

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана
Пулюя»

(повне найменування вищого навчального закладу)

відділення телекомунікацій та електронних систем

(назва відділення)

циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки

(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: Розробка конструкції багатофункціонального частотоміра

Виконав: студент (ка) II курсу, групи ТР-403ск

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма: «Конструювання, виробництво та
технічне обслуговування радіотехнічних пристроїв».

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Михайло ДЗЕКАН

(прізвище та ініціали)

Керівник

Віктор ПРИЙМАК

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

**Відокремлений структурний підрозділ
«Тернопільський фаховий коледж
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
Відділення телекомунікацій та електронних систем
Циклова комісія телекомунікацій та радіотехніки
Освітньо-професійний ступінь «фаховий молодший бакалавр»
Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
Освітня програма «Конструювання, виробництво та технічне обслуговування
радіотехнічних пристроїв».**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії
телекомунікацій та радіотехніки
_____ Ольга ВАСИЛИШИН
“15” квітня 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Дзекан Михайло Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції багатofункціонального частотоміра

керівник кваліфікаційної роботи Приймак Віктор Адамович
(прізвище, ім'я, по батькові)

КР затверджені наказом вищого навчального закладу від 08.04.2024 року №4/9-161.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи: 14.06.2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація

Вступ. Призначення і область застосування електронного пристрою

Розділ 1 Загальна частина

1.1 Розробка технічного завдання

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

Розділ 2 Спеціальна частина

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

- 2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.
- 2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази
- 2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів
- 2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу
- 2.1.6 Оцінка теплових режимів роботи виробу (розрахунок площі радіатора при необхідності)
- 2.1.7 Розрахунок надійності проектного виробу
- 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.
- 2.2 Технологічна частина
 - 2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології
 - 2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки
 - 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів
 - 2.2.4 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу
- Розділ 3 Економічна частина
 - 3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень
 - 3.2 Розрахунок собівартості продукції
 - 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень
- Розділ 4 Охорона праці
 - 4.1 Основні заходи щодо запобігання травматизму та професійних захворювань
 - 4.2 Вогнестійкість будівель, споруд та шляхи її підвищення
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

Додаткові вказівки:

Виконання проекту (з виготовленням макета, стенда, приладу і т.д.)

без виготовлення макета

- 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - Аркуш №1 Схема електрична принципова
 - Аркуш №2 Схема електрична структурна або функціональна (при необхідності)
 - Аркуш №3 Креслення плати друкованої
 - Аркуш №4 Складальне креслення друкованого вузла
 - Аркуш №5 Складальне креслення виробу
 - Аркуш №6 Креслення деталі (елемент корпусу, радіатор, тримач, планка і т.д.) при необхідності
 - Аркуш №7 Таблиця ТЕП

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Оксана КУЩАК		
Охорона праці	Ігор ОКІПНИЙ		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	29.04	
2	Збір і узагальнення інформації для кваліфікаційної роботи	01.05	
3	Написання першого кваліфікаційної роботи	85.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту кваліфікаційної роботи	22.05	
5	Написання спеціального розділу	29.05	
6	Розрахунок економічної частини	24.05	
7	Написання розділу охорони праці	26.05	
8	Виконання графічної частини кваліфікаційної роботи	19.05	
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	06.06	
10	Погодження нормоконтролю	12.06	
11	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання 29 квітня 2024р.

Студент

_____ (підпис)

Олександр ДЗЕКАН

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Віктор ПРИЙМАК

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	7
ВСТУП . Призначення і область застосування радіопристрою.....	9
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	11
1.1 Розробка технічного завдання	11
1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу	11
1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз.....	12
РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	16
2.1 Розрахунково-конструкторська частина.....	16
2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів	16
2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції.	17
2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази	18
2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів	26
2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу	29
2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою.....	32
2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності.....	34
2.2 Технологічна частина.....	34
2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології.....	34
2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки	37
2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів	38

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	<i>Лзекан</i>				Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	<i>Приймак</i>				5		
Рецензент					ВСП ТФК ТНТУ ТР-		
Н. Контр.	<i>Залопожни</i>				403ск		
Затверд.							

2.2.4 Розробка і оформлення маршрутно-операційної технології складання і монтажу виробу.....	39
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	41
3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень	41
3.2 Розрахунок собівартості продукції.....	43
3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень.....	47
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	51
4.1 Основні методи аналізу виробничого травматизму.....	51
4.2 Питання безпеки при експлуатації електроустановок високих, надвисоких та ультрависоких частот.....	54
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60
ДОДАТКИ.....	63

АНОТАЦІЯ

Дзекан М.В. Розробка конструкції багатофункціонального частотоміра: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2024.

В проєкті розроблена з використанням системи автоматизованого проєктування двостороння плата друкована. Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 90*90мм.

Спроектовано корпус розміри 138×120×42 мм. Виріб складається з двох кришок. Органи управління та візуального огляду розміщені на верхній кришці виробу.

Підібрана елементна база дозволяє реалізувати закладені в пристрій функції, є недорогою та доступною. Запропонована маршрутно-операційна технологія складання виробу може бути використана для серійного виробництва, є уніфікованою та розробленою з врахуванням типових технологічних процесів в галузі виробництва електронних пристроїв, що забезпечує швидку окупність вкладених інвестицій.

Ключові слова: плата друкована, частотомір, вимірювальні значення, частота.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Dzekan M.V. Development of the design of a multifunctional frequency meter: a qualification work for obtaining an educational and professional degree of a professional junior bachelor, majoring in 172 Telecommunications and radio engineering. Ternopil: VSP "TFC TNTU", 2024.

In the project, a double-sided printed circuit board was developed using an automated design system. The elements on the board are very compact, and therefore the dimensions of the board are minimum 90*90mm.

The size of the case is 138×120×42 mm. The product consists of two covers. Control and visual inspection bodies are located on the top cover of the product.

The selected element base allows you to implement the functions built into the device, it is inexpensive and available. The proposed route-operational technology of assembling the product can be used for serial production, it is unified and developed taking into account typical technological processes in the field of electronic device production, which ensures hears a quick return on investment.

Keywords: printed circuit board, frequency meter, measured values, frequency.

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Перспективи розвитку галузі проектування і технічного обслуговування радіоелектронної апаратури полягають у використанні автоматизованих систем проектування, комп'ютеризованих систем для контролю і перевірки параметрів, а також діагностування та пошуку несправностей. На сьогоднішній день лише великі підприємства можуть дозволити собі впровадження цих передових методів регулювання та контролю параметрів, а також застосування сучасної контрольно-вимірювальної апаратури.

Важливість теми полягає у необхідності підвищення точності та ефективності процесів проектування і обслуговування радіоапаратури, що сприяє розвитку високотехнологічної промисловості.

Впровадження новітніх технологій дозволяє знизити витрати, підвищити якість продукції та прискорити виробничі процеси, що є ключовими факторами конкурентоспроможності підприємств.

Перспективи розвитку галузі проектування та технічного обслуговування радіоелектронної апаратури включають використання автоматизованих систем проектування, комп'ютеризованих систем для контролю та перевірки параметрів, а також діагностики та пошуку несправностей. На даний момент лише великі підприємства мають можливість впроваджувати прогресивні методи регулювання та контролю параметрів радіоелектронної апаратури, застосовуючи сучасні контрольно-вимірювальні прилади.

Описаний нижче прилад має такі можливості: вимірювання частоти шляхом підрахунку числа імпульсів протягом однієї секунди; вимірювання частоти низькочастотних сигналів як величини, зворотної періоду; вимірювання періоду сигналу, причому період високочастотних сигналів визначається як величина, зворотна частоті; вимірювання тривалості імпульсів як позитивної, так і негативної полярності.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також прилад може зберігати в незалежній пам'яті мікроконтролера по одному значенню вимірюваної величини в кожному режимі з подальшим їх переглядом при необхідності. Передбачено оперативну зміну налаштувань приладу та його автоматичне вимикання при відсутності зовнішніх впливів протягом певного часу [1].

					<i>2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні характеристики приладу:

Максимальна вимірювана частота, МГц	40;
Дискретність вимірювання частоти звичайним методом, Гц	1;
Дискретність вимірювання частоти через період, Гц	0,001;
Мінімальний вимірюваний період, мкс	0,05;
Максимальний вимірюваний період, з	2;
Частота, на якій змінюється спосіб вимірювання періоду і частоти, Гц ..	900 ... 1000
Мінімальна вимірювана тривалість імпульсів, МКС	1;
Максимальна вимірювана тривалість імпульсів, з	1;
Амплітуда вимірюваного сигналу, В	0,1 ... 100;
Відносна похибка вимірювання	$1 \cdot 10^5$;
Додаткова похибка вимірювання, од. мл. розряду	1;
Тривалість відображення результату вимірювання, з	0,25-2;
Затримка автоматичного вимкнення приладу, хв	8, 16, 32,64;
Напруга живлення, В	5,5 ... 10;
Середній струм споживання в робочому режимі, мА	15. ..25;
Струм споживання в сплячому режимі, мкА, не більше	1.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

В Е1 багатофункціонального частоміра входять напруга живлення +5В, стабілізатор напруги +5В, вхідний підсилювач формаваць, дешифратор, мікроконтроллер як основний блок схеми, управління приладом та індикація, а також навантаження для вимірювання.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

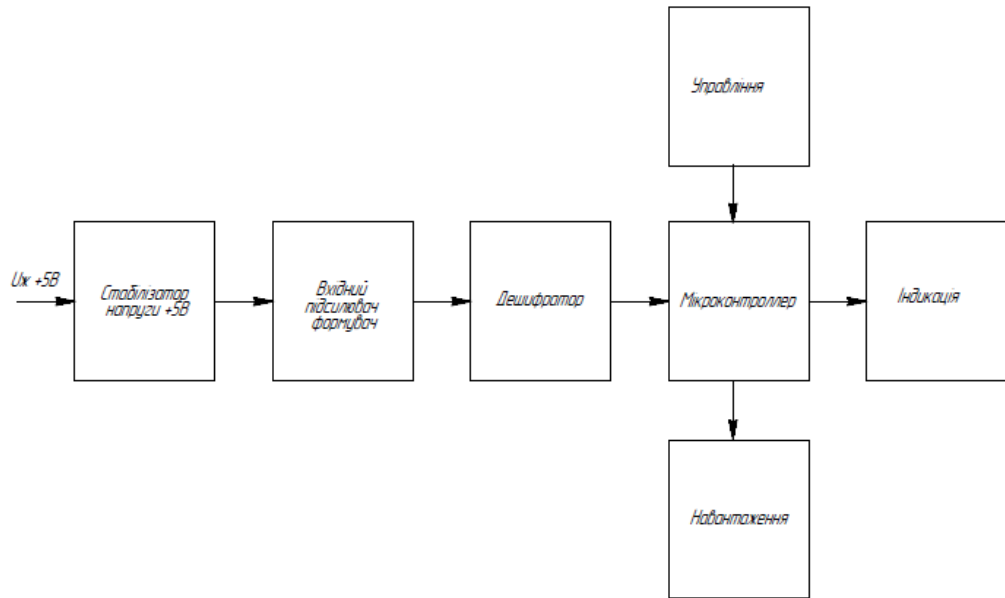


Рисунок 1.1-Схема електрична структурна багатofункціонального частотоміра

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

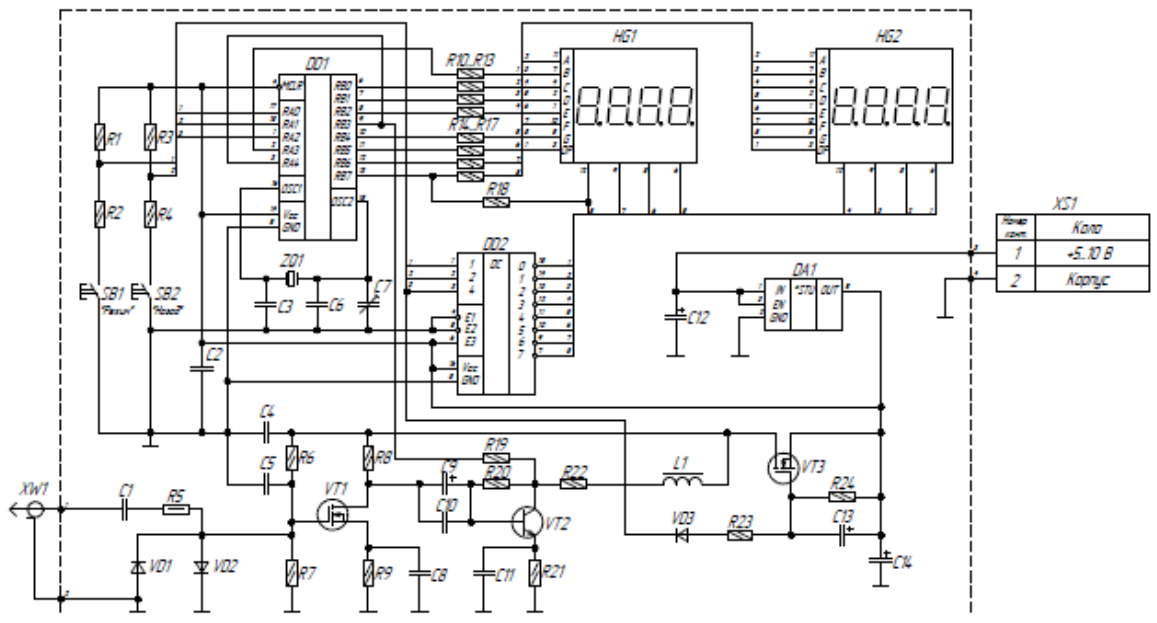


Рисунок 1.1-Схема електрична структурна багатofункціонального частотоміра

Мікроконтролер PIC16F628A (DD1) управляє анодами елементів індикаторів HG1 і HG2 через обмежувальні резистори R10-R17 за допомогою сигналів, які формуються на виходах RA3, RB0-RB2, RB4-RB7. В якості індикаторів використовуються два чотирирозрядних семисегментних світлодіодних індикатора з загальними катодами FYQ-3641AHR-11. Сигнали для керування катодами розрядів індикатора надходять з виходів дешифратора 74HC138N (DD2), на входи якого сигнали поступають з ліній RA0-RA2 мікроконтролера, що працюють у режимі виходів. Ці ж лінії, працюючи у режимі входів, використовуються програмою для перевірки стану кнопок управління SB1 і SB2. Резистори R1-R4 задають необхідні потенціали на входах при натиснутих і відпущених кнопках.

