (61400416121)	X_USB-B	1	17	12	204,00	2	408,00	Y	408,00
61300621121	X_HEAD3x2_1	1	9	6	54,00	2	108,00	Y	108,00
61300621121	X_HEAD3x2	1	9	6	54,00	4	216,00	Y	216,00
IEC 320 CONNECTOR	XP IEC320	1	48	22	1056,00	1	1 056,00	Y	1 056,00
IEC 320 CONNECTOR	XS IEC320	1	48	22	1056,00	1	1 056,00	Y	1 056,00
WE-XTAL_CFPX-104	Resonator MCU	1	6	4,2	25,20	2	50,40	N	-
							6 928,15		4 936,00
							69,28	см. KB	

Оскільки площа, яку займають вивідні елементи, більша, то будемо використовувати її в якості мінімальної площі для друкованої плати. Врахуємо розміщення двох великогабаритних роз'ємів живлення, модуля живлення та попередньо розділимо плату на зони для вузлів, що знаходяться під напругою мережі, схем низьковольтного живлення та цифрових мікросхем.

5.4 Вибір матеріалу

Матеріал для виготовлення друкованої плати пристрою потрібно вибирати виходячи з умов експлуатації та технологічності при виготовленні. На ринку достатньо багато матеріалів з яких виробляють друковані плати. Це текстоліт, гетинакс, скло, кераміка. Склотекстоліт має високу механічну міцність, високу електричну міцність, термостійкість, низькі діелектричні втрати, високий поверхневий опір, стійкість до хімічних сполук, що використовуються при виробництві друкованих плат. Виходячи з наведених вимог оптимальним вибором буде фольгований склотекстоліт FR-4. Основні параметри наведені в Табл. 5.2.

Таблиця 5.2 Параметри стеклотекстоліту

Параметр	Од. вим.	FR4
Міцність на вигин перпендикулярно шарам	МПа	≥ 340
Ударна міцність при згинанні паралельно шарам (по Шарлі)	кДж/м	≥ 33
Опір ізоляції	Ом	$\geq 5.0 \times 10^8$
Електрична міцність перпендикулярно шарам	МВ/м	$\geq 14,2$
Пробивна напруга паралельно шарам	кВ	≥ 40
Діелектрична проникність (50Гц)		$\leq 5,5$
Діелектрична проникність (1МГц)		$\leq 5,5$
Тангенс кута втрат (50Гц)		$\leq 0,04$
Водопоглинання	мг	≤ 19
Щільність	г/см ³	1.70 – 1.90
Горючість		FV0
Колір		Зелений

5.5 Вибір класу точності плати та щільності виробництва

Точність виробництва та щільність монтажу друкованої плати залежить від технології виробництва та використаними розмірами корпусів елементів. Існує 5 класів точності друкованих плат за ГОСТ 23751-86, дані по ним наведені в Таблиця 5.3

Таблиця 5.3 — Класи точності виготовлення друкованих плат

Позначення параметру	Номінальне значення параметру для класу точності				
	1	2	3	4	5
t, mm	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
S, mm	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
b, mm	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
γ	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI-3П91.468332.001 ПЗ

Лист

39

де: t — ширина друковано провідника;

S — відстань між сусідніми елементами провідникового малюнку;

b — гарантійний проміжок;

γ — відношення номінального значення діаметра найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати

Так як плата зі штирьовими і планарними виводами з високим насиченням елементами поверхневого монтажу та ключовим елементом вибору класу точності друкованої плати є елемент схеми з максимальними вимогами. У нашому випадку це мікросхема мікроконтролеру у корпусі TQFP для поверхневого монтажу та дрібним шагом виводів мікросхем. То обираємо клас точності друкованої плати – 4.

5.6 Розрахунок діаметра монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків

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 D_k для вивідних елементів за формулою:

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

Отримані значення наведено в таблиці Таблиця 5.4

Таблиця 5.4 Розміри для вивідних елементів

Поз.	Назва елемента	D_v	D_o	D_k
A1	PS MeanWell MPM-15-12	1,04	1,3	2,17
BK1	DS18B20 (TO-92_	0,55	0,8	1,33
FU1	Fuse Holder 5x20	1,40	1,6	2,67
K1	RELAY G5Q-EU SPST-NO	1,40	1,6	2,67
X1	USB2 B (61400416121)	1,00	1,2	2,00
X2	61300621121	1,02	1,3	2,17
X3	61300621121	1,02	1,3	2,17
XP1	PX0580PC IEC 320 CONNECTOR	1,60	1,8	3,00
XS1	PX0675PC IEC 320 CONNECTOR	1,70	1,9	3,17

5.7 Розрахунок зазорів між елементами

Найменша номінальна відстань між сусідніми друкованими об'єктами згідно обраного класу точності дорівнює $S_m = 0.15$ мм

Допуск на ширину провідника (відхилення верхнє) $\Delta_{tbo} = 0,01$ мм

$$S_m = S_{min} + \Delta_{tbo} = 0.16 \text{ мм}$$

5.8 Розрахунок ширини друкованих провідників

Для розрахунку ширини друкованих провідників необхідно визначити максимальний струм, що проходить через силові та сигнальні ланцюги при заданій напрузі. Аналізуючи отримане завдання отримуємо, що для сигнальних провідників $I_{max} = 0,25$ А, а для силових $I_{max} = 3$ А. Проведено розрахунки ширини друкованих провідників плати за допомогою Mathcad, виходячи з довжини провідника 165 мм, що відповідає більшому краю та для товщини мідного слою 50 мкм. Результати розрахунків наведено у Табл. 5.5

Таблиця 5.5 Ширина друкованих провідників

Провідник	Напруга	Струм	Номінальна ширина	Мінімально допустима ширина
Силовий	220 В	3 А	3 мм	2.8 мм
Сигнальний	12 В	0,25 А	0,3 мм	0,18 мм

5.9 Розміщення компонентів на платі

Особливу увагу приділимо розміщенню вузлів, що знаходяться під напругою мережі та відокремимо їх від сигнальної частини схеми. До таких вузлів належать: вхідний та вихідний роз'єм, утримувач запобіжника, комутаційне реле та модуль блока живлення. Розміщення елементів на друкованій платі показано на Рис. 5.3. Безпосередньо біля модуля блока живлення розміщені перетворювачі напруги в 5 В та в 3,3 В з необхідними для їх роботи фільтруючими електролітичними конденсаторами та блокуючими керамічними конденсаторами.

