

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)

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фаховий молодший бакалавр

(освітньо-професійний ступінь)

на тему: Розробка конструкції 7-канального електронного ключа

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)

Руслан ДЗЕКАН

(прізвище та ініціали)

Керівник

Віктор ЗАДОРОЖНИЙ

(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 Руслан Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розробка конструкції 7- канального електронного ключа

керівник кваліфікаційної роботи Задорожний Віктор Юліанович
(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 Обов'язки роботодавця щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці
 - 4.2 Первинні засоби пожежогасіння
- 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)

Руслан ДЗЕКАН

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Віктор ЗАДОРЖНИЙ

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| АНОТАЦІЯ | 7 |
| ВСТУП. Призначення і область застосування радіопристрою..... | 9 |
| РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА | 10 |
| 1.1 Розробка технічного завдання | 10 |
| 1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу | 10 |
| 1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз..... | 11 |
| РОЗДІЛ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА | 12 |
| 2.1 Розрахунково-конструкторська частина..... | 12 |
| 2.1.1 Опис компонування виробу. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів | 12 |
| 2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції. | 16 |
| 2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази | 17 |
| 2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів | 24 |
| 2.1.5 Опис конструкції друкованої плати. Розрахунок параметрів друкованого монтажу | 26 |
| 2.1.7 Розрахунок надійності проектного пристрою..... | 29 |
| 2.1.8 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності..... | 30 |
| 2.2 Технологічна частина..... | 31 |
| 2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектного виробу. Вибір типу технології..... | 31 |
| 2.2.2 Якісна оцінка технологічності конструкції. Вибір інструментів, пристосувань, оснастки | 33 |
| 2.2.3 Опис технології виготовлення друкованої плати. Вибір основних та допоміжних матеріалів | 35 |

| | | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|--------|------|---------------------------------|------|--------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | Лзекан Р.В. | | | | Літ. | Арк. | Аркуші |
| Перевір. | Заппожни | | | | 5 | | |
| Рецензент | | | | | ВСП ТФК ТНТУ ТР- | | |
| Н. Контр. | Заппожни | | | | 403ск | | |
| Затверд. | | | | | | | |

7 - каналний
електронний ключ
Пояснювальна записка

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5 Розробка і оформлення маршрутної технології складання і монтажу виробу..... | 38 |
| РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... | 40 |
| 3.1 Розрахунок обсягу інвестицій, необхідних для реалізації проектних рішень | 40 |
| 3.2 Розрахунок собівартості продукції..... | 42 |
| 3.3 Оцінка економічної ефективності та доцільності впровадження проектних рішень..... | 46 |
| РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 50 |
| 4.1 Обов'язки роботодавця щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці..... | 50 |
| 4.2 Первинні засоби пожежогасіння..... | 52 |
| ВИСНОВКИ..... | 56 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 57 |
| ДОДАТКИ..... | 60 |

АНОТАЦІЯ

Дзекан Р.В. Розробка конструкції “ 7 – каналний електронний ключ: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фаховий молодший бакалавр, за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2024.

В проекті розроблена з використанням системи автоматизованого проектування двостороння плата друкована. Елементи на платі розташовані дуже компактно, тому розміри плати мінімальні - 100 * 95 мм. Всі основні елементи знаходяться на одній стороні плати, а на іншій - п'ять індикаторів та сім кнопок, а також роз'єм ХР1.

Розміри корпусу становлять 144×138×52 мм. Органи управління та індикації кріпляться н верхній кришці.

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: ключ, електронний, друкована плата, вихідна напруга, управління.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ABSTRACT

Dzekan R.V. Development of the design "7-channel electronic key: qualification work for obtaining the educational and professional degree of junior bachelor, specialty 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, so the dimensions of the board are minimal - 100 * 95 mm. All the main elements are on one side of the board, and on the other - five indicators and seven buttons, as well as the XP1 connector.

The body dimensions are 144×138×52 mm. Controls and indicators are attached to the top cover.

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, is unified and developed taking into account typical technological processes in the field of electronic devices production, which ensures a quick return on investment.