Тактування мікроконтролера відбувається від його внутрішнього генератора, частота якого 16 МГц задається зовнішнім кварцовим резонатором ZQ1. Виводок MCLR не використовується і для уникнення збоїв з'єднаний з плюсом напруги живлення мікроконтролера. Операції, пов'язані з динамічною індикацією, виконуються програмою в процедурі обробки запитів переривання від таймера TMR2 з періодом 2 мс. Це забезпечує оновлення інформації на восьмирозрядному індикаторі з частотою 62,5 Гц, що запобігає мерехтінню індикатора у всіх режимах роботи приладу.

Сигнал з вхідного підсилювача-формувача надходить на об'єднані лінії RA4 і RB3 мікроконтролера, які мають альтернативні функції T0СКІ і РСР1. При використанні традиційного частотоміра T0СКІ працює як вхід лічильника імпульсів, а лінія RB3, що працює у режимах входу і виходу, використовується для програмного відкривання і закривання входу лічильника та подальшого підрахунку імпульсів.

При вимірюванні періоду і тривалості обидві лінії працюють як входи T0СКІ і РСР1, використовуючи алгоритм захоплення стану регістра TMR1 під час перепадів сигналу та обчислення інтервалів часу між ними. Це дозволяє контролювати коректність результату шляхом аналізу вмісту регістра TMR0.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідний підсилювач-формувач на транзисторах VT1 і VT2 зібраний за перевіреною схемою. Велика ємність конденсаторів C1 і C9 забезпечує нижню межу смуги пропускання не більше 1 Гц. Елементи C8, C10, C11, L1 збільшують коефіцієнт передачі підсилювача-формувача для сигналів поблизу максимальної вимірюваної частоти. Резистор R5 і діоди VD1, VD2 захищають транзистор VT1 від пробую вхідним сигналом.

Підсилювач-формувач споживає значний струм (близько 5 мА), тому в сплячому режимі прилад відключає його від живлення за допомогою ключа на польовому транзисторі VT3 з каналом р-типу. Мікроконтролер управляє цим ключем сигналом з виходу RA2, що також використовується для управління дешифратором DD2. У робочому режимі сигнал на виході RA2 - це прямокутні імпульси з частотою 125 Гц. Коли рівень цього сигналу низький, конденсатор C13 заряджається, і транзистор VT3 відкривається. При високому рівні сигналу діод VD3 перешкоджає розрядці конденсатора через опір резистора R23. У сплячому режимі на виході RA2 встановлюється високий логічний рівень, конденсатор C13 розряджається, і приблизно через 3-5 секунд транзистор VT3 закривається, повністю відключаючи підсилювач-формувач від джерела живлення. В результаті, у сплячому режимі споживання струму приладом не перевищує 10 мкА, що дозволяє відмовитися від механічного вимикача живлення.

Лінії RA0 і RA1 мікроконтролера в сплячому режимі налаштовані як входи, і на них, а також на входах 1 і 2 дешифратора, при відпущених кнопках SB1 і SB2 завдяки резисторам R1 і R3 встановлений високий логічний рівень напруги. Високий рівень також присутній на вході 4 дешифратора. При натисканні будь-якої кнопки код на входах дешифратора змінюється, що змінює рівень на виході 7, передаючи сигнал на вхід RB7 мікроконтролера. У сплячому режимі дозволено переривання по зміні рівня на цьому вході, тому при натисканні будь-якої кнопки мікроконтролер повертається в активний режим.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ				

Прилад живиться від інтегрального стабілізатора напруги NCP551SN50 (DA1) з низькою допустимою різницею вхідного і вихідного напруги і дуже низьким власним споживаним струмом (типове значення - 4 мкА). Використання звичайного стабілізатора 78L05 можливе, але неефективне через великий власний струм споживання стабілізатора - близько 3 мА, що зводить нанівець сенс сплячого режиму [1].

					<i>2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунково-конструкторська частина

2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору кон- струкційних матеріалів і покриттів

Компонування багатфункціонального частотоміра включає розташування і інтеграцію всіх необхідних електронних компонентів, з'єднань і корпусних елементів для забезпечення його функціональності, зручності використання і надійності. Основні компоненти пристрою включають мікроконтролер PIC16F628A, який розміщується у центральній частині плати для легкого доступу до всіх входів і виходів. Два чотирирозрядні семисегментні світлодіодні індикатори FYQ-3641AHR-11 розташовані на передній панелі для зручності зчитування показників. Резистори і конденсатори, які обмежують струм, фільтрують та стабілізують сигнали, розміщені по обидва боки від мікроконтролера для мінімізації довжини провідників і зниження шуму.

Дешифратор 74HC138N розташовується поруч з індикаторами для оптимізації з'єднань. Підсилювач-формувавч на транзисторах VT1 і VT2 знаходиться біля входів сигналів для зниження перешкод і втрат. Кнопки управління SB1 і SB2 розташовані на передній панелі для зручності доступу користувача. Кварцовий резонатор ZQ1, що забезпечує тактування мікроконтролера, розміщується поруч з ним для стабільного тактування. Польовий транзистор VT3 з каналом р-типу, який економить енергію у сплячому режимі, розташований на платі і пов'язаний з підсилювачем. Стабілізатор напруги NCP551SN50 розташований біля вхідного джерела живлення для стабільного напруження.

Матеріалом корпусу обрано ABS пластик, який забезпечує легкість, міцність, електроізоляційні властивості, можливість легкої обробки і фарбування. Для передньої панелі використовується полікарбонат або акрилове скло, яке забезпечує прозорість, міцність, стійкість до подряпин та гарний зовнішній вигляд. Корпус покривається антистатичним покриттям, що захищає від статич-

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ				

них розрядів, забезпечує надійну роботу електроніки та зменшує накопичення пилу.

Таким чином, поєднання цих компонентів та матеріалів забезпечує надійність, функціональність і довговічність багатофункціонального частотоміра, роблячи його зручним у використанні та обслуговуванні [21].

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Друкована плата, виготовлена комбінованим способом із двосторонньої фольги зі скловолокна СФ2-35-ІКП (ГОСТ10316-78) товщиною 1,5 мм. У цьому процесі незахищені ділянки плівки видаляються для формування друкованої плати, а отвори ЕРЕ металізуються. Цей метод трохи складніший і дорожчий, ніж мінералізація, і вимагає більш складних процесів.

Елементи на платі розташовані дуже компактно, і тому розміри плати мінімальні 90*90мм. Всі основні елементи розміщені на одній стороні плати, а на іншій стороні плати знаходяться два індикатори та дві кнопки. У приладі немає елементів, котрі виділяють велику кількість тепла [24].

Корпус виготовлений з чорної пластмаси, яка має хороші характеристики, гарний зовнішній вигляд, та хорошу конструкцію, розміри 138×120×42 мм. Верхня та нижні кришки мають форму типу «корито». Кришки по кутах мають розміщені стійки для закріплення одна до одної за допомогою саморізів. Також верхня кришка має 4 ніжки для кріплення плати за допомогою чотирьох гвинтів та чотирьох шайб, на верхню кришку кріпляться скло під індикатор та дві накладки під кнопки. У спеціальний паз встановлюється роз'єм живлення та роз'єм навантаження. До нижньої кришки також кріпляться ніжки.

Корпус вилитий методом лиття під тиском. Для даного виробу важливим фактором є зручність керування пристроєм. Також гарний естетичний вигляд щоб з таким пристроєм було приємно і зручно працювати. Даний виріб може використовуватись у будь-де через свої невеликі розміри.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ				

При виготовленні апаратури метою є забезпечення мінімального впливу магнітних полів, зменшення паразитної ємності між друкованими провідниками [22].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР [2]

Позиційне позначення	C9, C12-C14
Назва компонента	ЕСАР
Виробник	Ерсо
Критерії вибору	Діапазон ємностей, максимальна напруга, відхилення від номіналу
Параметри та характеристики	
Параметри конструкції	Див.рис.1.1
Номінальна напруга	6,3В, 10 В
Номінальна ємність	2,2мкф, 47 мкФ, 470мкФ
Допуск ємності	± 20%
Термін служби	2000 г
Робоча температура	-55 ... 105 ° С
Тангенс кута втрат,%	0,14

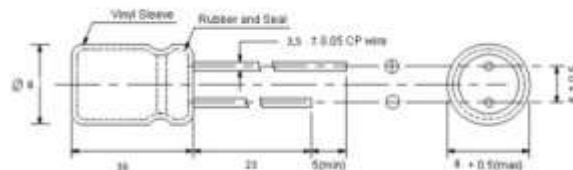


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

Позиційне позначення	R1-R24
Назва компонента	MFP
Виробник	Yageo
Критерії вибору	Потужність розсіювання, максимальна робоча напруга, діапазон опорів, відхилення від номіналу
Параметри конструкції	Див.рис.2.2
Параметри та характеристики	
номінальна потужність	0,125 Вт
діапазон номінальних опорів	1...10·10 ⁶ Ом
допустиме відхилення опору	±10%
максимальна робоча напруга	200В
діапазон робочих температур	-60.....+70°C

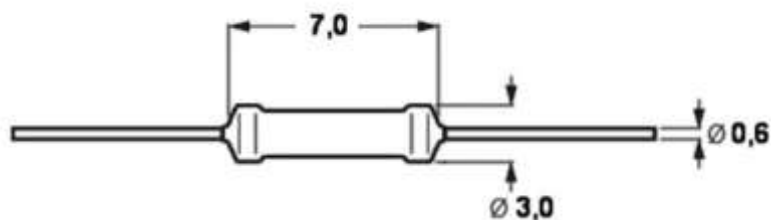


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3- Конденсатор В32529 [4]

Позиційне позначення	C1-C5
Назва компонента	Конденсатор В32529
Виробник	Ерсос
Критерії вибору	відповідність електричних параметрів режиму роботи, розміри, робоча напруга
Параметри конструкції	Див.рис.2.3
Параметри та характеристики	
робоча напруга	50В
відхилення ємності від номінального значення	±10%
інтервал робочих температур	-40°C...+100°C
температурний коефіцієнт ємності	+3,3%;
відносна вологість	до 98%
діапазон тиску	6,6-2942гПа
діапазони ємностей	5нФ – 0,1мкФ
група ТКЄ	H20

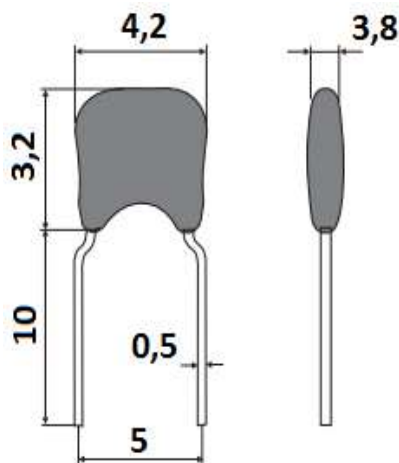


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора В32529

Таблиця 2.4- Індикатор FYQ-3641AHR-11 [5]

Позиційне позначення	HG1 – HG2	
Назва компонента	Індикатор FYQ-3641AHR-11	
Виробник	"Kingbright"	
Критерії вибору	Розміри, колір підсвічування, споживання	
Параметри конструкції	Див.рис.2.4	
Параметри та характеристики		
Тип дисплея	СІД	
Монтаж	ТНТ	
Вид дисплея	семисегментний однорозрядний	
Висота знака	9.9мм	
Колір	червоний	
Сила світла	4.7-16мкд	
Загальний висновок	анод	
Крок висновоків	2.54мм	
Відстань між рядами	7.62мм	
Довжина хвилі λd	640нм	

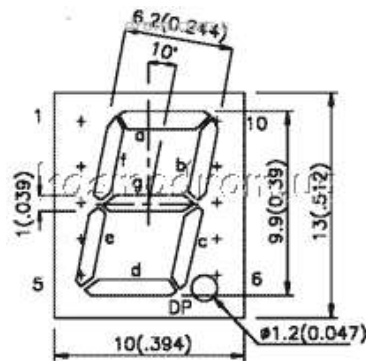


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд індикатора FYQ-3641AHR-11

Таблиця 2.5- Кнопка тактова FSM16JH [6]

Позиційне позначення	SB1-SB2	
Назва компонента	Кнопка тактова FSM16JH	
Виробник	"TE Connectivity"	
Критерії вибору	Габарити, практичність, функції	
Параметри конструкції	Див.рис.2.5	
Параметри та характеристики		
Спосіб монтажу	в отвори на плату	
Робоча напруга	12В	
Робочий струм	0.05А	
Висота	13мм	
Типорозмір	6x6	
Вага	0.33г	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ

Арк.