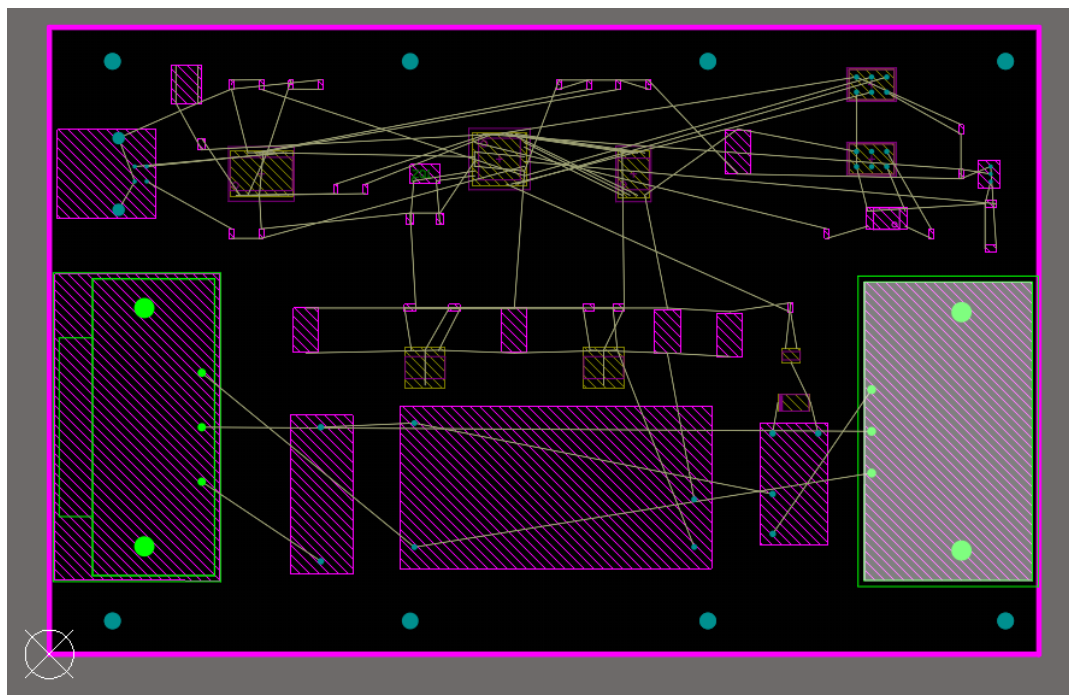


Рисунок 5.3 — Розміщення компонентів на друкованій платі

5.10 Трасування друкованої плати

В редакторі Altium Designer PCB проведемо трасування, тобто створимо доріжки та полігони. Заливка землі (ланцюг GND) виконаний полігоном з обох сторін плати. Загальний вигляд плати наведено на Рис. 5.4

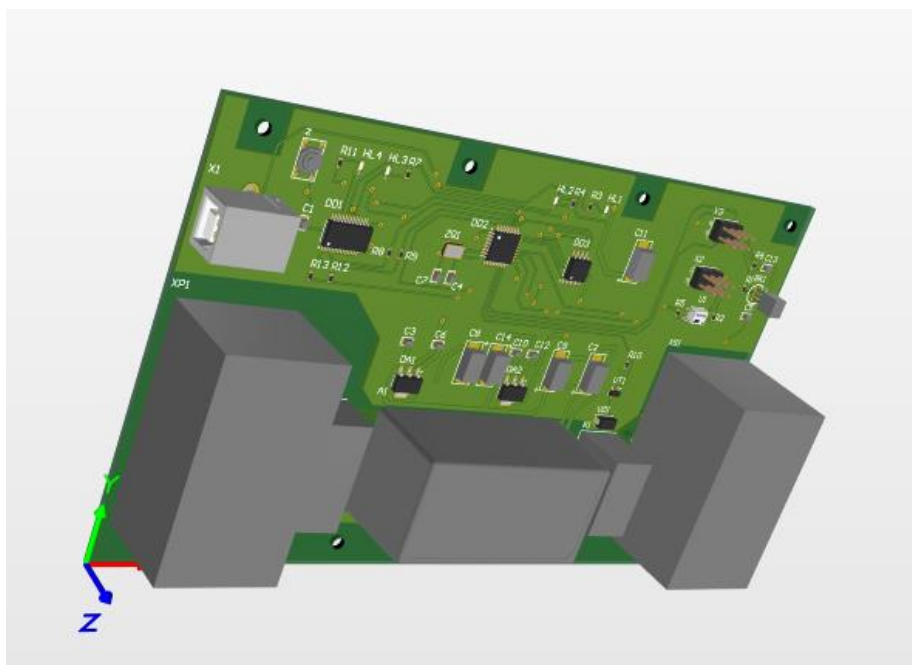


Рисунок 5.4 — Загальний вигляд плати

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-3П91.468332.001 ПЗ

Лист

42

Результати трасування у верхньому шарі наведено на Рис. 5.5, у нижньому шарі — Рис. 5.6.