Key words: key, electronic, printed circuit board, output voltage, control.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

У сучасному світі питання безпеки та обмеження доступу до конфіденційної інформації та важливих об'єктів є надзвичайно важливим. Одним із ефективних рішень цієї проблеми є використання багатоканальних електронних ключів. Розробка та впровадження 7-канального електронного ключа дозволяє значно підвищити рівень безпеки, забезпечуючи доступ лише авторизованим особам.

Сучасні мікроконтролери, такі як ATtiny2313A, надають широкі можливості для створення таких ключів, завдяки своїм програмним та апаратним ресурсам. Використання енергонезалежної пам'яті (EEPROM) для зберігання секретного коду гарантує його збереження навіть при вимкненні живлення, що забезпечує надійність та зручність використання. Легкість перепрограмування коду дозволяє швидко адаптувати систему безпеки до нових вимог і умов.

Таким чином, впровадження 7-канального електронного ключа є актуальним і необхідним для підвищення рівня захисту об'єктів різного призначення, що робить його важливою складовою сучасних систем безпеки [1].

Основне завдання пристрою - обмежити доступ і звужити коло осіб, які можуть мати доступ до певного об'єкта (наприклад, виробу, пристрою тощо). Це може стосуватися таких речей, як осередки банківських сейфів або складові частини складного електронного пристрою, доступ до яких можна обмежити за допомогою контрольних або керуючих ланцюгів.

Одноканальний кодовий замок є окремим випадком такого електронного ключа. Завдяки програмним і апаратним ресурсам мікроконтролера ATtiny2313A можна розробити простий багатоканальний електронний ключ з легким у використанні інтерфейсом. Секретний код, збережений в енергонезалежній пам'яті мікроконтролера, не губиться при вимкненні живлення і легко перепрограмується, використовуючи лише апаратні ресурси самого мікроконтролера [1].

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | | | | |

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Розробка технічного завдання

Технічні дані проєктованого пристрою:

1. Розміри виробу144*138*52мм;
2. Температура працездатності.....0...+30°C;
3. Відносна вологість90%.
4. Напруга живлення, В +5,5;
5. Середній струм споживання в робочому режимі, мА 100. ..200;
6. Струм споживання в сплячому режимі, мкА, не більше 10.

1.2 Вибір і опис структурної схеми виробу

В схему 7 – каналного електронного ключа входять такі вузли: живлення виробу ~220В, восьмирозрядний синхронний регістр, мікроконтролер, управління та індикація виробу та вихід навантаження.

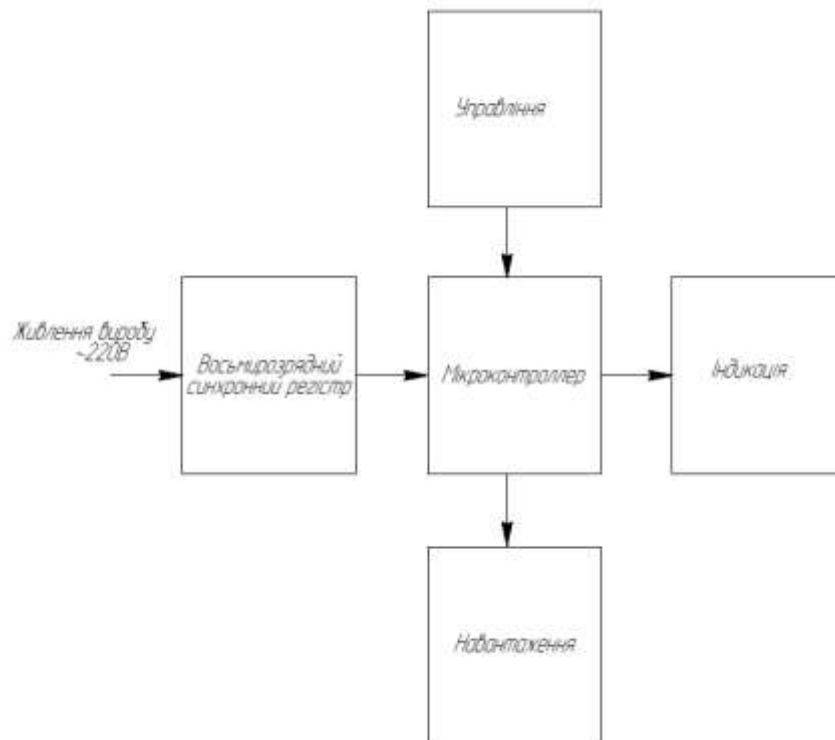


Рисунок 1.1-Схема структурна 7 – каналного електронного ключа

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.3 Опис принципу роботи схеми електричної принципової та її аналіз