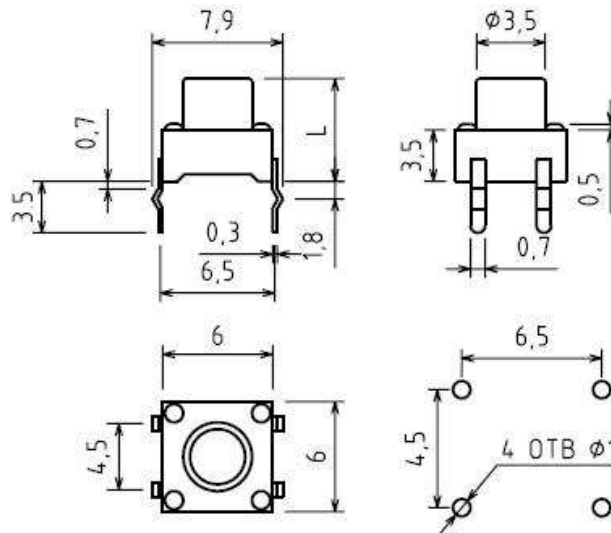


Рисунок 2.5- Габаритні розміри кнопки FSM16JH

Таблиця 2.6- Діод 1N4148 "Diotec" [7]

Позиційне позначення	VD1-VD3
Назва компонента	1N4148
Виробник	"Diotec"
Критерії вибору	Технічні характеристики, габарити, доступність
Параметри конструкції	Див.рис.2.6
Параметри та характеристики	
Тип діода за призначенням:	стандарт
Кількість діодів в корпусі	1
Максимальна зворотна напруга діода	100 В
Пряме падіння напруги:	1 В
Прямий струм діода (середній):	200 мА
Ємність переходу:	4 пФ
Час зворотного відновлення діодів:	4 нс
Робоча температура:	-55 - +200 С

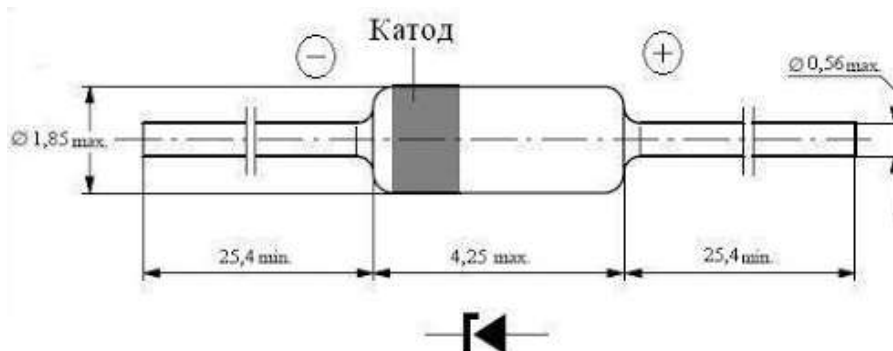


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри діода 1N4148

Таблиця 2.7- Кварцовий резонатор КХ-3НТ [8]

Позиційне позначення	ZQ1
Назва компонента	Кварцевий резонатор КХ-3НТ-5 МГц
Виробник	"Geyer"
Критерії вибору	Виділення електричних коливань певної частоти або смуги частот 5МГц
Параметри конструкції	Див.рис.2.7
Параметри та характеристики	
точність налаштування	0,5%;
діапазон робочих температур	-20...+80°C
вбудований конденсатор	ні
максимальний резонансний опір	200м



Рисунок 2.7– Зовнішній вигляд кварцовий резонатор КХ-3НТ

Таблиця 2.8- Мікросхема PIC16F628A-I/P [9]

Позиційне позначення	DD1
Назва компонента	Мікросхема PIC16F628A-I/P
Виробник	"Microchip"
Критерії вибору	Мікроконтролер, параметри, функції
Параметри конструкції	Див.рис.2.8
Параметри та характеристики	
Корпус:	DIP18
Робоча частота:	до 20МГц
Розрядність:	8 біт
FLASH пам'ять для програми:	3.5Кб
ОЗП:	224 Байт
Число входів / виходів:	16
Кількість таймерів:	3
Кількість компараторів:	2
Напруга живлення:	2 - 5.5В
Тип осцилятора:	Internal 4 МГц
Периферійних:	1-A / E / USART
Робоча температура: -	40 ° C ~ 85 ° C

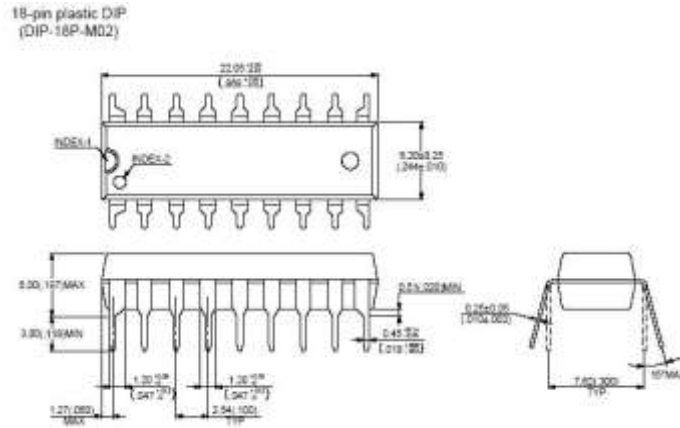


Рисунок 2.8–Габаритні розміри мікросхеми PIC16F628A-I/P

Таблиця 2.9- Мікросхема 74НС138N [10]

Позиційне позначення	DD2
Назва компонента	Мікросхема 74НС138N
Виробник	"Fairchild"
Критерії вибору	є дешифратор/демультиплексор 3 на 8.
Параметри конструкції	Див.рис.2.9
Параметри та характеристики	
Серія:	74НС
Тип:	декодер / демультиплексор
Ланцюг:	1 x 3: 8
Незалежні ланцюга:	1
Струм - вихід високий, низький:	5,2 мА, 5,2 мА
Напруга живлення:	2 В ~ 6 В
Робоча температура:	-40 °С ~ 125 °С
Тип монтажу:	поверхнєве кріплення

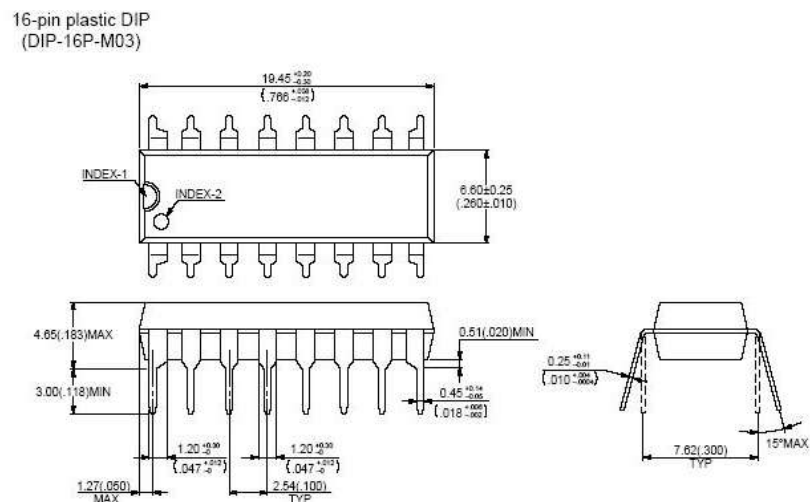


Рисунок 2.9–Габаритні розміри мікросхеми 74НС138N

Таблиця 2.10- Мікросхема NCP551SN50T1 [11]

Позиційне позначення	DA1
Назва компонента	Мікросхема NCP551SN50T1
Виробник	"ON Semiconductor"
Критерії вибору	є дешифратор/демультиплексор 3 на 8.
Параметри конструкції	Див.рис.2.10
Параметри та характеристики	
Топологія регулятора	Positive Fixed
Напруга номінальна	0.04V @ 10mA
Напруга вихідна	5V
Число регуляторів	1
Струм вихідний	150mA
Робоча температура	-40°C ~ 85°C

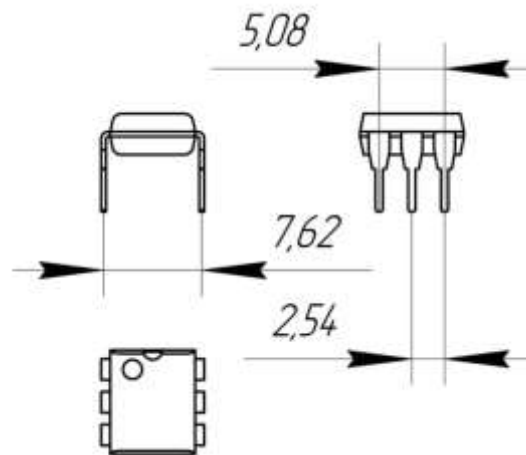


Рисунок 2.10–Габаритні розміри мікросхеми NCP551SN50T1

Таблиця 2.11- Транзистор VF998 [12]

Позиційне позначення	VT1
Назва компонента	Транзистор VF998
Виробник	"NXP"
Критерії вибору	низьковольтний високочастотний транзистор
Параметри та характеристики	
Тип транзистора:	MOSFET
Полярність:	N
Максимальна потужність, що розсіюється (Pd):	0.2 W
Гранично допустима напруга сток-витік U _{ds} :	12 V
Гранично допустима напруга затвор-витік U _{gs} :	8 V
Максимально допустимий постійний струм стоку I _d :	0.03 A
Максимальна температура каналу (T _j):	150 °C
Вихідна ємність (C _d):	1.05 pf
Опір сток-витік відкритого транзистора (R _{ds}):	200 Ohm

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ

Арк.

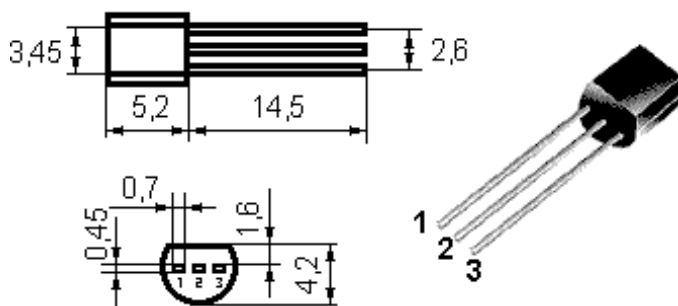


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри транзистора BF998

Таблиця 2.12- Транзистор IRLML6402 [13]

Позиційне позначення	VT3
Назва компонента	Транзистор IRLML6402
Виробник	"IR"
Критерії вибору	Силовий транзистор Р-канальний
Параметри та характеристики	
Силовий транзистор:	Р-канальний
Структура транзистора:	MOSFET
Тип керуючого каналу:	Р
Гранична постійна розсіююча потужність стоку (P_d) транзистора:	1.3 Вт
Напруга пробою стік-витік (U_{ds}):	20V В
Максимальне напруження затвор-витік (U_{gs}):	4.5 В
Граничний струм затвора транзистора (I_d):	3.7 А
Гранична температура (T_j):	150 С
Опір стік-витік у включеному стані (R_{ds}):	0.065 Ом

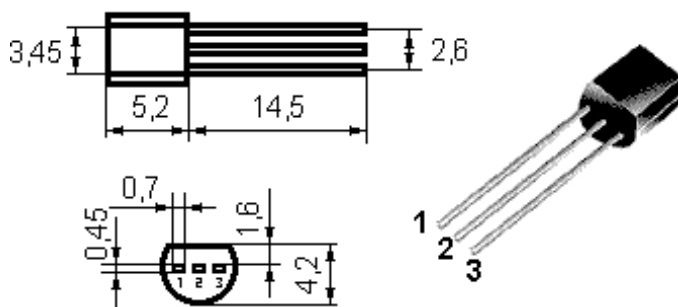


Рисунок 2.12– Габаритні розміри транзистора IRLML6402

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Для розрахунку стабілізаторів напруги на ІМС, як правило, необхідні наступні початкові дані: номінальне значення вихідної напруги $U_{ст\ вих\ ном}$; граничні значення вихідної напруги $U_{ст\ вих\ min}$, $U_{ст\ вих\ max}$; мінімальний і максимальний струми навантаження $I_{н\ min}$, $I_{н\ max}$; температурна нестабільність напруги вхідної α_U ; нестабільність вихідної напруги $K_{нстU}$ або коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{п}$; коефіцієнт стабілізації напруги $K_{стU}$; внутрішній опір стабілізатора $R_{ст\ вих}$; температурний коефіцієнт γ [18].

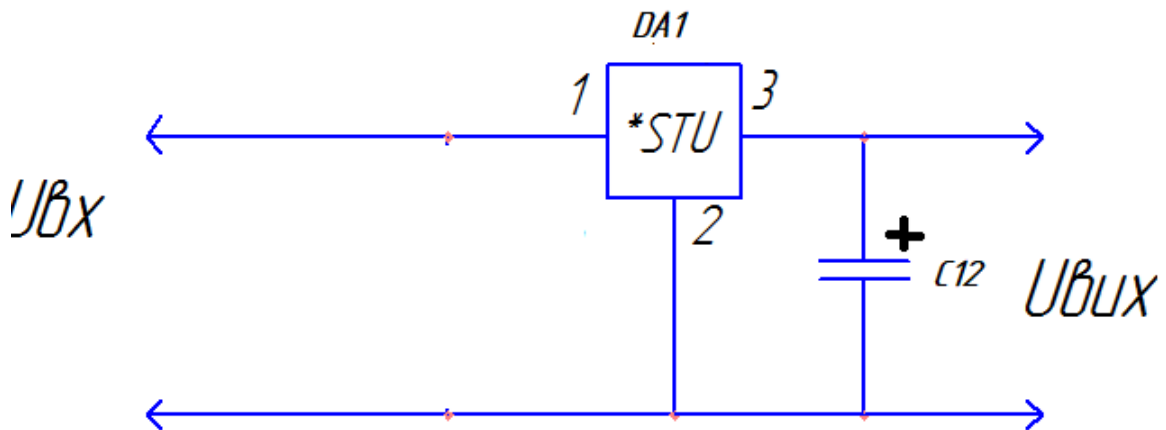


Рисунок 2.13– Електрична принципова схема стабілізатора і конденсатора

Вибір ІМС виконується за заданими $U_{ст\ вих}$, $I_{ст\ вих\ max}$, $K_{стU}$, γ , $R_{ст\ вих}$ із рисунку 2.13. Бажано віддавати перевагу тим ІМС, які працюють з меншою кількістю зовнішніх елементів.