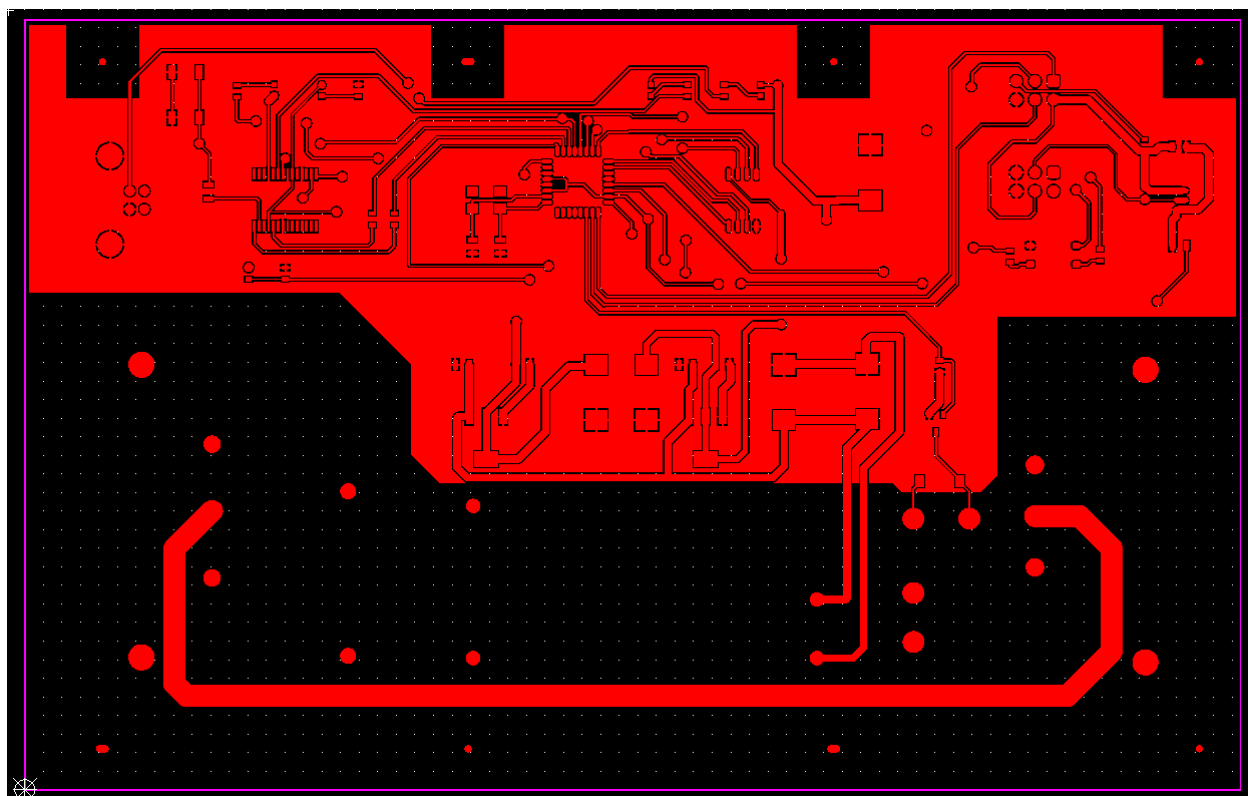


Рисунок 5.5 — Трасування у верхньому шарі

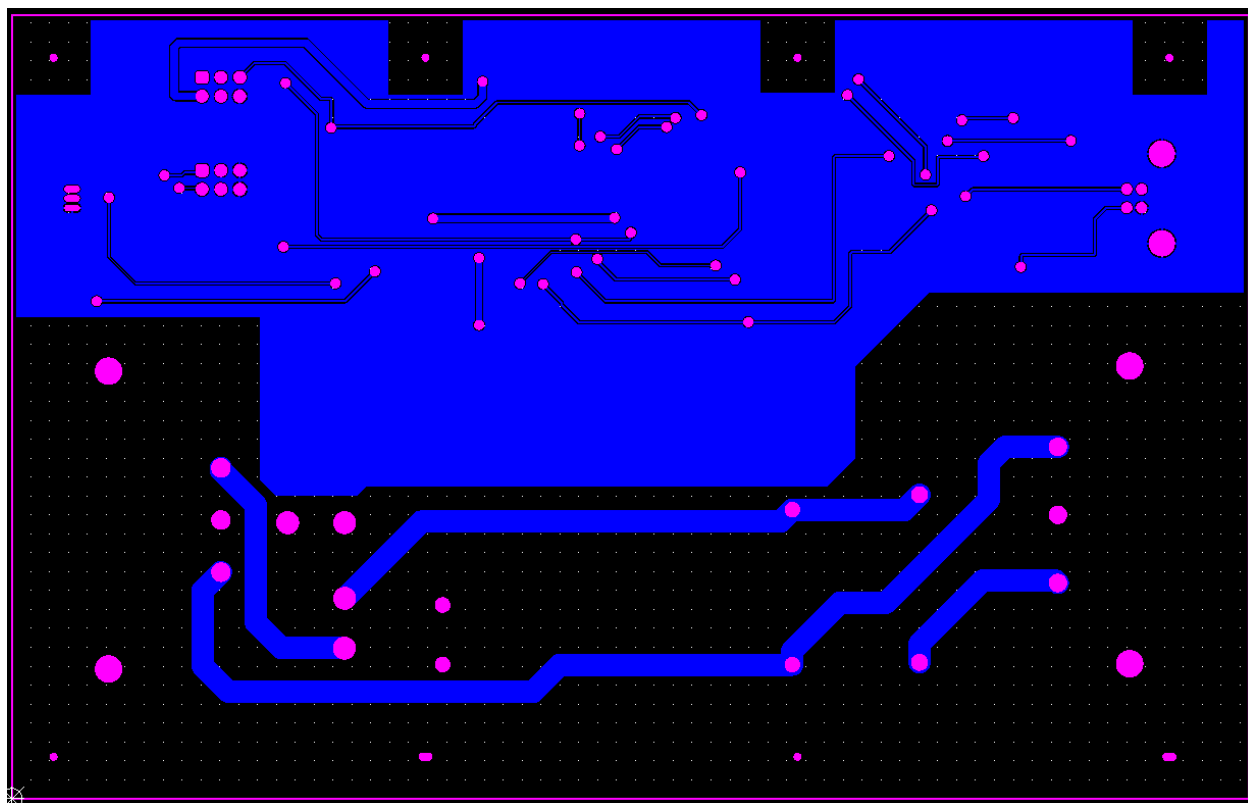


Рисунок 5.6 — Трасування у нижньому шарі

					РІ-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		43

Розташування компонентів на друкованій платі зображено на Рис. 5.7

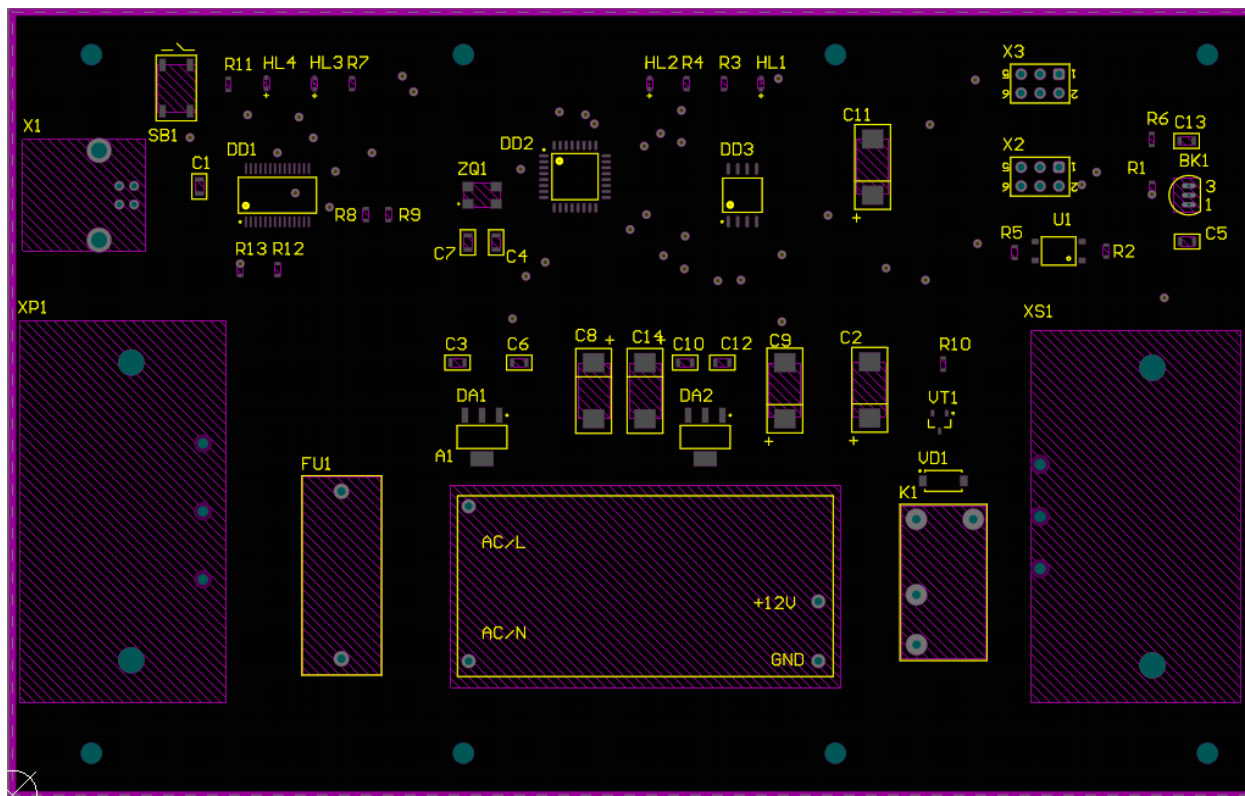


Рисунок 5.7 — Розташування компонентів

В даному розділі була розроблена конструкція пристрою та друкована плата, при цьому особлива увага була приділена розташуванню елементів на платі, входних та вихідних роз'ємів, виходячи з умов експлуатації та зручності користування пристроєм. Була приділена увага розрахункам для виробництва друкованої плати.