ліз

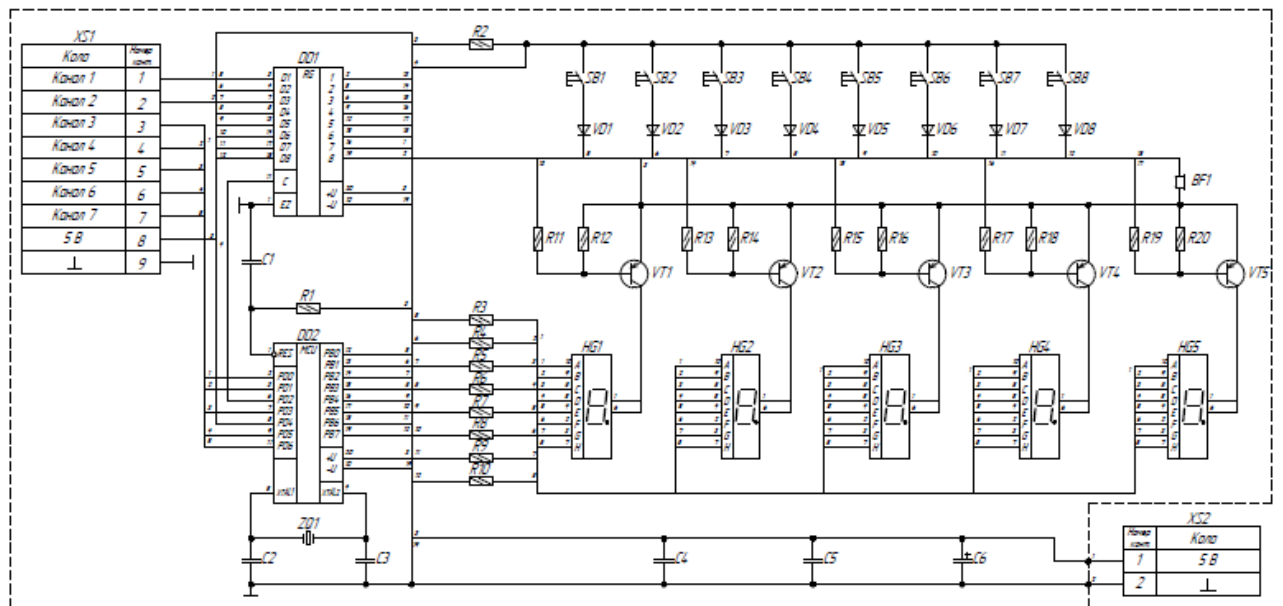


Рисунок 1.2-Схема принципова 7 – каналного електронного ключа

Зібраний пристрій базується на мікроконтролері ATtiny2313A (DD2) та восьмирозрядному синхронному регістрі SN74LS374N від Texas Instruments (DD1). Розглянемо його основні функціональні вузли. Робоча частота мікроконтролера задається кварцевим резонатором ZQ1 на 10 МГц. Порт PB управляє динамічною індикацією на цифрових семисегментних індикаторах HG1-HG5 та транзисторах VT1-VT5. Резистори R3-R10 обмежують струм для елементів індикаторів. Для роботи клавіатури використовується лінія PD4 (вивід 8) порту PD мікроконтролера.

Живлення +5 В надходить на пристрій через XS2, а конденсатор С6 фільтрує пульсації в ланцюгах живлення. Блокувальні конденсатори С4 та С5 підключені до ланцюгів живлення регістра DD1 та мікроконтролера DD2 відповідно. Регістр DD1 використовується для збільшення кількості вихідних ліній. Пристрій має сім незалежних каналів. Для активації каналу 1 потрібно ввести секретний код №1, для каналу 2 — секретний код №2 і т. д. Вихідні сигнали

каналів знімаються з контактів 1-7 роз'єму XS1. Після подачі живлення всі сигнали мають рівень лог. 1.