При цьому повинні виконуватися наступні умови

$$U_{ІМС\ вих} \geq U_{ст\ вих}$$

$$I_{ІМС\ вих\ max} \geq I_{н\ max}$$

$$K_{ІМС\ стU} \geq K_{стU}$$

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 - Параметри стабілізаторів

Тип ІМС	$U_{CT BX}$, В (min... max)	$U_{CT VHX}$, В (min... max)	$K_{нст}$, % $\frac{B}{A}$ не більше за	$K_{нст}$, % $\frac{A}{B}$ не більше за	$K_{CT CT}$, дБ на 1кГц не більше за	α_U , % °C не більше за	$I_{CT VHX}$, А (max)	$P_{CT роз}$, Вт без радіатора/ з радіатором	$I_{CT СП}$, мА	$U_{CT ЛД}$, В не більше за
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
К142ЕНА	9...20	3...12	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН1Б	9...20	3...12	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН1В	9...20	3...12	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН1Г	9...20	3...12	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2А	20...40	12...30	0,5	0,5	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2Б	20...40	12...30	0,2	0,2	-	0,01	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2В	20...40	12...30	0,8	2,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
К142ЕН2Г	20...40	12...30	0,8	1,0	-	0,05	0,15	0,7/0,8	4	4
КТ42ЕНЗ	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	3
К142ЕН4	9...45	3...30	0,05	0,25	-	0,01	1	1,4/4	10	4
К142ЕН5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
К142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	3	1,2/10	10	2,5
К142ЕН5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
К142ЕН5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1	70	0,02	2	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2	60	0,03	-	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2	60	0,03	3	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2	60	0,03	2	1,2/10	10	2,5
КР142ЕН6А	-...40	14,7...15,3	0,0015	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
КР142ЕН6Б	-...40	14,7...15,3	0,005	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
К142ЕН6В	-...40	14,7...15,3	0,0025	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
К142ЕН6Г	-...40	14,7...15,3	0,0075	0,3	30	0,02	0,2	1,4/5	7,5	2,5
142ЕН8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	40	0,02	1,5	-/9	10	2,5
142ЕН8Б	11,5...35	11,64...12,36	-	-	-	-	-	-	-	-

Було обрано стабілізатор NCP551SN50T1 "ON Semiconductor, який має параметри такі як в КР142ЕН5В.

Незалежно від типу обраної ІМС визначаємо наступні параметри

$$U_{CT BX \min} \equiv U_{CT VHX \max} + U_{CT ПД} \quad (2.1)$$

$$U_{CT BX \min} \equiv 5,1 + 2,5 = 7,6 \text{ В}$$

$$U_{CT BX} \equiv \frac{U_{CT BX \min}}{1 - \alpha_-} \quad (2.2)$$

$$U_{CT BX} \equiv \frac{7,6}{1 - 0,03} = \frac{7,6}{0,97} = 7,62 \text{ В}$$

$$U_{CT BX \max} \equiv U_{CT BX} (1 + \alpha_{(+)}) \quad (2.3)$$

$$U_{CT BX \max} \equiv 7,62(1 + 0,03) = 7,62 + 1,03 = 8,65 \text{ В}$$

де $\alpha(+)$, $\alpha(-)$ – найбільше позитивне та негативне відносне змінювання вхідної напруги.

Можливі граничні значення ККД:

$$\eta_{\max} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ \max}}{U_{CT\ BX\ \min}} \quad (2.4)$$

$$\eta_{\max} \equiv \frac{8,65}{7,6} = 1,14$$

$$\eta_{\min} \equiv \frac{U_{CT\ BX\ \min}}{U_{CT\ BX\ \max}} \quad (2.5)$$

$$\eta_{\min} \equiv \frac{7,6}{8,65} = 0,89$$

Передбачається, що струм споживаний стабілізатором є малим

$$I_{CT\ ВИХ} \equiv I_{CT\ ВХ}$$

Визначення ємності конденсатора за формулою:

$$C_0 = \frac{H}{rK_{п0}} \quad (2.6)$$

де C_0 – ємність, мкФ;

Коефіцієнт пульсацій $K_{п0}=0,03$ %;

r – опір, Ом.

$$C_0 = \frac{130}{10 \cdot 0,03} = 433,33(\text{мкФ})$$

Розраховуємо робочу напругу:

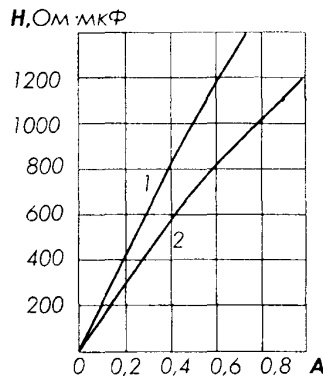


Рисунок 2.14 – Графік для визначення коефіцієнта Н:

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{роб} = \sqrt{2}U_{2x} \quad (2.7)$$

$$U_{роб} = 1,4 \cdot 7 = 9,8(B)$$

Вибираємо тип конденсатора з довідника за параметрами $C_{0\text{ ном}}$ і $U_{роб}$.

Вибрано конденсатор типу ЕСАР-10 В-470 мкФ 20% "Jamicon".

2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Виходячи з технологічних можливостей виробництва вибрано комбінований метод виготовлення, 4 клас точності друкованої плати ОСТ 4.010.022-85 [23].

Визначаємо мінімальну ширину друкованого провідника, мм., по постійному струму для кіл живлення і заземлення:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} * t} = \frac{0,03A}{48 \frac{A}{\text{мм}^2} * 0,035\text{м}} = 0,1\text{мм} \quad (2.8)$$

де I_{\max} - допустима густина струму, який протікає в провідниках.

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max} = 0,03A$;

$j_{\text{доп}}$ – допустима густина струму, вибирається в залежності від методу виготовлення плати з табл.,

$$j_{\text{доп}} = 48A/\text{мм}^2, t – \text{товщина провідника, } 35\text{мкм} = 0,035\text{м}$$

Визначаємо мінімальну ширину провідника, мм., виходячи з допустимого падіння напруги на ньому:

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{доп}} * t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом.мм}^2}{\text{м}} * 0,03A * 0,5\text{м}}{2B * 0,035\text{м}} = 0,1\text{мм} \quad (2.9)$$

де: $\rho = 0,0175 \text{ Ом} * \text{мм}^2 / \text{м}$ – питомий об'ємний опір,

$L = 0,5\text{м}$ – довжина провідника,

$U_{\text{доп}} = 2B$ – допустиме падіння напруги.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d :

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = d_E + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (2.10)$$

де: d_E – максимальний діаметр виводу встановленого ЕРЕ (діаметр вивода ЕРЕ.)

$\Delta d_{н.в.}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру монтажного отвору (0,1 для всіх)

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром вивода ЕРЕ, її вибирають в межах 0,1...0,4мм. Розрахункові значення d зводяться до нормалізованого ряду отворів: 1,1; 1,3; 1,5 мм.

$d_{E1} = 0,9$ -для мікросхем, конденсаторів, резисторів, діодів, підпаювання провідників, транзисторів;

$d_{E2}=1,1$ - для кварцевого резонатора ZQ1, резистора R5.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,9 + /_{\pm}0,1/ + 0,1 = 1, 1 \text{ мм}$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,1 + /_{\pm}0,1/ + 0,1 = 1, 3 \text{ мм}$$

Приймаємо такі стандартні діаметри отворів;1,1;1,3;1,5.

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.1)$$

де: $h\phi$ – товщина фольги; $D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки;

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.12)$$

де: b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки;

$$b_m = 0,06 \text{ мм.}$$

δ_d і δ_p - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$$\delta_d = 0,25 \text{ мм, } \delta_p = 0,4 \text{ мм.}$$

d_{\max} - максимальний діаметр просвердленого отвору, мм:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.13)$$

де: Δd - допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 1,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,3 + 0,1 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}$$

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{1\min1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,3}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,72 \text{ мм}$$

$$D_{1\min2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,5}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,92 \text{ мм}$$

$$D_{\min1} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 2,8 \text{ мм}$$

$$D_{\min2} = 2,92 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 3 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.14)$$

$$D_{\max1} = 2,82 + 0,02 = 2,82 \text{ мм}$$

$$D_{\max2} = 3 + 0,02 = 3,02 \text{ мм}$$

Визначаємо ширину провідників. Мінімальна ширина провідників для ДДП і зовнішніх шарів БДП, які виготовлені комбінованим методом:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.15)$$

де $b_{1\min}$ - мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1\min} = 0,15$ мм для плат 4- го класу точності.

$$b_{\min} = 0,15 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1\min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{\max}}{2} + \delta_p \right) + \left(\frac{d_{\max}}{2} + \delta_1 \right) \right] \quad (2.16)$$

$$S_{1\min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,82}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,3}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,01 \text{ мм}$$

$$S_{1\min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{3,02}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,5}{2} + 0,05 \right) \right] = -0,21 \text{ мм}$$

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2\min} = L_0 - (D_{\max} + 2\delta_p) \quad (2.17)$$

$$S_{2\min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,4) = -1,12 \text{ мм}$$

$$S_{2\min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,4) = -1,32 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta_1) \quad (2.18)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (2,82 + 2 \cdot 0,05) = -0,42 \text{ мм}$$

$$S_{3min2} = 2,5 - (3,02 + 2 \cdot 0,05) = -0,62 \text{ мм}$$

У зв'язку із тим, що в розрахунку виходять від'ємні значення, то необхідно контактні площадки робити овальними для резисторів, конденсаторів електrolітичних і керамічних, мікросхем, діодів, транзисторів.

Під час електричного розрахунку було розраховано мінімальну відстань між двома контактними площадками, яка становить 1,12мм, мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу, яка становить 0,21мм, мінімальну відстань між двома провідниками 0,42мм.

При розрахунку мінімальної ширини друкованого провідника, в результаті обчислень ширина друкованого провідника дорівнює 0,1 мм.

2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою

Розрахунок надійності проектного виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [14]:

Таблиця 2.14 - Вихідні дані для розрахунку надійності

п/п	Назва групи елементів	К-сть шт.	$K_{нопр}$	$I_{відм} * 1e-06$	$K-сть * K_{нав} від * 1e-06$
1	Мікросхеми	3	1	0,03	0,09
2	Діоди	3	0,35	0,7	0,735
3	Конденсатори електrolітичні	4	0,4	2,4	3,84
4	Конденсатори керамічні	10	0,1	1,4	1,4
5	Резистори постійні	24	0,42	0,8	8,064
6	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
7	Пайки	171	1	0,02	3,42
8	Кнопки	2	1	2,2	4,2
9	Індикатори	4	1	20	80
10	Резонатор кварцовий	1	1	0,2	0,2
11	Роз'єм	2	1	0,05	0,1
12	Транзистори	3	0,35	4	4,2
13	Дросель	1	0,1	1	0,1

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: 6.6649×10^{-5} 1/год

Середня наробка до відмови: 15004.0 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999334$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.993357$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.935524$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.513508$

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.001275$

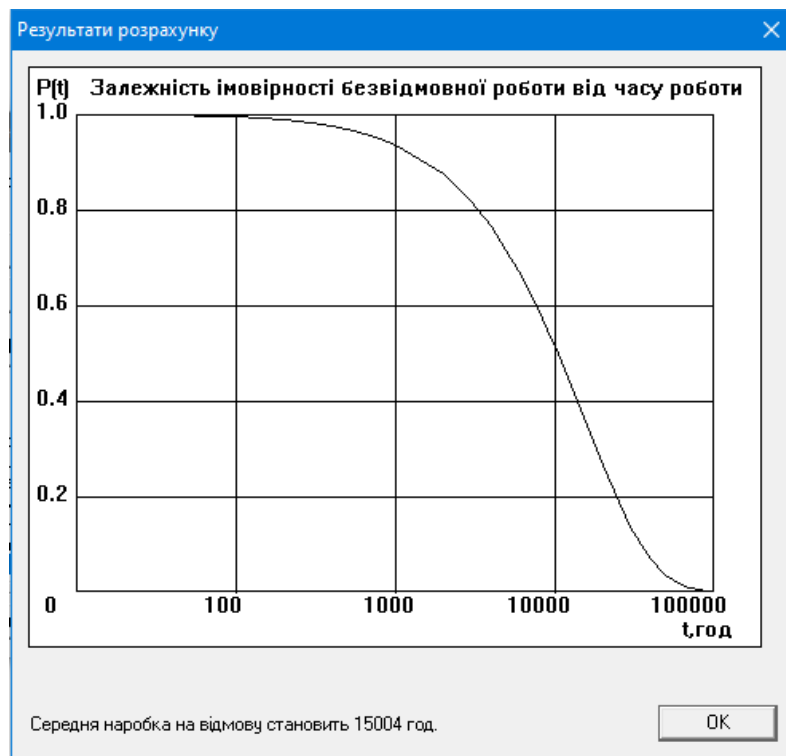


Рисунок 2.15 - Графік залежності ймовірності безвідмовної роботи від часу

Висновок: Інтенсивність відмов: 6.6649×10^{-5} 1/год. Середня наробка до відмови: 15004.0 год.