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		44

6 РОЗРАХУНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

6.1 Визначення показників технологічності

Розрахунок проведено за методикою що описана в [7]. Вихідні дані для розрахунку наведені в Табл. 6.1

Таблиця 6.1 — Список електрорадіоелементів для розрахунку

Назва	Кіль- кість	Виво- дів	Загалом выводів	Підго- товка вив.
Тримач запобіжника	1	2	2	
Резистор планарний	13	2	26	
Конденсатор планарний	14	2	28	
Транзистор планарний	1	3	3	
Мікросхема REG1117	2	3	6	
Модуль живлення	1	4	4	
Термодатчик DS18B20	1	3	3	Так
Мікросхема FT232RL	1	28	28	
Мікросхема ATmega48A	1	32	32	
Світлодіод	4	2	8	
Оптопара	1	4	4	
Діод планарний	1	2	2	
Роз'єм USB-B	1	6	6	
Роз'єм HEAD3x2_1	2	6	12	
Роз'єм IEC 320	2	3	6	
Резонатор кварцевий	1	4	4	
Реле	1	4	4	
Друкована плата	1			
Загалом деталей, $N_{\text{ЕРЕ}}$	49			1
Загалом типорозмірів	17			1
Загалом виводів, $N_{\text{М}}$			132	

Розрахунок числових значень відносних часткових показників технологічності

Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу виробів

$$K_{ам} = \frac{H_{ам}}{H_M} = \frac{148}{132} = 0,831$$

Коефіцієнт автоматизації та механізації підготовки електрорадіоелементів до монтажу

$$K_{мпЕРЕ} = \frac{H_{мпЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = \frac{48}{49} = 0,980$$

Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів

$$K_{пов ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{ТЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}} = 1 - \frac{17}{49} = 0,653$$

Коефіцієнт застосування деталей

$$K_{зд} = 1 - \frac{D_{т.ор}}{D_{ор}} = 1 - \frac{1}{49} = 0,980$$

Коефіцієнт автоматизації та механізації операцій контролю і налагоджування електричних параметрів

$$K_{мкн} = \frac{H_{мкн}}{H_{кн}} = \frac{5}{6} = 0,833$$

Коефіцієнт повторюваності мікросхем і мікрозбірок

$$K_{пов мз} = 1 - \frac{H_{тмз}}{H_{мз}} = 1 - \frac{4}{5} = 0,2$$

Розрахунок комплексного показника технологічності

$$K_k = \frac{3,089}{3,750} = 0,824$$

Розрахунок базового показника технологічності

$$K_6 = K_a K_{СК} K_{ТР} K_{ОВ} K_{ОТ} K_{Вр}$$

Приймаємо K_a комплексний показник технологічності для виробу-аналога таким, що дорівнює K_k , а $K_{СК}$ коефіцієнт складності порівняно з виробом-аналогом = 1,02. Інші = 1. Тоді

$$K_6 = 0,824 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,840$$

Розрахунок рівня технологічності конструкції

$$P = K_k / K_6 = 0,826 / 0,840 = 0,98$$

Рівень технологічності конструкції складає 0,98.

Рівень технологічності менше 1, тому для підвищення цього рівня необхідно більше автоматизувати виробничі процеси та використовувати однотипні елементи.

6.2 Розрахунок віброміцності

Розрахунок віброміцності проведемо виходячи з того, що пристрій експлуатується в стаціонарній апаратурі.

Вихідні дані для розрахунку:

- довжина плати $a = 0,166$ м
- ширина плати $b = 0,105$ м
- товщина плати $h = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м
- загальна маса елементів на платі $m_d = 0,105$ кг

З параметрів обраного стеклотекстоліту FR4 визначимо:

- модуль пружності $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ Н/м²
- густина $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг/м³
- коефіцієнт Пуасона $\xi = 0,22$

Розрахуємо частоту власних коливань плати за формулою :

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

де $\varphi(\beta)$ – функція, що визначається співвідношенням сторін друкованої плати;

$$\beta = \frac{a}{b} \text{ (} a \text{ – довша сторона, } b \text{ – коротша сторона);}$$

D – циліндрична жорсткість плати;

m – приведена маса плати.

$$\beta = \frac{a}{b} = \frac{0,166}{0,105} = 1,58$$

Розрахуємо функцію $\varphi(\beta)$ для плати, що має чотири точки кріплення за формулою:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \cdot \sqrt{\frac{(1+1,621 \cdot \frac{\xi}{\beta} + \frac{1}{\beta^2})}{(1+1,621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6})}} = 3,14^2 \cdot \sqrt{\frac{(1+1,621 \cdot \frac{0,22}{1,58} + \frac{1}{1,58^2})}{(1+1,621 \cdot \frac{1}{1,58^3} + \frac{1}{1,58^6})}} = 10,35$$

Приведена маса плати з деталями:

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \rho h + m_d = 2,05 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} + 0,105 = 3,39$$

Циліндрична жорсткість плати:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\xi^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot (1,6 \cdot 10^{-3})^3}{12 \cdot (1-0,22^2)} = 10,83 \text{ Н/м}$$

Кутова частота власних коливань:

$$\omega_B = \frac{\varphi(\beta)}{a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{10,35}{0,166^2} \sqrt{\frac{10,83}{3,39}} = 671 \frac{1}{\text{сек}}$$

Перерахуємо в резонансну частоту:

$$f_B = \frac{\omega_B}{2\pi} = \frac{671}{2 \cdot 3,14} = 107 \text{ Гц}$$

За розрахунком отримана частота власних коливань в 107 Гц, що перевищує завдане значення, тому можна вважати, що друкована плата закріплена надійно для визначених умов експлуатації та не потребує додаткових заходів для кріплення або віброізоляторів

6.3 Розрахунок надійності.

Розрахунок надійності виконаємо згідно ДСТУ 2862-94 [17]

До основних показників надійності відносяться :

- ймовірність безвідмовної роботи, $P(t)$
- ймовірність відмови, $Q(t)$
- інтенсивність відмов, $\lambda(t)$
- середній час напрацювання до першої відмови, T

Розрахунок надійності полягає в визначенні показників надійності приладу за відомими характеристиками надійності компонентів, що входять в склад приладу. Також при розрахунках враховуються умови експлуатації. Для спрощення розрахунку однакові або схожі за показниками надійності елементи об'єднані в групи. Дані для розрахунку для груп елементів та кількості таких елементів занесені в Табл. 6.2 – Групи елементів розрахунку надійності.

N_i — кількість елементів в групі;

λ_{oe} — інтенсивність відмов для елемента групи;

a_e — коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		48

K_H — коефіцієнт навантаження;

a_t — коефіцієнт температурного навантаження;

λ_{pe} — загальна інтенсивність відмов групи;

Таблиця 6.2 – Групи елементів розрахунку надійності

Група	N_i	$\lambda_{oe}, \Gamma^{-1}$	K_H	a_t	a_e	$\lambda_{pe}, \Gamma^{-1}$
Конденсатор SMD 0805	9	$0,03 \cdot 10^{-6}$	0,1	0,45	1,07	1,30E-08
Конденсатор SMD Type D	5	$3,6 \cdot 10^{-6}$	0,1	0,45	1,07	8,67E-07
Резистор SMD 0603	13	$0,024 \cdot 10^{-6}$	0,1	0,9	1,07	3,00E-08
Мікроконтролер	1	$0,21 \cdot 10^{-6}$	0,25	2,1	1,07	1,18E-07
Мікросхема цифрова	5	$0,21 \cdot 10^{-6}$	0,25	1,9	1,07	5,34E-07
Діод	1	$0,1 \cdot 10^{-6}$	0,01	1,2	1,07	1,28E-09
Транзистор польовий	1	$0,3 \cdot 10^{-6}$	0,05	1,2	1,07	1,93E-08
Мікросхема стабілізатора	2	$0,22 \cdot 10^{-6}$	0,5	2	1,07	4,71E-07
Світлодіод	4	$0,13 \cdot 10^{-6}$	0,2	0,9	1,07	1,00E-07
Оптопара	1	$0,29 \cdot 10^{-6}$	0,2	2	1,07	1,24E-07
Резонатор кварцевий	1	$3,6 \cdot 10^{-6}$	0,3	1,1	1,07	1,27E-06
Реле	1	$0,8 \cdot 10^{-6}$	0,15	3	1,07	3,85E-07
Роз'єм	5	$0,0014 \cdot 10^{-6}$	0,2	0,45	1,07	6,74E-10
Модуль живлення	1	$0,82 \cdot 10^{-6}$	0,22	1	1,07	1,93E-07
Запобіжник	1	$0,2 \cdot 10^{-6}$	0,5	1	1,07	1,07E-07
Плата друкована	1	$0,0004 \cdot 10^{-6}$	1	1	1,07	4,28E-10
Кнопка	1	$0,16 \cdot 10^{-6}$	0,12	1,1	1,07	2,26E-08
Загалом						4,26E-06