Інтерфейс пристрою включає п'ятиразрядний дисплей на семисегментних індикаторах HG1-HG5 і клавіатуру з кнопками SB1-SB8. Перші чотири індикатори відображають введений код, п'ятий — номер активованого каналу. Апаратні ресурси мікроконтролера використовуються повністю.

Алгоритм роботи пристрою містить 14 режимів. Перші сім — це режими введення робочих кодів (№1 для коду №1, №2 для коду №2 і т. д.). Якщо введений код співпадає із секретним для відповідного каналу, на контакті роз'єму XS1 на 5 с встановлюється рівень лог. 0 (сигнал "Канал N", де N — номер каналу). Режими №8-14 — це режими введення секретних кодів в EEPROM мікроконтролера (№8 для каналу 1, №9 для каналу 2 і т. д.).

Призначення кнопок клавіатури:

SB1-SB6 — кнопки введення коду доступу, позначені цифрами від "1" до "6". Введений код відображається на дисплеї.

SB7 ("K") — кнопка вибору каналів 1-7 (на індикаторі HG5 відображається відповідний номер каналу).

SB8 ("З/Р") — кнопка вибору режиму роботи ("Запис" або "Робочий режим") для каналів 1-7. У режимі "Запис" у четвертому розряді дисплея (HG4) індикуються десяткова точка.

Алгоритм роботи пристрою наступний. Після включення живлення ланцюг R1C1 формує на вході мікроконтролера сигнал системного скидання. На дисплеї з'являється число 0001. Мікроконтролер чекає введення чотиризначного коду. Спочатку необхідно записати секретний код для кожного каналу. Натисканням кнопки SB8 ("З/Р") вибираємо режим "Запис" і вводимо код для каналу 1. Мікроконтролер індикуює його на дисплеї і записує в EEPROM. Після введення коду натискаємо будь-яку з кнопок SB1-SB6, і код записується в EEPROM мікроконтролера, стаючи секретним для каналу 1. На дисплеї знову індикуються нулі. Кнопкою SB7 ("K") вибираємо наступний канал і повторює-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

мо операції для каналу 2 і т. д. Для виходу з режиму запису натискаємо кнопку SB8, при цьому десяткова точка на індикаторі HG4 гасне. Пристрій готовий до роботи.

У робочому режимі мікроконтролер чекає введення чотиризначного коду. Введений код відображається на дисплеї і записується в ОЗП. Після введення коду і натискання кнопки SB1-SB6 мікроконтролер порівнює його із записаним в EEPROM. Якщо коди співпадають, на 5 с подається сигнал на активацію відповідного каналу (лог. 0 на виході) і звуковипромінювача BF1. Через 5 с мікроконтролер вимикає сигнал (встановлює на виході каналу лог. 1), знеструмлює звуковипромінювач і обнуляє дисплей. Якщо коди не співпадають, мікроконтролер обнуляє дисплей (індикація 0001), але не змінює стан вихідного сигналу каналу. Доступ до кнопки SB8 повинен бути обмежений.

У програмі використовуються два переривання: Reset і переривання таймера TO, обробник якого починається з мітки TIM0. При перериванні Reset ініціалізуються стек, таймер, порти, прапори і змінні. В обробнику переривання таймера TO здійснюються опитування кнопок SB1-SB8, динамічна індикація, перекодування двійкового числа для відображення на семисегментних індикаторах, формування інтервалу 5 с для зміни вихідних сигналів каналу і запису та читання коду в EEPROM мікроконтролера. [1].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | 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 друкованої плати для 7-канального електронного ключа було розроблено з урахуванням кількох критичних факторів: функціональності, мінімізації перешкод, забезпечення належного тепловідведення та зручності обслуговування.

Основні функціональні вузли:

Мікроконтролер ATtiny2313A (DD2):

Розташований в центрі плати для оптимального зв'язку з іншими компонентами.

Кварцевий резонатор ZQ1 на 10 МГц розташований поблизу для мінімізації довжини з'єднань, що забезпечує стабільність робочої частоти.