2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

Розрахуємо споживану потужність пристрою [18]:

Для розрахунку споживаної потужності, яка носить активний характер використовується формула:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \quad (2.19)$$

де U – напруга живлення пристрою, становить +5В;

I – струм споживання пристрою, становить 0,03А;

$$P = 5 \text{ В} \cdot 0,03 \text{ А} \cdot 1 = 0,15 \text{ Вт}$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Виготовлення корпусу приладу з пластику включає кілька ключових етапів: проектування, вибір матеріалу, створення прес-форми, процес лиття під тиском, обробка та збирання. Ось детальний опис кожного з цих етапів [22]:

1. Проектування

Розробка дизайну

- Ескізи та 3D-моделювання: Розробка ескізів корпусу на папері або в CAD-програмі (наприклад, AutoCAD, SolidWorks) для створення тривимірної моделі.
- Розрахунки та специфікації: Визначення точних розмірів, місць кріплення, отворів для кнопок, дисплеїв та інших компонентів.

Прототипування

- 3D-друк прототипу: Використання 3D-принтера для виготовлення первинного прототипу, що дозволяє перевірити форму та функціональність корпусу перед масовим виробництвом.

2. Вибір матеріалу

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір пластику

- **ABS пластик:** Найчастіше використовується завдяки його міцності, легкості, стійкості до ударів та легкості обробки.
- **Полікарбонат:** Використовується для прозорих частин корпусу, таких як дисплеї, завдяки своїй прозорості та стійкості до подряпин.

3. Створення прес-форми

Дизайн прес-форми

- **Тривимірний дизайн:** Використання 3D-моделі для створення прес-форми, яка точно відтворює дизайн корпусу.
- **Матеріали для прес-форми:** Зазвичай виготовляється зі сталі або алюмінію, оскільки ці матеріали витримують високі тиски і температури під час лиття.

Виготовлення прес-форми

- **Машинна обробка:** Виготовлення прес-форми з використанням верстатів з ЧПУ (числове програмне управління) для досягнення високої точності.
- **Полірування та тестування:** Полірування поверхонь форми для забезпечення гладкості готового виробу і тестування форми з метою перевірки точності.

4. Лиття під тиском

Процес лиття

- **Нагрівання пластику:** Пластик у вигляді гранул нагрівається до розплавленого стану.
- **Інжекція:** Розплавлений пластик вводиться у прес-форму під високим тиском.
- **Охолодження та затвердіння:** Пластик охолоджується в формі до твердого стану, після чого форма відкривається і виймається готовий корпус.

5. Обробка

Очищення та видалення облоя

- **Обробка країв:** Видалення облоя (надлишкового матеріалу) з допо-

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

могою механічної обробки або лазерної різки.

- Шліфування та полірування: Шліфування поверхонь для забезпечення гладкості та підготовка до подальшого покриття.

Покриття

- Антистатичне покриття: Нанесення антистатичного покриття для захисту від статичних розрядів.
- Фарбування: Фарбування корпусу, якщо це необхідно, для додання привабливого зовнішнього вигляду.

6. Збирання

Монтаж компонентів

- Кріплення: Встановлення електронних компонентів всередині корпусу.
- З'єднання частин: Збирання всіх частин корпусу разом з використанням кріплень, гвинтів або засувок.

Контроль якості

- Перевірка відповідності: Перевірка зібраного корпусу на відповідність специфікаціям, відсутність дефектів та функціональність.

Цей процес забезпечує виготовлення високоякісного пластикового корпусу для багатофункціонального частотоміра, який буде відповідати всім технічним і естетичним вимогам [17].

Монтаж проектованого виробу багатофункціонального частотоміра включає кілька основних етапів. Спочатку необхідно підготувати всі деталі, переконавшись, що вони чисті і відповідають технічним вимогам. Далі приступаємо до збірки основних функціональних блоків, закріплюючи їх на головному шасі або корпусі згідно зі схемою.

Після цього виконуємо пайку електронних компонентів, дотримуючись схеми електричних з'єднань і використовуючи якісний паяльник для надійних з'єднань. Потім підключаємо всі необхідні кабелі та дроти, дотримуючись кольорової розмітки та маркування. Наступним кроком є тестування і налаштуван-

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ				

ня, під час якого проводимо початкове тестування для перевірки коректної роботи всіх компонентів і налаштовуємо параметри для оптимальної роботи. Нарешті, після успішного тестування завершуємо монтаж, закріплюючи всі деталі на своїх місцях і перевіряючи, щоб не було залишкових деталей. Дотримуючись цих кроків, можна якісно зібрати багатофункціональний частотомір. [19].

2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки

Якісна оцінка технологічності конструкції проєктованого виробу включає аналіз різних аспектів, які впливають на виробничий процес, експлуатацію та обслуговування виробу. Основні критерії для такої оцінки включають простоту виготовлення, технологічність складання, уніфікацію і стандартизацію, ергономічність, надійність і довговічність, технологічність обслуговування і ремонту, а також економічність виробництва.

Таким чином, якісна оцінка технологічності допомагає забезпечити ефективне виробництво, експлуатацію та обслуговування виробу, знижуючи витрати і покращуючи загальну продуктивність.

Оцінка технологічності виробу проводиться за допомогою різних методів і критеріїв, що враховують різні аспекти технологічності конструкції. Вона включає аналіз складності виготовлення, монтажу та обслуговування виробу, оцінку використання новітніх технологій і матеріалів, а також уніфікацію та стандартизацію компонентів.

Крім того, враховується ергономічність виробу, його надійність, довговічність і можливість ремонту. Економічність виробництва також важлива, оскільки вона впливає на конкурентоспроможність продукції на ринку. Отже, оцінка технологічності виробу є важливим етапом в його розробці та виробництві. [20].

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів

Технологія виготовлення друкованих плат комбінованим позитивним методом є ефективним і широко використовується в сучасній електроніці. Цей метод поєднує в собі переваги двох основних підходів - позитивного та негативного. Основні етапи виготовлення друкованих плат комбінованим позитивним методом включають:

Підготовка підложки: Починається з підготовки основи для друку. Зазвичай використовується основа з фібергласу або епоксидної смоли, яка має високу механічну міцність та теплостійкість.

Нанесення фоточутливого шару: На підготовлену основу наноситься фоточутливий шар. Цей шар може бути напівпровідниковим полімером або розчином позитивного фоточутливого матеріалу, який реагує на світло.

Експонування: Відбувається експонування фоточутливого шару через маску, на якій відображені контури друкованої схеми. Під впливом світла фоточутливий шар змінює свої властивості, що дозволяє витравлювати зайві області.

Розроблення: Після експонування плата піддається розробленню, під час якого зайвий фоточутливий матеріал витравлюється, відкриваючи місця для майбутніх мідних слідів.

Внесення мідних слідів: Після витравлення плати покривають мідним шаром, наприклад, за допомогою методу гальванічного осадження. Мідні сліди заповнюють відкриті області на підложці, утворюючи провідні шляхи для електричних сигналів.

Фінішна обробка: На завершальному етапі виготовлення проводяться фінішні операції, такі як обрізка країв плати, видалення залишків міді, а також нанесення захисного покриття для запобігання корозії та забезпечення довговічності плати.

Основні матеріали, які використовуються для виготовлення друкованих плат комбінованим позитивним методом, включають:

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основа (підложка): Фіберглас або епоксидна смола.

Фоточутливий матеріал: Напівпровідникові полімери або спеціальні розчини, які змінюють свої властивості під впливом світла.

Маска: Шаблон, що використовується для експонування фоточутливого шару.

Мідний шар: Використовується для створення провідних шляхів на друкованій платі.

Захисне покриття: Застосовується для захисту від корозії та механічних пошкоджень.

Ці матеріали взаємодіють у процесі виробництва, щоб створити функціональну та надійну друковану плату [24].

2.2.4 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу

Маршрутно-операційна технологія складання включає в себе наступні кроки:

- установка друкованого вузла до верхньої кришки;
- кріплення друкованого вузла до верхньої частини корпусу за допомогою чотирьох гвинтів та шайб;
- кріплення скла під індикатор на верхню кришку ;
- кріплення накладок під кнопки на верхню кришку;
- кріплення роз'єму живлення у спеціальний паз;
- кріплення гнізда через втулку;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів та втулок.

Маршрутно-операційна технологія складання друкованого вузла включає в себе наступні кроки:

- розконсервація друкованої плати;
- маркування заводського номера;

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці, латексом;
- сушка;
- формування виводів ЕРЕ;
- лудження виводів ЕРЕ;
- встановлення ЕРЕ;
- автоматизована пайка хвилею припою;
- рихтування;
- регулювання;
- лакування;
- технічний контроль [21].

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень

Для реалізації проектних рішень необхідно визначити обсяг інвестицій для їх здійснення. Обсяг інвестицій складається з вартості основних фондів за групами та витрат, пов'язаних з їх придбанням і вводом в експлуатацію.

1) Вартість будівель визначається, виходячи із орендної плати за них (приймається середня величина оренди виробничих приміщень в даному регіоні на час написання дипломного проекту; приймається 1000грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

$$V_{\text{буд}} = C_{\text{буд}} \cdot S_{\text{буд}}, \quad (3.1)$$

$$V_{\text{буд}} = 1000 \cdot 100 = 100000 \text{ (грн.)}$$

де $V_{\text{буд}}$ - вартість будівлі, грн.;

$C_{\text{буд}}$ – орендна плата за 1м² будівлі, грн./м²;

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 100м²).

Будівлі орендуються разом із обладнанням, тому їх вартість слід збільшити на 50%, тобто :

$$V_{\text{буд}\Sigma} = V_{\text{буд}} + V_{\text{обл}}, \quad (3.2)$$

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 100000 + 50000 = 150000 \text{ (грн.)}$$

де $V_{\text{буд}\Sigma}$ - вартість оренди будівель включно з вартістю обладнання;

$V_{\text{обл}}$ – вартість обладнання.

При цьому вартість обладнання складає:

$$V_{\text{обл}} = V_{\text{буд}} \cdot K_0, \quad (3.3)$$

$$V_{\text{обл}} = 100000 \cdot 0,5 = 50000 \text{ (грн.)}$$

де K_0 – коефіцієнт, що враховує вартість обладнання ($K_0=0,5$).

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому витрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

$$V_{\text{інстр}} = V_{\text{обл}} \times 0,02 \times 1,1, \quad (3.4)$$

$$V_{\text{інстр}} = 50000 \times 0,02 \times 1,1 = 1100 \text{ (грн.)}$$

3) Вартість виробничого та господарського інвентарю ($V_{\text{інв}}$) складає 3% від вартості обладнання. При цьому витрати на його доставку приймають в розмірі 10% від його вартості. Таким чином, вартість інвентарю розраховується за формулою:

$$V_{\text{інв}} = V_{\text{обл}} \times 0,03 \times 1,1, \quad (3.5)$$

$$V_{\text{інв}} = 50000 \times 0,03 \times 1,1 = 1650 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

$$\text{ПІ} = V_{\text{буд}\Sigma} + V_{\text{інстр}} + V_{\text{інв}} \quad (3.6)$$

$$\text{ПІ} = 150000 + 1100 + 1650 = 152750 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$A = \frac{S_{\text{бал}} \times H_a}{100}, \quad (3.7)$$

$$A = \frac{2750 \times 25}{100} = 687,5 \text{ (грн.)}$$

де $S_{\text{бал}}$ - балансова вартість основних фондів, грн. (для розрахунку приймають величину вартості основних фондів, що розрахована за формулами 3.4– 3.5 в тому випадку, коли будівлі орендують разом з обладнанням);

H_a - норма амортизації, % (величина норми амортизації встановлюється у відсотках до вартості кожної з груп основних фондів і становить: для будівель – 5%, обладнання – 20%, інструментів та приладів – 25%, інвентарю – 25%).

Результати розрахунку річної суми амортизаційних відрахувань слід звести в табл. 3.1

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№з/п	Найменування основних фондів	Балансова вартість основних фондів, тис. грн.	Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн.
1	Інструменти та прилади	1100	275
2	Виробничий та господарський інвентар	1650	412,5
	Всього:	2750	687,5

3.2 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість продукції як економічна категорія є грошовим виразом витрат на її виробництво та реалізацію. При розрахунку собівартості всі витрати групуються за калькуляційними статтями. При цьому перелік статей калькуляції повинен відповідати переліку, прийнятому на конкретному підприємстві. В загальному вигляді калькуляція собівартості продукції включає такі статті витрат:

1. Сировина і матеріали.
2. Енергія технологічна.
3. Заробітна плата виробничих робітників (основна і додаткова).
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Утримання та експлуатація машин і механізмів.
6. Загальновиробничі витрати.

Виробнича собівартість

7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.
9. Інші операційні витрати.

Повна собівартість

Рекомендації щодо розрахунку статей калькуляції собівартості продукції.