Інтенсивність відмов для елемента λ_{oe} (в англomовній літературі відповідає терміну failure rate) є табличним параметром, що приводиться виробником в технічній документації на елемент (datasheet) або в спеціальній літературі [18]. Він визначає надійність того чи іншого елемента приладу та зазначається

в розмірності десять в мінус шостому степені відмов на годину, тобто кількість відмов на один мільйон годин роботи елементу.

Коефіцієнт навантаження обчислюється для конденсаторів за формулою, що враховує робочу та допустиму напругу:

$$K_H = \frac{U}{U_{\text{доп}}},$$

Для резисторів враховують допустиму та розсіювану потужність Р:

$$K_H = \frac{P}{P_{\text{доп}}},$$

Для мікросхем враховують вхідний та вихідний струм через виводи та кількість задіяних виводів:

$$K_H = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\text{вхідн}}}{I_{\text{вих макс}}},$$

де n — число навантажених входів;

$I_{\text{вхідн}}$ — вхідний струм і-го вивода мікросхеми, А;

$I_{\text{вих макс}}$ — максимальний вихідний струм мікросхеми, А.

Коефіцієнти, що враховують умови експлуатації для стаціонарної апаратури вибирають за таблицями з довідника [19], де визначаються поправочні коефіцієнти для даного елемента або за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад MIL-HDBK-217F [20].

Таблиця 6.3 Коефіцієнти, що враховують умови експлуатації

Умови експлуатації	Вібрація	Ударні навантаження	Сумарна дія
Лабораторні	1,0	1,0	1,0
Стаціонарні	1,04	1,03	1,07
Корабельні	1,3	1,05	1,37
Автомобільні	1,35	1,08	1,46
Залізничні	1,4	1,1	1,54
Авіаційні	1,46	1,13	1,65

Формула для розрахунку інтенсивності відмов виглядає наступним чином:

$$\lambda_{pe} = \lambda_{oe} N_i K_H a_t a_e$$

Отримана результуюча загальна інтенсивність відмов після підрахунків даних з Таблиця 6.2 дорівнює $4,26 \cdot 10^{-6}$, тоді середній час напрацювання на відмову:

$$T_{сер} = \frac{1}{\lambda_{рез}} = \frac{1}{4,26 \cdot 10^{-6}} = 234902,76 \text{ годин}$$

Відповідно до розрахунку час напрацювання на відмову складає 234902,76 годин або 9787 дні або 26,82 років безперервної роботи приладу.

Ймовірність безвідмовної роботи приладу протягом 1 року (тобто при $t=8760$ годин) складає:

$$P(t) = e^{-\lambda_{рез} \cdot t} = 0,96$$

Та ймовірність відмови протягом року складає:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 0,04$$

Таким чином, середнє напрацювання на відмову задовольняє умовам ТЗ та підтверджує достатню надійність приладу.

У даному розділі проведено розрахунки надійності та віброміцності, що підтверджують працездатність розробленого приладу. А також проаналізовано технологічність виготовлення виробу та виявлено, що для підвищення цього показника необхідно максимально використовувати при виробництві автоматизовані процеси.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

У даному розділі описані шкідливі та небезпечні чинники, що мають місце при виробництві, налаштуванні та тестуванні радіоелектронних пристроїв. До основних факторів, що впливають на працівників, які працюють на виробництві, можуть відноситись:

- небезпека ураження електричним струмом;
- недостатня освітленість робочої зони;
- вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин різного характеру в небезпечних концентраціях;
- незадовільні параметри мікроклімату робочої зони;
- підвищена напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці;
- підвищений рівень шуму на робочому місці.

Усі ці чинники регулюються відповідними документами. Розглянемо їх.

7.1 Небезпека ураження електричним струмом

Все обладнання та устаткування для виробництва, а також та сам спроектований виріб живляться від мережевої напруги 220 В– 230 В. Ураження електричним струмом є небезпечним для життя людини. Для попередження аварій або травм пов'язаних з ураженням струмом персоналу необхідно дотримуватись таких вимог:

- пристрої повинні мати надійну електричну ізоляцію, без пошкоджень;
- персонал що працює з електроустаткуванням повинний бути технічно грамотним та регулярно проходити інструктаж з дотримання вимог безпеки;
- пристрої, що використовуються повинні мати захисне заземлення або занулення;
- регулярно проводиться перевірка знань та інструктаж з надання первинної медичної допомоги при ураженні електричним струмом;
- не допускати до роботи людей з поганим самопочуттям або в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		52

Ці ж вимоги необхідно виконувати при користуванні персональними комп'ютерами, принтерами та іншими приладами, що використовуються для тестування, розробки або програмування приладу. Електроустаткування і матеріали, що застосовують в електроустановках, повинні відповідати вимогам затверджених в правилах улаштування електроустановок [12]

7.2 Освітлення робочих місць

Природне освітлення має здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Віконні прорізи приміщень для роботи з моніторами комп'ютерного обладнання мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі або завіски). Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними комп'ютерного обладнання, має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративних приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення. Зазначення освітлення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити = 300 — 500 люкс. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. Умови освітленості виробничих приміщень повинні задовольняти нормам, які визначні у ДБН В2.5–28– 2018 [13]

7.3 Вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин

Вміст у повітрі робочої зони шкідливих речовин різного характеру в небезпечних концентраціях, що перевищують гранично припустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинна задовольняти нормам, які визначені у документі ГДК 5800-91 з доповненням № 6 до ГДК 4617-88 [14]

					PI-3П91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		53

7.4 Параметри мікроклімату робочої зони

Величини показників мікроклімату у виробничих приміщеннях повинні задовольняти нормам, які визначні у документі ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

До основних параметрів входять: температура повітря, відносна вологість повітря, температура поверхні, швидкість руху повітря (протяги). За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі. Для робочої зони виробничих приміщень встановлюються оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови з урахуванням важкості виконуваної роботи та періоду року.

Виконання норм за ДСН 3.3.6.042-99 [15] досягається виконанням наступних заходів:

- природна вентиляція в холодний сезон року;
- штучна вентиляція в теплий сезон;
- опалення приміщень у холодний сезон центральним опаленням.

7.5 Підвищена напруженість електричного поля

Підвищена напруженість електричного поля промислової частоти на робочому місці повинна задовольняти нормам, які визначні у документі «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» ДСНіП №239 [16]

7.6 Підвищений рівень шуму на робочому місці

Підвищений рівень шуму на робочому місці який визначається припустимим рівнем звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку й еквівалентні рівні звуку на робочих місцях необхідно приймати відповідно по санітарним нормам припустимих рівнів шуму на робочих місцях викладених в ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [17].