Восьмирозрядний синхронний регістр SN74LS374N (DD1):

Розміщений поруч із мікроконтролером для зменшення затримок сигналу та мінімізації індуктивності з'єднань.

Цифрові семисегментні індикатори (HG1-HG5):

Розташовані у верхній частині плати для зручного візуального контролю введення коду та активації каналів.

Транзистори VT1-VT5 розміщені біля індикаторів для керування динамічною індикацією.

Клавіатура (SB1-SB8):

Розташована на краю плати для зручності доступу користувача.

Лінія PD4 порту PD мікроконтролера з'єднана з клавіатурою для реєстрації введення даних.

Елементи живлення і заземлення:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Живлення +5 В надходить через роз'єм XS2.

Конденсатор С6 фільтрує пульсації в ланцюгах живлення.

Блокувальні конденсатори С4 і С5 включені в ланцюги живлення мікроконтролера і регістра відповідно.

Вихідні роз'єми:

Контакти 1-7 роз'єму XS1 використовуються для вихідних сигналів каналів.

Розташовані на іншому краю плати для зручного підключення зовнішніх пристроїв.

Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів і покриттів

Матеріали друкованої плати:

FR4 (епоксидний склотекстоліт): Використовується для основи плати завдяки своїм відмінним механічним і електричним властивостям, стабільності розмірів, стійкості до високих температур та низьким діелектричним втратам.

Мідь: Для провідникових доріжок використовується шар міді товщиною 35 мікрон (1 унція на квадратний фут). Це забезпечує хорошу електропровідність і міцність доріжок.

Покриття друкованої плати:

Лужне покриття (HASL): Використовується для захисту мідних доріжок від окислення та забезпечення надійного паяння компонентів.

Паяльна маска: Зелена паяльна маска використовується для захисту мідних доріжок від коротких замикань, вологи та механічних пошкоджень.

Шовкотрафаретний друк: Для нанесення маркування компонентів та інструкцій, що полегшує монтаж і обслуговування плати.

Тепловідведення:

Для потужних компонентів, таких як регістри та мікроконтролери, забезпечується належне розміщення з урахуванням вентиляції та тепловідведення. Передбачено місця для радіаторів і відведення тепла, що знижує ризик перегріву та підвищує надійність роботи пристрою.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Компонування друкованої плати 7-канального електронного ключа розроблено з урахуванням функціональності, надійності та зручності обслуговування. Вибір конструкційних матеріалів і покриттів забезпечує захист, стабільність та ефективну роботу плати. Використання якісних матеріалів, таких як FR4 та мідь, а також застосування захисних покриттів, сприяє тривалому терміну експлуатації та надійності пристрою [21].

2.1.2 Обґрунтування вибору конструкції

Друкована плата, зроблена за допомогою комбінованого процесу з двосторонньої фольги зі скловолокна СФ2-35-ІКП (згідно з ГОСТ10316-78), має товщину 1,5 мм. Під час цього процесу незахищені ділянки плівки видаляються для формування друкованої плати, а отвори ЕРЕ металізуються. Цей метод трохи складніший та дорожчий, ніж мінералізація, і потребує більш складних процесів.

Елементи на платі розташовані дуже компактно, тому розміри плати мінімальні - 100 * 95 мм. Всі основні елементи знаходяться на одній стороні плати, а на іншій - п'ять індикаторів та сім кнопок, а також роз'єм ХР1. У пристрої відсутні елементи, які виділяють велику кількість тепла.

Корпус виготовлений з чорної пластмаси, яка має відмінні характеристики, зовнішній вигляд та конструкцію. Розміри корпусу становлять 144×138×52 мм. Верхня та нижня 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 індикатори та сім накладок під кнопки, а також про-сувується роз'єм у отвори. Верхня кришка має отвори для кращого звучання зумера. У спеціальний паз встановлюється роз'єм живлення. До нижньої кришки також кріпляться ніжки. Корпус вилитий методом лиття під тиском.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

При виготовленні апаратури головною метою є мінімізація впливу магнітних полів та зменшення паразитної ємності між друкованими провідниками. Продукт має забезпечувати зручне керування та приємну роботу завдяки естетичному вигляду та невеликим розмірам [20].