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Витрати матеріалів (покупних виробів) на одиницю продукції визначають за формулою:

$$V_M = \sum_{i=1}^m (H_{Mi} \times C_{Mi}) \times K_{Tr} \quad (3.8)$$

$$V_M = 418 \times 1,04 = 465,92 \text{ (грн.)}$$

де t — кількість видів матеріалів, які використовують для виробництва одиниці продукції;

H_{Mi} — норма витрат i -го виду матеріалу (покупних виробів) на виробництво одиниці продукції, натур. од.;

C_{Mi} — ціна придбання i -го виду матеріалу (покупних виробів), грн. од.;

K_{Tr} - коефіцієнт, що враховує транспортні витрати на доставку матеріалів до підприємства (для розрахунку приймається в розмірі 4 % від вартості матеріалів: $K_{Tr}=1.04$). Розрахунки слід звести в табл.3.2

Таблиця 3.2- Розрахунки

№ з/п	Назва матеріалу (покупного виробу)	Кількість	Ціна за одиницю	Загальна вартість
1	Плата друкована	1	25	25
2	Кришка нижня	1	25	25
3	Кришка верхня	1	25	25
4	Дросель	1	5	5
5	Конденсатори керамічні	10	0,5	5
6	Резистори постійні	24	0,5	12
7	Конденсатор електrolітичний	4	5	20
8	Транзистори	3	5	15
9	Діоди	3	2	6
10	Мікросхеми	3	40	120
11	Роз'єми	2	10	20
11	Кнопка	2	10	20
12	Індикатор	2	60	120
				418

2) Вартість технологічної енергії враховується при розрахунку витрат на утримання та експлуатацію машин і механізмів згідно статистичних даних базового підприємства (див. п.6).

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($V_{o.з.пл.}$):

для розрахунку заробітної плати працівників визначають відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

$$P_{\text{від}} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{\text{шт}i}}{60} \times C_r, \quad (3.9)$$

$$P_{\text{від}} = \frac{30}{60} \times 117 = 58,5 (\text{грн})$$

де $t_{\text{шт}, i}$ – час виконання однієї операції (одиниці роботи чи продукції);

C_r – годинна тарифна ставка відповідно до розряду виконуваних робіт (див. додаток А).

Розрахунок витрат на основну заробітну плату основних робітників слід звести в табл.3.3

Таблиця 3.3-Розрахунок основної заробітної плати

№ з/п	Назва операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, (С _г), грн/год
1	Пайка	12	V	117
2	Регулювання	8	V	117
3	Складання	10	V	117
	Всього	30		

4) Витрати на додаткову заробітну плату працівників ($V_{\text{дод.з.пл.}}$):

приймаються в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = P_{\text{від}} \times 0.11 \quad (3.10)$$

$$V_{\text{дод.з.пл.}} = 58,5 \times 0,11 = 5,9 (\text{грн})$$

5) Сума відрахувань на соціальні заходи ($C_{\text{в.с.з.}}$) визначається за встановленими законодавством нормами у відсотках від витрат на основну й додаткову заробітну плату:

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{\alpha}{100} \times (P_{\text{від}} + V_{\text{дод.з.пл.}}) \quad (3.11)$$

$$C_{\text{в.с.з.}} = \frac{22}{100} \times (58,5 + 5,9) = 14,2 (\text{грн})$$

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де α - відсоток відрахувань на соціальні заходи (приймають 22%);

б) Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів є комплексними, оскільки охоплюють витрати, що безпосередньо необхідні для експлуатації обладнання; амортизаційні відрахування на відтворення машин і механізмів, тощо. Оскільки такі витрати неможливо обчислити безпосередньо на одиницю продукції, їх розподіляють за вибраною базою розподілу. Найчастіше за таку базу беруть заробітну плату виробничих працівників.

Витрати на утримання та експлуатацію машин і механізмів розраховуються за формулою:

$$V_{yeo} = \frac{\alpha_{yeo}}{100} \times (P_{від} + V_{дод.з.пл.}) \quad (3.12)$$

$$V_{yeo} = \frac{95}{100} \times (58,5 + 5,9) = 61,18 \text{ (грн.)}$$

де α_{yeo} - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 95%);

7) Витрати за статтею “ Загальновиробничі витрати ” також комплексні. Загальновиробничі витрати охоплюють витрати на управління, виробниче та господарське обслуговування в межах виробництва, а також витрати на заробітну плату з відрахуванням на соціальні заходи управлінських працівників, спеціалістів, обслуговуючого персоналу, охорону праці, тощо. Вказані витрати розраховують за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_{зв}}{100} \times (P_{від} + V_{дод.з.пл.}) \quad (3.13)$$

$$V_{зв} = \frac{110}{100} \times (58,5 + 5,9) = 64,99 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{зв}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 110%).

7. Разом виробнича собівартість ($S_{вир}$) визначається як сума витрат за пунктами 1-6.

$$S_{вир} = V_{м} + (P_{від} + V_{дод.з.пл.} + C_{в.с.з.}) + V_{yeo} + V_{зв} \quad (3.14)$$

$$S_{вир} = 465,92 + (58,5 + 5,9 + 14,2) + 61,18 + 64,99 = 670,69 \text{ (грн.)}$$

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підставі розрахованих вище даних складають калькуляцію собівартості одиниці продукції (однієї деталі) та запланованого випуску. Калькуляція собівартості представлена в табл. 3.4

Таблиця 3.4- Калькуляція собівартості

№ з/п	Найменування статей витрат	Величина витрат, грн.
1	2	3
1	Витрати матеріалів	465,92
2	Основна заробітна плата виробничих робітників	58,5
3	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	5,9
4	Відрахування на соціальні заходи	14,2
5	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	61,18
6	Загальновиробничі витрати	64,99
Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі:		670,69
7	-змінні (сума 1-4) $V_{зм.од}$	544,52
8	-умовно-постійні (сума 5-6) $V_{уп.од}$	126,17

8. Ціна одиниці продукції(одного виробу) розраховується за формулою:

$$Ц_{од.пр} = S_{пов} \times \frac{100 + \alpha_{пр}}{100} \quad (3.15)$$

$$Ц_{од.пр} = 670,69 \times \frac{100 + 34}{100} = 898,72 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ – відсоток запланованого прибутку (приймається 34%);

3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень

Розрахунок економічної ефективності інвестиційного проекту проводиться за наступними критеріями:

1) Річний прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$П_r = (Ц_{од.пр} - S_{пов.}) \times N_r \quad (3.16)$$

$$П_r = (898,72 - 670,69) \times 1550 = 353446,5 \text{ (грн.)}$$

де $П_r$ - річний прибуток від реалізації проекту, грн.;

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_{одпр}$ - ціна одиниці продукції, грн.;

$S_{пов}$ - собівартість одиниці продукції, грн.;

N_p - річна виробнича програма (план виробництва), од.

2) Чистий прибуток від реалізації проекту розраховується за формулою:

$$ЧП = П_p - П_p \times \frac{П_п}{100}, \quad (3.17)$$

$$ЧП = 353446,5 - 353446,5 \times \frac{18}{100} = 289826,13 \text{ (грн.)}$$

де ЧП - чистий прибуток від реалізації проекту, грн.;

$П_п$ - ставка податку на прибуток, % (приймається відповідно до чинного законодавства – 18%).

3) Собівартість всього виробництва розраховується за формулою:

$$S_{повq} = S_{пов} \times N_p \quad (3.18)$$

$$S_{повq} = 670,69 \times 1550 = 1039569,5 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

$$P_{п} = \frac{ЧП}{S_{повq}} \times 100\% \quad (3.19)$$

$$P_{п} = \frac{289826,13}{1039569,5} \times 100\% = 27,9 \%$$

де $P_{п}$ - рентабельність продукції, %;

$S_{повq}$ - собівартість всього виробництва, грн.

Повернення інвестованого капіталу оцінюється на основі показника грошового потоку від інвестицій.

5) Сума чистих грошових надходжень від інвестицій розраховується за формулою:

$$ГП = ЧП_t + A_t, \quad (3.20)$$

$$ГП = 289826,13 + 687,5 = 290513,63 \text{ (грн.)},$$

де $ГП_t$ - сума чистих грошових надходжень у t-му році, грн.;

A_t - величина амортизаційних відрахувань у t-му році, грн.

б) Загальний абсолютний ефект від реалізації інвестицій характеризує чиста теперішня (дисконтована) вартість проекту, яка розраховується за формулою:

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{ЧТВ} = \text{ТВ} - \text{ПІ} \quad (3.21)$$

$$\text{ЧТВ} = 264103,3 - 152750 = 111353,3 \text{ (грн.)}$$

де ЧТВ - чиста теперішня вартість проекту, грн.;

ТВ - теперішня вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту, грн.

Теперішню вартість майбутніх грошових потоків від інвестиційного проекту обчислюють за формулою:

$$\text{ТВ} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ГП}_t}{(1+r)^t} \quad (3.22)$$

$$\text{ТВ} = \frac{290513,63}{(1 + 0,1)^1} = 264103,3 \text{ (грн.)}$$

де ГП_t- грошовий потік, який очікується у t-му році від реалізації проекту, грн.;

$\frac{1}{(1+r)^t}$ - коефіцієнт коригування майбутніх сум грошових потоків (дисконтний множник);

r - норматив приведення різночасових витрат (ставка дисконту) у вигляді десяткового дробу (r = 0,1-0,2);

n - кількість років інвестування, t = 1,2, ... ,n (приймається з розрахунку виконання умови ТВ>ПІ).

Якщо чиста теперішня вартість перевищує нуль, проект має бути схвалений як прибутковий, якщо ж вона має від'ємну величину або дорівнює нулю, то проект слід відхилити, оскільки його реалізація призведе до збитків або не принесе підприємству додаткового доходу на вкладений капітал.

Іншою характеристикою інвестиційного проекту є індекс прибутковості інвестицій, який порівнює теперішню вартість майбутніх грошових потоків з початковими інвестиціями:

$$\text{ІП} = \frac{\text{ТВ}}{\text{ПІ}} \quad (3.23)$$

$$\text{ІП} = \frac{264103,3}{152750} = 1,73$$

де ІП- індекс прибутковості інвестицій.

					2024 КВР 172 403 004 000 000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проект, який має індекс прибутковості більший за одиницю, схвалюється як прибутковий, а якщо цей індекс менший за одиницю - відхиляється.

Дисконтований термін окупності інвестицій ($T_{ок_{диск}}$) характеризує кількість років, за які будуть відшкодовані початкові інвестиції та розраховується за формулою:

$$T_{ок_{диск}} = \frac{\Pi}{ГП_{диск}} \quad (3.24)$$

$$T_{ок_{диск}} = \frac{152750}{264103,3} = 0,58р$$

де $ГП_{диск}$ - середньорічна величина дисконтованих грошових потоків:

$$ГП_{диск} = \frac{ТВ}{t}, \quad (3.25)$$

$$ГП_{диск} = \frac{264103,3}{1} = 264103,3 \text{ (грн.)}$$

де t - кількість років інвестування. Підсумки вищенаведених розрахунків доцільно звести в табл. 3.5

Таблиця 3.5 Показники оцінки економічної ефективності використання елементів виробничо-ресурсного потенціалу

№ з/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річний обсяг виробництва виробу:	од.	1550
2	Собівартість виробу	грн./од.	670,69
3	Ціна одиниці виробу	грн./од.	898,72
4	Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту	грн.	91650
5	Чистий прибуток	грн.	289826,13
6	Рентабельність виробу	%	27,9
8	Чиста теперішня вартість проекту	грн.	111353,3
9	Індекс прибутковості	-	1,64
10	Дисконтований термін окупності інвестицій	років	0,58

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні методи аналізу виробничого травматизму

Метою дослідження виробничого травматизму є розробка заходів по запобіганню нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин травматизму дозволяє поділяти їх на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Організаційні: порушення законодавчих актів з охорони праці, вимог інструкцій, правил і норм, відсутність або неякісне проведення інструктажу і навчання, невиконання заходів щодо охорони праці, невідповідність норм санітарно-гігієнічних факторів, несвоєчасний ремонт або заміна несправного і застарілого обладнання.

Технічні: невідповідність вимогам безпеки або несправність виробничого обладнання, інструменту і засобів захисту; конструктивні недоліки обладнання.

Психофізіологічні: помилкові дії працівника внаслідок втоми, надмірної важкості і напруженості роботи, монотонності праці, хворобливого стану, необережності.

Санітарно-гігієнічні: надмірні рівні шуму, вібрації; несприятливі метеорологічні умови; підвищений вміст у повітрі робочих зон шкідливих речовин; наявність різних випромінювань вище допустимих значень; недостатнє або нераціональне освітлення; порушення правил особистої гігієни та інше.

Найбільш поширеними взаємодоповнюючими методами дослідження виробничого травматизму є статистичний і монографічний. Але сьогодні все більше уваги приділяють економічному, ергономічному та психофізіологічному методам.

Статистичний метод базується на аналізі статистичного матеріалу по травматизму, який накопичений на підприємстві або в галузі за декілька років.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані для цього аналізу містяться в актах за формою Н-1 і в звітах по формі 7ТНВ. Статистичний метод дозволяє всі нещасні випадки і причини травматизму групувати по статі, віку, професії, стажу роботи потерпілих, часу, місцю, типу нещасних випадків, характеру отриманих травм, виду обладнання. Цей метод дозволяє встановити найбільш поширені види травм по окремим підприємствам, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, виявити небезпечні місця, розробити і провести необхідні організаційно-технічні заходи.

При проведенні статистичного аналізу для характеристики рівня виробничого травматизму на підприємстві і в галузі використовують кількісні і якісні відносні показники, засновані на вивченні первинних документів про травматизм (актів за формою Н-1 і звітів по формі 7ТНВ). Коефіцієнт частоти травматизму розраховується на 1000 працюючих:

$$K_v = H \cdot 1000 / C, \quad (4.1)$$

де Н – число нещасних випадків та професійних захворювань, що сталися на підприємстві за звітний період і призвели до втрати працездатності на 1 добу і більше;

С – середньоспискова чисельність працюючих на підприємстві за той самий звітний період часу.

Тобто, коефіцієнт частоти травматизму K_v – це кількість нещасних випадків, які сталися у відповідний період часу (півріччя, рік), на 1000 працюючих.