7.7 Пожежна безпека

Категорія робочого приміщення згідно ДСТУ Б.В.1.1-36:2016, відноситься до класу «В». Клас робочої зони згідно НПАОП 40.1-1.32-01, ПШа, оскільки приміщенні де виконуються монтажні роботи використовуються легкозаймисті речовини з вмістом спирту та бензину.

Для попередження пожежі в приміщеннях з електроустаткуванням забороняється:

- експлуатація кабелів і проводів з пошкодженою або такою, що в процесі експлуатації втратила захисні властивості, ізоляцією;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПУЕ, що пред'являються до переносних (пересувних) електропроводок;
- користування пошкодженими розетками, відгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами;
- складування горючих матеріалів на відстані менше 1 м від електроустаткування та під електрощитами;
- забороняється паління в робочих приміщеннях, на робочому місці.

Приміщення в якому проводиться робота з проєктування та монтажу пристрою обладнане двома евакуаційними виходами, у яких двері відчиняються назовні та трьома порошковими вогнегасниками ВП-1. Кількість, розташування та умови зберігання засобів для гасіння пожежі (вогнегасники, пожежні гідранти і т.п.) повинні відповідати ДСТУ 3675-98, НАПБ Б.01.008-2004 та НАПБ А.01.001-2014.

Вогнегасники, які експлуатуються, повинні мати:

- облікові (інвентарні) номери за прийнятою на об'єкті системою нумерації;
- пломби на пристроях ручного пуску;
- бирки та маркувальні написи.

					РІ-ЗП91.468332.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		55

8 МАКЕТ ПРОТОТИПУ

Для перевірки функціонування та демонстрації роботи було розроблено простий макет з використанням плати Arduino UNO, релейного блоку та макетної плати. Зовнішній вигляд макету приведено на Рис. 8.1

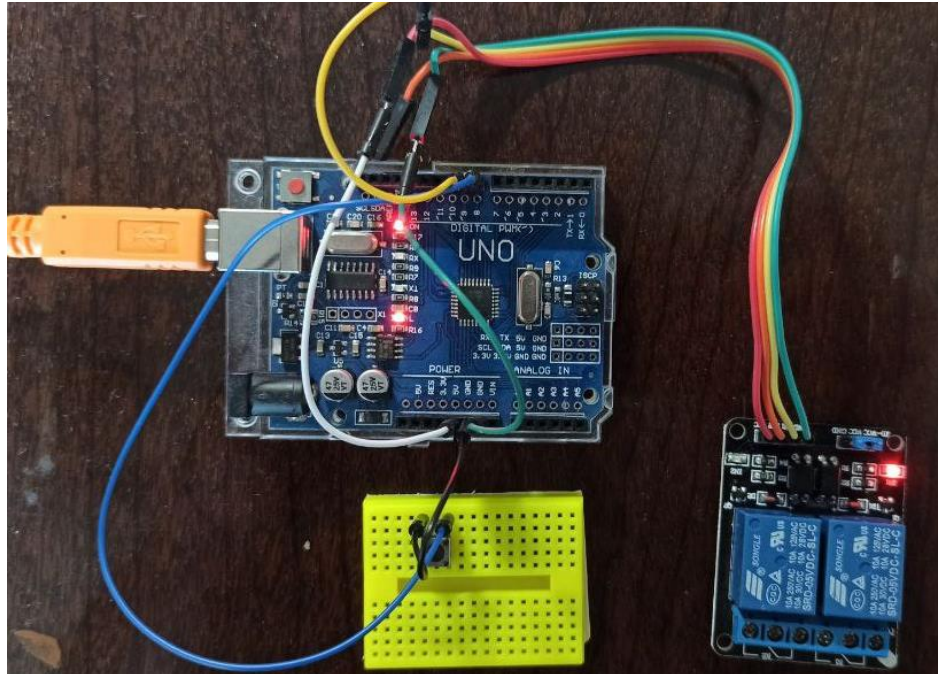


Рисунок 8.1 — Зовнішній вигляд макету

Демонстраційний скетч розроблено в середовищі Arduino IDE згідно алгоритму роботи та завантажено в макетну плату. Стан реле відображає світлодіод на релейному блоці. Використано одно реле. Кнопка на макетній платі виконує функції зовнішнього сигналу, якщо кнопка натискається з деякою періодичністю, то реле включене. Якщо імпульси від кнопки перестають надходити реле вимикається, відпрацює 10 секундний таймер, потім реле вмикається. Процес повторюється.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз присутніх на ринку аналогів пристрою та визначено що більшість з них мають недоліком надлишковий функціонал та при цьому вищу вартість та не забезпечують універсальності для використання в існуючих системах з живленням від мережі 220 Вольт та призначені для вбудованого використання. Тому було прийняте рішення про необхідність розробки пристрою, який в одному корпусі має весь необхідний мінімальний функціонал з можливістю його розширення та універсальність з точки зору приєднання обладнання та зручність при використанні в існуючих системах при меншій ціні.
2. При виборі компонентів системи приділено увагу надійності та універсальності, тому для живлення всього приладу використано модуль живлення відомої фірми MeanWell, призначений для використання у системах медичного життєзабезпечення, який працює в широкому діапазоні вхідної напруги від 80 Вольт до 264 Вольт. Основою системи є мікроконтролер фірми ATMEL типу ATmega. Та не зважаючи що за сучасним мірками він досить простий, має 8-бітну архітектуру та тактову частоту всього 20 МГц він повністю задовольняє нашим вимогам. З метою універсальності приладу вибрано для під'єднання роз'єми ІЕС, які використовуються в більшості сучасного обладнання.
3. Розроблено електричну принципову схему в ПЗ САПР Altium Designer та розроблено пакет конструкторської документації. Для реалізації конструкції вирішено обрати універсальний корпус виробництва Kradex в якому буде розташована друкована плата. Він дозволяє закріпити плату на вісім точок, але розрахунки віброміцності показали, що розроблена друкована плата має частоту власних коливань в 107 Гц навіть при чотирьох точках кріплення розрахунок надійності показав, що час напрацювання на відмову складає близько 234902 годин при

					<i>PI-3П91.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		57

цьому вірогідність безвідмовної роботи приладу протягом 1 року складає досить високий показник — 0,96. Таким чином, розроблений прилад задовольняє вимогам, що визначені в технічному завданні.

					<i>PI-3П91.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. WatchDog PWR 3.0 Режим доступа:
www.URL:<http://watchdog.in.ua/aboutpwr3.php> — 10.05.2022.
2. NR-ERD-3s - устройство удалённого контроля и управления SNR-ERD-3s, металл корпус, блок питания, крепление DIN Режим доступа:
www.URL:<https://netair.by/erd-controllers/2832-snr-erd-3s.html> — 10.05.2022.
3. Watchdog Timer Cards & Boards Режим доступа:
www.URL:<https://accesio.com/watchdog-timer-products/> — 12.05.2022.
4. ГОСТ 15150-69 <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294852/4294852592.pdf>,
[Электронный ресурс]. — Режим доступа — 23.01.2021.
5. ГОСТ 16019-2001 [Электронный ресурс]. — Режим доступа :
<https://files.stroyinf.ru/Data/65/6554.pdf> — 21.01.2021.
6. Meanwell products Режим доступа
<https://www.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=MPM-15> —
10.05.2022.
7. Microchip. ATmega48/V/88/V/168/V Режим доступа
https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48_88_168_megaAVR-Data-Sheet-40002074.pdf — 20.05.2022.
8. 10.05.2022., Bulgin IEC Connectors Режим доступа:
<https://www.bulgin.com/us/products/range/iec-connectors.html> —.
9. Реле OMRON Режим доступа:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/g5q-1-eu-24dc_99653.html —
10.05.2022.
10. AMS1117-5 - Мікросхеми - Стабілізатори напруги лінійні Режим
доступа: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/ams1117-5_109357.html —
23.05.2022.
11. IRLML6244TRPBF (IR) - Транзистори - Польові N-канальні Режим
доступа: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/irlml6244trpbf_87248.html
—02.06.2022.