2.1.3 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Таблиця 2.1- Конденсатор ЕСАР [2]

| | |
|-----------------------------|----------------|
| Позиційне позначення | С6 |
| Назва компонента | ЕСАР |
| Виробник | Jamoson |
| Параметри та характеристики | |
| Параметри конструкції | Див.рис.2.1 |
| Номінальна напруга | 25В |
| Номінальна ємність | 10мкФ |
| Допуск ємності | ± 20% |
| Термін служби | 2000 г |
| Робоча температура | -55 ... 105 °С |
| Тангенс кута втрат,% | 0,14 |

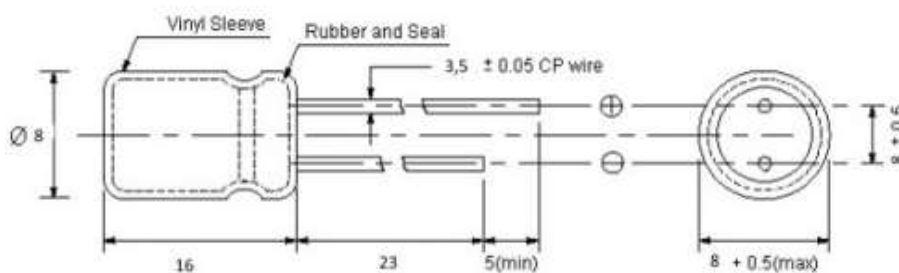


Рисунок 2.1- Габаритні розміри конденсатора типу ЕСАР

Таблиця 2.2- Резистор MFP [3]

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| Позиційне позначення | R1-R20 |
| Назва компонента | MFP |
| Виробник | Yageo |
| 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 |

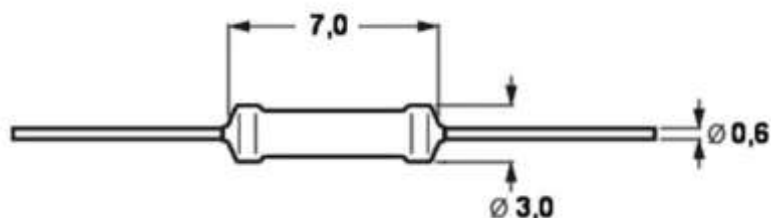


Рисунок 2.2- Габаритні розміри резисторів MFP " Yageo "

Таблиця 2.3- Конденсатор NPO [4]

| | |
|--|---|
| Позиційне позначення | C1-C5 |
| Назва компонента | Конденсатор NPO |
| Виробник | Murata |
| 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 |

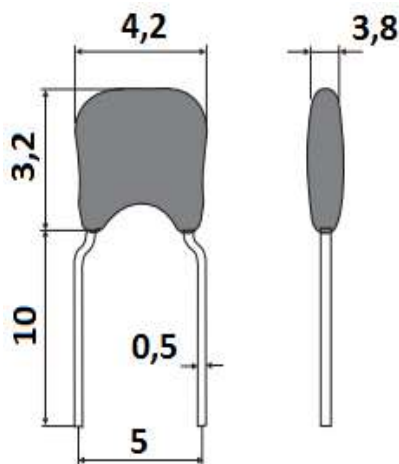


Рисунок 2.3- Габаритні розміри конденсатора NPO -"Murata"

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ

Арк.

Таблиця 2.4- Індикатор HDSP-F501 "Broadcom" [5]

| | | |
|--|--|--|
| Позиційне позначення | HG1 – HG5 | |
| Назва компонента | Індикатор HDSP-F501 | |
| Виробник | "Broadcom" | |
| Критерії вибору | Розміри, колір підсвічування, споживання | |
| Параметри конструкції | Див.рис.2.4 | |
| Параметри та характеристики | | |
| Тип індикатора | 1DIG | |
| Колір | зелений | |
| Схема включення | CA | |
| Висота символу (hсимв), дюйм (мм) | 0.4" (10.16 мм) | |
| Тип монтажу | ТНТ | |
| Довжина хвилі (λв), нм | 566 | |
| Струм споживання (Іпотр), ма | 30 | |
| Робоча температура (Траб), ° С | -40 ... +100 | |
| Габаритні розміри (LxWxH), мм | 9.79x12.9x6.36 | |
| Максимальне падіння напруги (Uf(max)), | 2.1 | |