Якісний показник травматизму K_m , або коефіцієнт тяжкості травматизму (нещасних випадків), характеризує середню втрату працездатності в днях, що припадають на одного потерпілого за звітний період:

$$K_m = D / H, \quad (4.2)$$

де Д – сумарне число днів непрацездатності всіх потерпілих, які втратили працездатність на добу і більше під час звітного періоду.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До цього показника не включаються випадки стійкої втрати працездатності, що не закінчилася за звітний період, і тому він повністю не характеризує тяжкості травматизму. Тобто, коефіцієнт тяжкості нещасних випадків – це середня довготривалість непрацездатності одного потерпілого, яка виражена в робочих днях за відповідний звітний період (півріччя, рік).

Крім цих показників, застосовується показник, за яким визначається кількість втрачених через травми робочих днів, що припадають на 1000 працюючих. Його називають коефіцієнтом мінімальних матеріальних збитків або коефіцієнтом трудових втрат. Він підраховується як добуток двох вищенаведених показників:

$$K_{ma} = K_q \cdot K_m = 1000 \text{ Д/С.} \quad (4.3)$$

Різновидами статистичного методу є груповий і топографічний методи. При груповому методі травми групуються за окремими однорідними ознаками: часу травмування, кваліфікації; спеціальності і віку потерпілого; видам робіт; причинам нещасних випадків та інші. Це дозволяє визначити найбільш несприятливі ділянки в організації робіт та фактичний стан умов праці в цеху, на підприємстві.

При топографічному методі всі нещасні випадки систематично наносять умовними знаками на плані розташування обладнання у цеху або на ділянці. Накопичення таких знаків на позначці робочого місця або обладнання характеризує його підвищену небезпечність і потребує відповідних профілактичних заходів.

Монографічний метод являє собою аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які властиві технологічному процесу, обладнанню, ділянці виробництва. За цим методом поглиблено аналізуються всі обставини нещасних випадків і, за необхідності, виконуються відповідні дослідження та випробування. Цей метод дозволяє не тільки проаналізувати нещасні випадки, що сталися, а й виявити потенційні небезпечні фактори, які існують на ділянці технологічного процесу або обладнання, що вивчається, а також використати

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримані результати при проектуванні виробництва та для розробки заходів з охорони праці.

Економічний метод полягає в визначенні економічної шкоди від заподіяного травматизму, визначенні економічної ефективності від затрат на розробку та впровадження заходів з охорони праці. Цей метод не дозволяє виявити причини травматизму і тому застосовується як доповнення до інших методів.

Ергономічний метод ґрунтується на комплексному вивченні системи “людина – машина – виробниче середовище”. Відомо, що кожному виду трудової діяльності відповідають визначені фізіологічні, психофізіологічні і психологічні якості людини, а також її антропометричні дані. Тому при комплексній відповідності вказаних властивостей людини до конкретної трудової діяльності можлива ефективна і безпечна робота. Порушення відповідності може призвести до нещасного випадку.

При такому аналізі травматизму слід враховувати, що здоров’я і працездатність людини залежать від біологічних ритмів функціонування організму під впливом фізичних явищ. Дія таких явищ, як іонізація атмосфери, магнітне і гравітаційне поле Землі, активність Сонця, гравітація Місяця та інші, викликає відповідні зміни в організмі людини, що змінюють її поведінку. Це може призвести до зниження сприйняття змін у навколишньому середовищі і до нещасних випадків.

Статистичний, економічний, ергономічний методи аналізу травматизму трудомісткі, тому для більш ефективного використання інформації необхідно застосовувати ЕОМ.

4.2 Питання безпеки при експлуатації електроустановок високих, надвисоких та ультрависоких частот

Державна політика в галузі промислової безпеки та охорони праці ґрунтується за принципом пріоритетності життя людини над результатами вироб-

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ				

ничої діяльності. Сьогодні безліч різних електроустановок використовуються в промисловості, будівництві, житлово-комунальному господарстві, на транспорті, в сільському господарстві та інших галузях, в медичних, культурних закладах та в побуті.

Поєднання зусиль органів державної влади, громадських, профспілкових організацій та роботодавців у вирішенні загальних проблем запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням є також важливим питанням. За таких умов великого значення набувають саме питання безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

При експлуатації електроустановок споживачів, одним із основних нормативно-правових актів з охорони праці є НПАОП 40.1-1.21-98 – «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Вимоги цих Правил поширюються на працівників, що обслуговують діючі електроустановки споживачів напругою до 220 кВ включно і є обов'язковими для всіх споживачів та виробників електроенергії, незалежно від їх відомчої належності і форм власності на засоби виробництва.

Під час експлуатації діючих електроустановок, електричних станцій, електричної частини пристроїв теплової автоматики, теплотехнічного вимірювання і захисту, засобів дистанційного керування, сигналізації і технічних засобів автоматизованих систем керування, засобів диспетчерського і технологічного керування в енергосистемах, районних котелень, що обслуговуються споживачами, під час виконання в них монтажних, налагоджувальних, випробувальних, ремонтних і будівельних робіт повинні виконуватись вимоги цих Правил. В цих Правилах викладені основні вимоги, щодо убезпечення працівників під час експлуатації електроустановок.

Первинні засоби пожежогасіння, які застосовуються в електроустановках, мають відповідати Правилам пожежної безпеки в Україні – НАПБ А.01.001-2004. Електрообладнання, конструкції, комплектувальні деталі, вуз-

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ли вітчизняного та іноземного виробництва повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів в Україні.

Електрообладнання, яке підлягає в Україні обов'язковій сертифікації, повинно супроводжуватись сертифікатом відповідності або свідоцтвом про визнання іноземного сертифіката згідно з Державною системою сертифікації УкрСЕПРО.

Машини, механізми, пристосування і інструмент, що застосовуються в електроустановках, повинні бути справні і випробувані відповідно до чинних нормативних документів і строків. У разі постачання електрообладнання з-за кордону організація – замовник повинна отримати сертифікат відповідності до укладення контракту на його поставку.

Паспорт, інструкція та інша експлуатаційна документація, що поставляється з обладнанням чи виробами, повинна мати переклад українською мовою.

Можливі відхилення від нормативної документації повинні бути узгоджені з Держпраці, Держстандартом та організацією-замовником до укладання контракту на їх постачання. Копії погоджень і сертифікати долучаються до паспорта обладнання або виробу.

Для організації безпечної експлуатації електроустановок споживачів, керівник підприємства зобов'язаний забезпечити утримання, експлуатацію і обслуговування електроустановок відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Для цього він повинен:

- призначити відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електрогосподарства з числа інженерно-технічних працівників, які мають електротехнічну підготовку і пройшли перевірку знань у встановленому порядку (далі – особа, відповідальна за електрогосподарство);
- забезпечити достатню кількість електротехнічних працівників;

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– затвердити Положення про енергетичну службу підприємства, а також посадові інструкції і інструкції з охорони праці;

– встановити такий порядок, щоб працівники, на яких покладено обов’язки з обслуговування електроустановок, вели ретельні спостереження за дорученим їм обладнанням і мережами – оглядом, перевіркою дії, випробуванням і вимірюванням;

– забезпечити перевірку знань працівників у встановлені строки згідно з вимогами “Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів»;

– забезпечити проведення протиаварійних, приймально-здавальних і профілактичних випробувань та вимірювань електроустановок згідно з правилами і нормами (ПТЕ);

– забезпечити проведення технічного огляду електроустановок.

При експлуатації електроустановок споживачів повинні виконуватись організаційні заходи, що убезпечують працівників під час роботи та технічні заходи, що створюють безпечні умови виконання робіт.

До основних організаційних заходів відносять:

1. Роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються: за нарядами-допуском (далі нарядом), за розпорядженням та в порядку поточної експлуатації.

2. Організаційними заходами, якими досягається безпека робіт в електроустановках, є:

– затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;

– призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;

– оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;

– підготовка робочих місць;

– допуск до роботи;

– нагляд під час виконання робіт;

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення.

До технічних заходів, що створюють безпечні умови виконання робіт відносять:

- порядок підготовки робочого місця;
- вимикання (зняття напруги);
- вивішування плакатів безпеки. Обгородження робочого місця;
- перевірка відсутності напруги;
- встановлення заземлень.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи було здійснено розробку конструкції «Багатофункціональний частотомір». Проведено вибір елементної бази на основі сучасних і поширених радіоелементів.

Проведено розрахунок друкованого монтажу в результаті якого визначено ширину друкованих провідників, відстань між друкованими провідниками, між провідником і контактною площадкою, діаметри монтажних отворів.

В технологічній частині кваліфікаційної роботи була проведена кількісна і якісна оцінка технологічності. Розроблена конструкція даного пристрою являється технологічною і з деякими доробками може впроваджуватися у виробництво. Розроблена маршрутно-операційна технологія складання друкованого вузла і виробу.

При проектуванні друкованого вузла була використана система автоматичного проектування Altium Designer, за допомогою якої було здійснено встановлення елементів і трасування друкованих провідників на друкованій платі приладу. В результаті отримано двосторонню друковану плату мінімальних розмірів 90×90мм з координатною сіткою 2,5мм. Також отримана плата має мінімальні паразитні зв'язки.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Елементи розміщені на друкованому вузлі досить компактно. Конструкція друкованого вузла є проста, конструкція корпусу виробу є також проста.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Багатофункціональний частотомір [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2024).
2. Конденсатор ЕСАР [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.radiolibrary./reference/transformers-tn/tn20.html>(дата звернення 1.02.2024).
3. Резистор MFP [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod.. (дата звернення 3.02.2024).
4. Конденсатор В32529 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal.www.vprl. (дата звернення 1.02.2024).
5. Індикатор FYQ-3641AHR-11 [електронний ресурс] – Режим доступу <http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 3.02.2024).
6. Кнопка тактова FSM16JH [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 4.02.2024).
7. Діод 1N4148 "Diotec" [електронний ресурс] – Режим доступу: URL <http://studies.in.ua/bjd-zaporojec/1211-173-osnovn-tehnchn-ta-organzacyn-zahodischodo-proflaktiki-virobnichogo-travmatizmu-ta-profesynoi-zahvoryuvanost.html>(дата звернення 4.02.2024).
8. Кварцовий резонатор КХ-3НТ [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2024).
9. Мікросхема PIC16F628A-I/P [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2024).
10. Мікросхема 74НС138N [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2024).

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Мікросхема NCP551SN50T1 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.chipdip./product/asw-09-102-red>(дата звернення 1.02.2024).
12. Транзистор BF998 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/leg-12_62137.html(дата звернення 1.02.2024).
13. Транзистор IRLML6402 [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://eandc./catalog/detail.php?ID=3809>(дата звернення 1.02.2024).
14. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>(дата звернення 4.02.2023).
15. Ємельянов В.В. Конспект лекцій з дисципліни “Системи мобільного зв’язку”, частина 2 – “Радіопередавальні та радіоприймальні пристрої” для студентів усіх форм навчання спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. – Харків, Харківський національний університет радіоелектроніки, 2018. – 74 с.
16. Денисюк В.О., Цирульник С.М. Мікропроцесорні системи управління: навч. посіб. Вінн. нац. аграр. ун-т. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 204 с.
17. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzgzOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ0S4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ.*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXkyS4-INX14bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGIhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZ1QwY0Z1M3hubEEIM0QIM0Q(дата звернення 28.05.2024).
18. Магро В. І., Рябчій В. Д., Гусєв О. Ю. Вимірювання сигналів у радіотехніці: навч. посіб. Міністерство освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2018. 191 с.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації : навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 332 с.

20. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 220 с.

21. Дипломне проектування URL:
<https://eguru1.tk.te.ua/course/view.php?id=390> Готра З. Ю. Технологія електронної техніки. Том 1 Навчальний посібник у двох томах. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. Т. 1. 888 с.

22. Готра З. Ю. Технологія електронної техніки. Том 2 Навчальний посібник у двох томах. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. Т. 1. 884 с.

23. Курило І. В., Губа С.К. Основи технології напівпровідникових матеріалів

24. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 240 с.

25. Губар В. Г., Адаменко І. О. Фізико-теоретичні основи проектування радіоелектронної апаратури. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 221 с.