12. X7R_X5R.pdf Режим доступа:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/X7R_X5R.pdf — 02.06.2022.
13. murata_grm_series-datasheet.pdf Режим доступа:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/murata_grm_series-datasheet.pdf
— 02.06.2022.
14. E08-ELV_090806 Режим доступа:
https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ELV_090806.pdf — 02.06.2022.
15. KT-SMD0603-W (Kento) - Світлодіоди - Світлодіоди видимого спектра SMD Режим доступа: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/kt-smd0603-w_86393.html — 02.06.2022.
16. Методичні вказівки щодо виконання курсових проєктів і контрольних робіт для студентів напряму підготовки 6.050902 «Радіоелектронні апарати» / Укладачі Артеменко В. С., Біденко В. А., Кожушний В. А., Прус В. А. Київ; НТУУ «КПІ», 2009. 61 с.
17. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги Режим доступа: <https://dnaop.com/get/62036/> — 06.06.2022.
18. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ І ТЕОРІЯ НАДІЙНОСТІ РЕА Режим доступа: http://radio-vtc.inf.ua/Quality/L4_5.pdf — 08.06.2022.
19. MIL-HDBK-217F.pdf - Quanterion Solutions Incorporated Режим доступа: <https://www.quanterion.com/wp-content/uploads/2014/09/MIL-HDBK-217F.pdf> — 08.06.2022.
20. Products ITEM QT MIL-HDBK-217 Режим доступа:
https://www.itemsoft.com/iqt_mil-217.html — 08.06.2022.
21. ПРАВИЛА-УЛАШТУВАННЯ-ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК Режим доступа:
<https://art-energetyka.com.ua/ПРАВИЛА-УЛАШТУВАННЯ-ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК.pdf> — 21.05.2022.
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення Режим доступа:
https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188 — 23.05.2022.
23. ГДК 5800-91 Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони Режим доступа:

					<i>РІ-ЗП91.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		60

http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=74336 —

20.05.2022.

24. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень Режим доступа: <http://www.ohranatruda.in.ua/pages/5180/> — 01.06.2022.

25. ДСН 239-96 Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань Режим доступа: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsn_239_96/25-1-0-824 — 23.05.2022.

26. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку Режим доступа: <http://arm.te.ua/docs/DSN-3.3.6.037-99.pdf> — 01.06.2022.

27. RC_series_20150401 Режим доступа: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/RC0603HIT.pdf> — 02.06.2022.

					<i>РІ-ЗП91.468332.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТОК А
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

«Затверджено»

РІ-ЗП91 468332.001 ТЗ

«01» травня 2022

Контролер моніторингу та автоматичного перезавантаження критичного
обладнання.

Технічне завдання

РІ-ЗП91.468332.001 ТЗ

Київ 2022

1 НАЗВА ТА ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту «Контролер моніторингу та автоматичного перезавантаження критичного обладнання»

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою прикладної радіоелектроніки від «01» травня 2022 р.

2 ВИКОНАВЦІ

Виконавець — Сафонов Дмитро Володимирович

Керівник — Ст. викладач Головня Вікторія Мілентіївна

3 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

Розробка пристрою для контролю працездатності обладнання, що працює автономно та автоматичного відновлення його роботи без втручання персоналу

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1 Вимоги живлення

Напруга живлення $220\text{ В} \pm 20\%$ (згідно ДСТУ EN 50160:2014);

Частота живлення 50 Гц;

Номінальний струм 3 А.

4.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Кліматичне виконання за УХЛ-4.2 за ДСТУ 3011-95

Захист від механічних пошкоджень М13 за ГОСТ 17516.1-90

4.3 Вимоги до надійності

Час безвідмовної роботи 26000 годин (3 роки) з моменту початку експлуатації.

					<i>PI-ЗП91.468332.001 ТЗ</i>	Лист
						2
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Вимоги до конструкції

Зовнішньо прилад має мати форму прямокутної коробки, у якої на передній панелі розташовано роз'єм подачі живлення від мережі та інтерфейсні роз'єми. На задній панелі розташовано роз'єм для подачі живлення на обладнання, що контролюється приладом.

4.5 Вимоги до уніфікації та стандартизації

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну базу та матеріали.

4.6 Вимоги щодо метрологічного забезпечення виробництва виробництва і експлуатації:

Виріб повинен відповідати ДСТУ 2709-94

4.7 Вимоги до дизайну і ергономіки

Прилад не є побутовим, особливих вимог до дизайну не передбачається.

4.8 Вимоги до експлуатації, зручності технологічного обслуговування та ремонту

Технічне обслуговування проводити при необхідності, у випадку виходу зі строю елементів пристрою.

4.9 Вимоги безпеки життя, здоров'я, майна громадян та охорони довкілля

Керуватися положеннями стандартів про вимоги техніки безпеки, електробезпеки, а саме ПУЕ «Правила улаштування електроустановок».

4.10 Транспортування і зберігання

Умови транспортування згідно ГОСТ 16019-2001.

5 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ

Вибір електробезпечних та екологічних матеріалів та компонентів

					<i>PI-ЗП91.468332.001 ТЗ</i>	Лист
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Маркування: нанести логотип з назвою фірми виробника на передній панелі та нанести маркування назви призначення на всі роз'єми, а також попереджувальні написи поруч з роз'ємами живлення.

Пакування: Пристрій необхідно загорнути в гофрокартон і помістити в картонну коробку для транспортування. Дизайн пакувальної коробки розробити окремо.

Консервація: не передбачено.

7 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

За результатами роботи необхідно підготувати таку текстову та графічну документацію:

1. Пояснювальна записка
2. Схема електрична принципова;
3. Схема структурна;
4. Перелік елементів;
5. Кресленик друкованої плати;
6. Кресленик друкованого вузла;
7. Специфікація на кресленик друкованого вузла;

					<i>PI-3П91.468332.001 ТЗ</i>	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8 СТАДІЇ І ЕТАПИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Робота виконується в 9 етапів

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Отримання завдання	01.05 — 02.05.22	Розділ 1
2	Аналіз ТЗ	01.05 — 02.05.22	Розділ 1
3	Огляд існуючих рішень	03.05 — 06.05.22	Розділ 2
4	Обґрунтування і вибір схеми	09.05 — 11.05.22	Розділ 3
5	Розрахунок елементів друкованого монтажу	12.05 — 13.05.22	Розділ 4
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	16.05 — 20.05.22	Розділ 6
7	Опис конструкції	13.05 — 14.05.22	Розділ 5
8	Охорона праці	06.06 — 09.06.22	Розділ 7
9	Оформлення текстової і графічної документації	23.05 — 03.06.22	Кресленки і додатки

9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

- 1.Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівнику в зазначені терміни;
- 2.Представлення завершеного дипломного проекту керівнику;
- 3.Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату;
- 4.Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 10 днів до дати захисту;
- 5.Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Керівник

Сафонов Д.В.



Головня В. М.