					2024.КВР.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б 3D модель пристрою

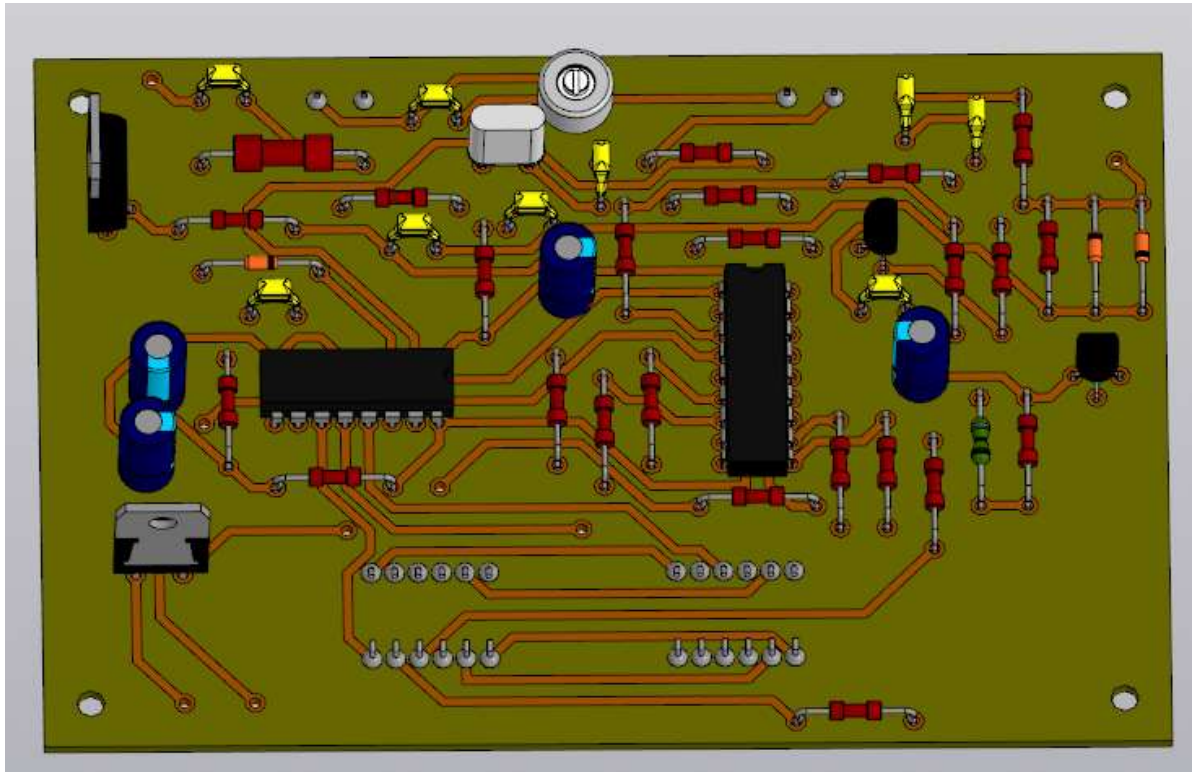


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

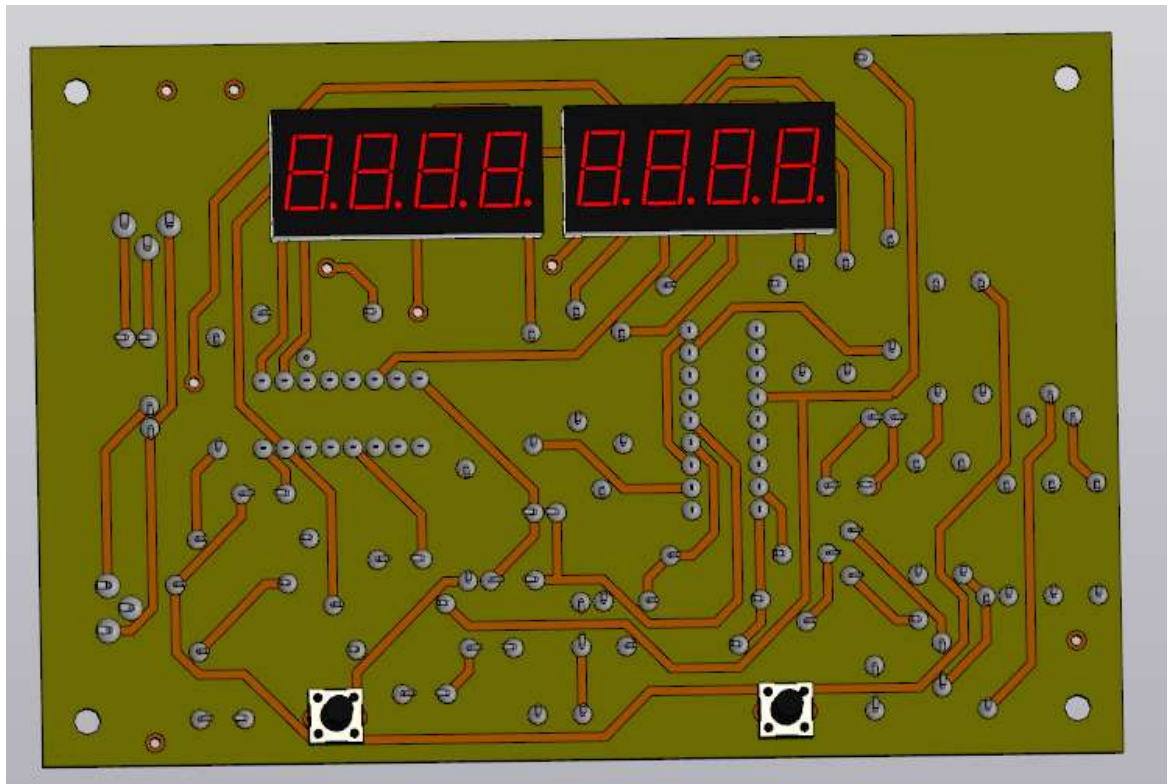


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ

Арк.

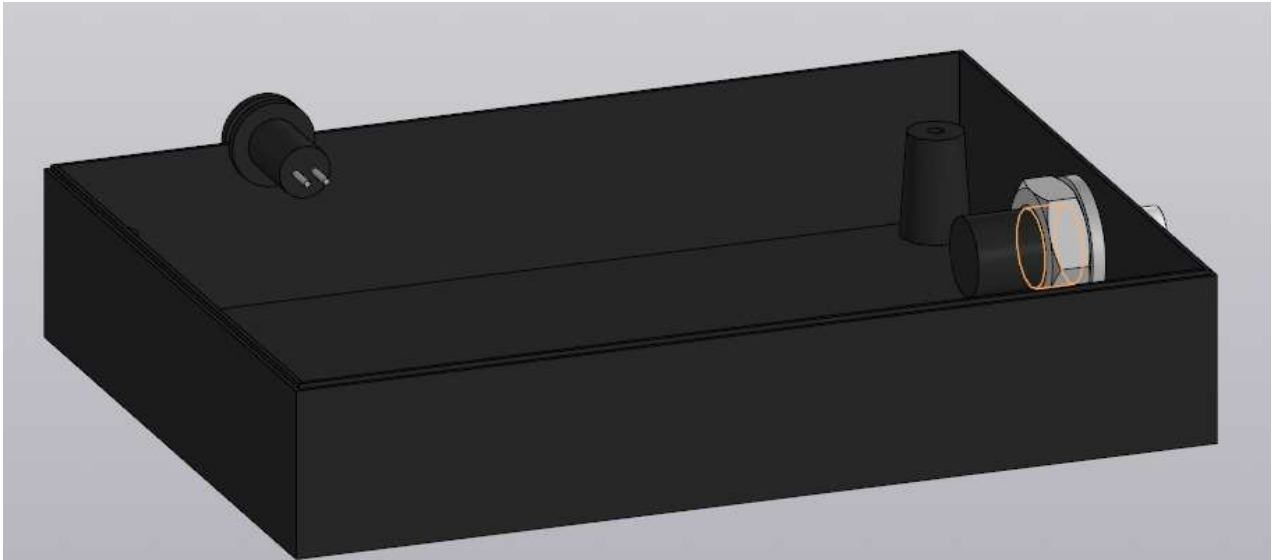


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка



Рисунок Б.4 – 3D модель пристрою, нижня кришка знизу

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

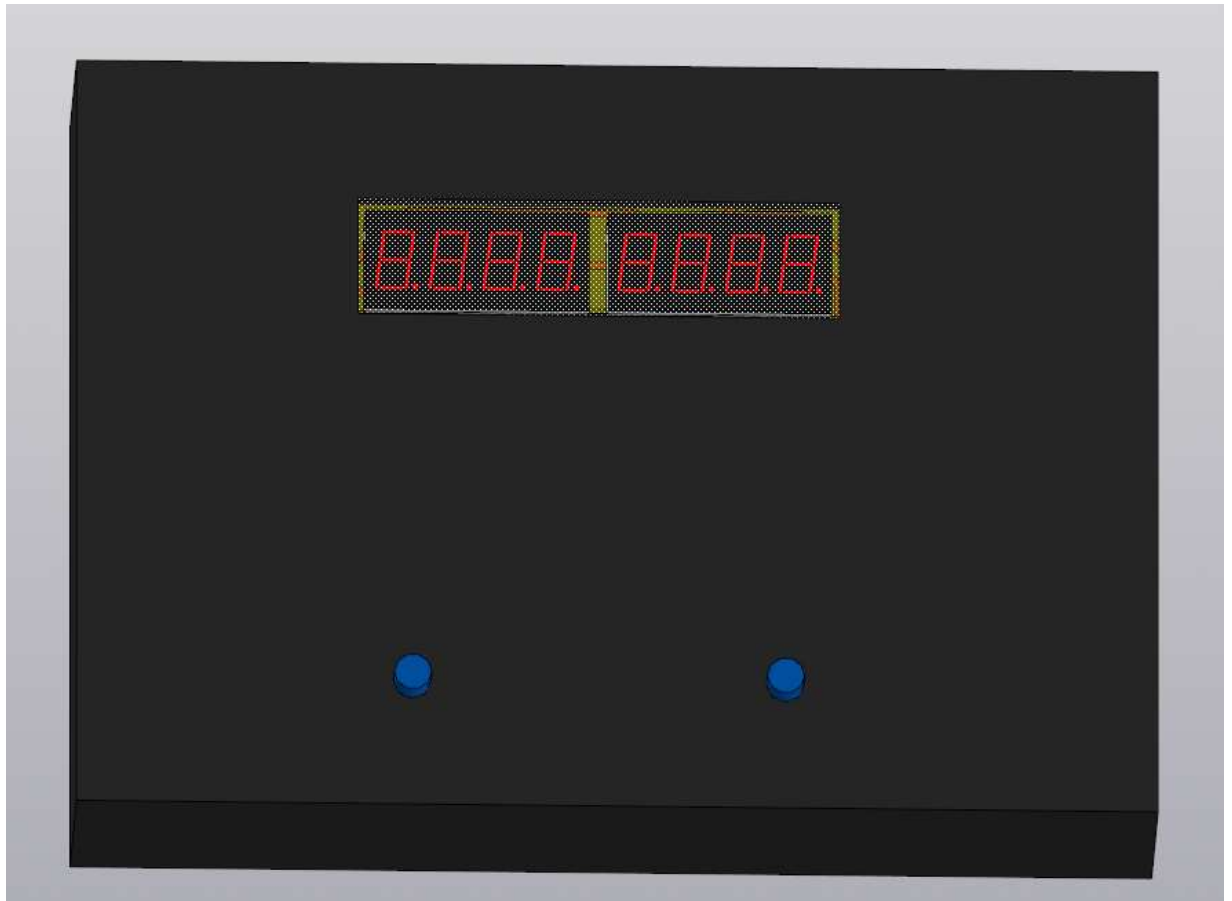


Рисунок Б.5 – 3D модель пристрою, вигляд верхньої кришки

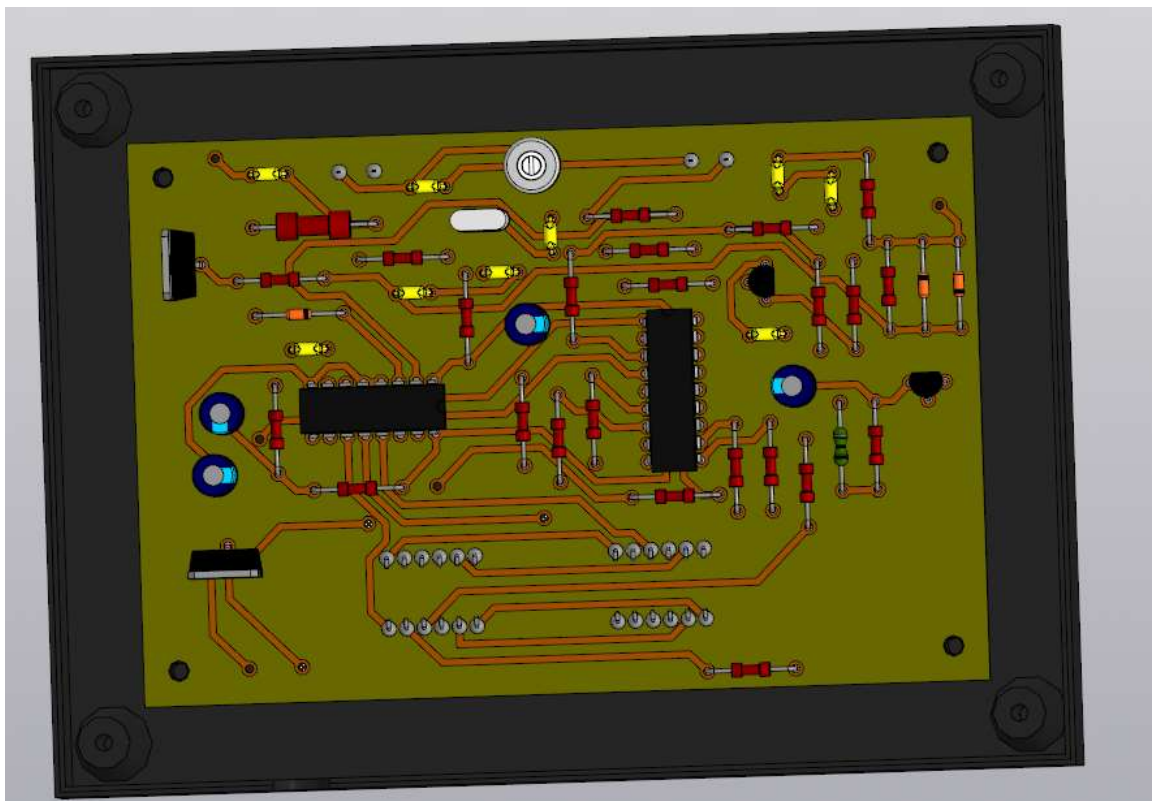


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, вигляд верхньої кришки
знизу

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок Б.7 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку



Рисунок Б.8 – 3D модель пристрою, загальний вигляд

					2024.KBP.172.403.004.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		