					PI-ЗП91.468332.001 ТЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б
СХЕМА СТРУКТУРНА

ДОДАТОК В
СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

ДОДАТОК Г
ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Модуль живлення</u>		
A1	MeanWell MPM 10-15	1	
	<u>Конденсатори</u>		
C1	C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	1	
C2	ELV101M25RD 100 мкФ ±20% 25B HITANO	1	
C3,C5	C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	2	
C4,C7	C0805N220J500NT 22 пФ ±5% HITANO	2	
C6	C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	2	
C8, C9	ELV101M25RD 100 мкФ ±20% 25B HITANO	2	
C10	C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	1	
C11	ELV221M16RD 220 мкФ ±20% 16B HITANO	1	
C12,C13	C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	2	
C14	ELV221M16RD 220 мкФ ±20% 16B HITANO	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	LD1117S50CTR ST	1	
DA2	LD1117AS33TR ST	1	
DD1	FT232RL FTDI SSOP-28	1	
DD2	ATMEGA48A-AUR Microchip Technology	1	
DD3	W25Q64FVSSIG WINBOND	1	
	<u>Тримач запобіжника</u>		
FU1	OGN 5 x 20mm SCHURTER	1	

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Світлодіоди</u>		
HL1-HL4	KT-SMD0603-B Kento	4	
	<u>Реле</u>		
K1	G5Q-EU SPST-NO Omron	1	
	<u>Резистори</u>		
R1	RC0603JR-4K7R — 0,1W 4,7кОм ±5% Hitano	1	
R2	RC0603JR-1KR — 0,1W 1 кОм ±5% Hitano	1	
R3,R4	RC0603JR-510R — 0,1W 510 Ом ±5% Hitano	2	
R5	RC0603JR-200R — 0,1W 200 Ом ±5% Hitano	1	
R6	RC0603JR-1KR — 0,1W 1 кОм ±5% Hitano	1	
R7	RC0603JR-330R — 0,1W 330 Ом ±5% Hitano	1	
R8,R9	RC0603JR-100R — 0,1W 100 Ом ±5% Hitano	2	
R10	RC0603JR-12K0 — 0,1W 12 кОм ±5% Hitano	1	
R11	RC0603JR-330R — 0,1W 330 Ом ±5% Hitano	1	
R12	RC0603JR-12K0 — 0,1W 12 кОм ±5% Hitano	1	
R13	RC0603JR-5K6 — 0,1W 5,6 кОм ±5% Hitano	1	
	<u>Перемикач</u>		
SB1	PTS525SKG15JSMTR2LFS	1	
	<u>Оптопара</u>		
U1	140107146000 WL-OCPT OPTOCOUPLER	1	
	<u>Діод</u>		
VD1	SS12 Vishay General Semiconductor	1	
</			

[illegible]

ДОДАТОК Д
КРЕСЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

ДОДАТОК Е
СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕНИК ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

ДОДАТОК Ж
СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ДРУКОВАНІЙ ВУЗОЛ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
A2			PI-3П91.468332.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A4			PI-3П91.468332.001 ПЕ	Перелік елементів		
A3			PI-3П91.468332.001 СК	Складальний кресленик		
				Деталі		
A2		1	PI-3П91.758745.001	Друкована плата		
				Інші вироби		
				Модуль живлення		
				MeanWell MPM 10-15	1	A1
				Конденсатори		
				C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	1	C1
				ELV101M25RD 100 мкФ ±20% 25B HITANO	1	C2
				C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	2	C3,C5
				C0805N220J500NT 22 нФ ±5% HITANO	2	C4,C7

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	2	C6
				ELV101M25RD 100 мкФ ±20% 25B HITANO	2	C8, C9
				C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	1	C10
				ELV221M16RD 220 мкФ ±20% 16B HITANO	1	C11
				C0805B104K500NT 0,1 мкФ ±10% HITANO	2	C12,C13
				ELV221M16RD 220 мкФ ±20% 16B HITANO	1	C14
				Мікросхеми		
				LD1117S50CTR ST	1	DA1
				LD1117AS33TR ST	1	DA2
				FT232RL FTDI SSOP-28	1	DD1
				ATMEGA48A-AUR Microchip Technology	1	DD2
				W25Q64FVSSIG WINBOND	1	DD3
				Тримач запобіжника		
				OGN 5 x 20mm SCHURTER	1	FU1
				Світлодіоди		
				KT-SMD0603-B Kento	4	HL1-HL4
				Реле		
				G5Q-EU SPST-NO Omron	1	K1
				PI-3П91.468332.001		
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	2	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Резистори		
				RC0603JR-4K7R — 0,1W 4,7кОм ±5% Hitano	1	R1
				RC0603JR-1KR — 0,1W 1 кОм ±5% Hitano	1	R2
				RC0603JR-510R — 0,1W 510 Ом ±5% Hitano	2	R3,R4
				RC0603JR-200R — 0,1W 200 Ом ±5% Hitano	1	R5
				RC0603JR-1KR — 0,1W 1 кОм ±5% Hitano	1	R6
				RC0603JR-330R — 0,1W 330 Ом ±5% Hitano	1	R7
				RC0603JR-100R — 0,1W 100 Ом ±5% Hitano	2	R8,R9
				RC0603JR-12K0 — 0,1W 12 кОм ±5% Hitano	1	R10
				RC0603JR-330R — 0,1W 330 Ом ±5% Hitano	1	R11
				RC0603JR-12K0 — 0,1W 12 кОм ±5% Hitano	1	R12
				RC0603JR-5K6 — 0,1W 5,6 кОм ±5% Hitano	1	R13
				Перемикач		
				PTS525SKG15JSMTR2LFS	1	SB1
				Оптопара		
				140107146000 WL-OCPT OPTOCOUPLER	1	U1
				Діод		
				SS12 Vishay General Semiconductor	1	VD1
				PI-3П91.468332.001		
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Транзистор		
				IRLML6244TRPbF SOT23	1	VT1
				Роз'єми		
				Kobiconn 154-2442 Connector, USB Series B, Mouser El.	1	X1
				KLS1-207 PLD-06	2	X2,X3
				PX0580/PC Bulgin	1	XP1
				PX0675/PC Bulgin	1	XS1
				Кварцевий резонатор		
				CFPX-104 Standard	1	ZQ1
				Матеріали		
				Приніт SAC 305 ISO 9453:2014		
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	PI-3П91.468332.001	
					4	

ДОДАТОК 3
ВІДОМОСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТА

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	РІ-ЗП91.468332.001 ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	5	
2	A4	РІ-ЗП91.468332.001 ПЗ	Пояснювальна записка	61	
3	A4	РІ-ЗП91.468332.001 ТЗ	Технічне завдання	5	
4	A2	РІ-ЗП91.468332.001 Е1	Схема структурна	1	
5	A2	РІ-ЗП91.468332.001 Е3	Схема електрична принципова	1	
6	A4	РІ-ЗП91.468332.001 ПЕ	Перелік елементів	3	
7	A2	РІ-ЗП91.758745.001	Друкована плата	1	
8	A3	РІ-ЗП91.468332.001 СК	Складальний кресленик друкованого вузла	3	
9	A4	РІ-ЗП91.468332.001	Специфікація на друкований вузол	4	

				РІ-ЗП91.468332.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Сафонов Д.В.				1	1
Керівн.	Головня В.М.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.ПРЕ, Гр. РІЗП-91	
Консульт.						
Н/контр.	Попсуй В.І.					
Зав.каф.	Степанов М.М.					