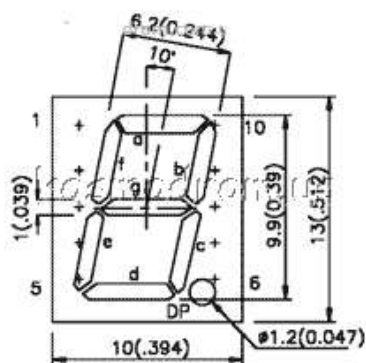


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд індикатора HDSP-F501

Таблиця 2.5- Кнопка тактова PBS-11A "Jietong Switch" [6]

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--|
| Позиційне позначення | SB1-SB7 | |
| Назва компонента | Кнопка тактова PBS-11A | |
| Виробник | "Jietong Switch" | |
| 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.172.403.006.000.000 ПЗ

Арк.

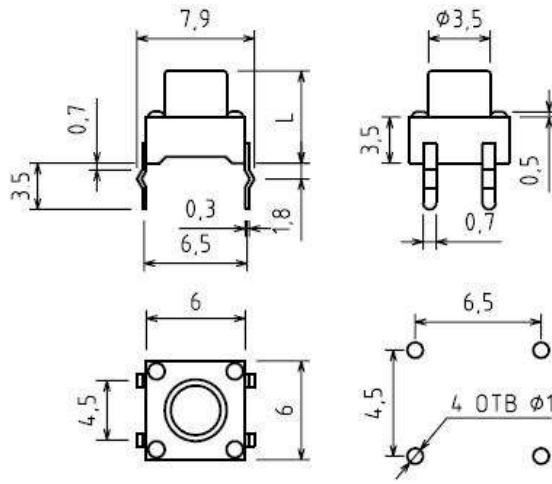


Рисунок 2.5- Габаритні розміри кнопки PBS-11A

Таблиця 2.6- Діод 1N4148 "Diotec" [7]

| | |
|------------------------------------|--|
| Позиційне позначення | VD1-VD8 |
| 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 |

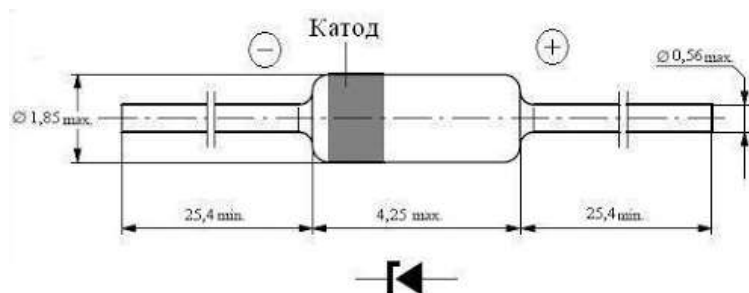


Рисунок 2.6 – Габаритні розміри діода 1N4148

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ

Арк.

Таблиця 2.7- Кварцвий резонатор НС-49U-16 МГц [8]

| | |
|-------------------------------|--|
| Позиційне позначення | ZQ1 |
| Назва компонента | Кварцевий резонатор НС-49U-16 МГц |
| Виробник | "АСТ" |
| Критерії вибору | Виділення електричних коливань певної частоти або смуги частот 16МГц |
| 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 | 200ом |

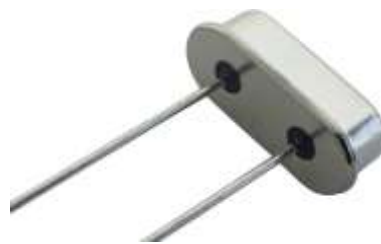


Рисунок 2.7– Зовнішній вигляд кварцовий резонатор НС-49U

Таблиця 2.8 - Випромінювач звуку НРМ14АХ [9]

| | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Позиційне позначення | BF1 |
| Назва компонента | Випромінювач звуку НРМ14АХ |
| Виробник | "JL World" |
| Критерії вибору | Перетворювач, магнітний, зумер |
| Параметри та характеристики | |
| Резонансна частота | 2,3 кГц |
| Номінальна напруга | 3 В |
| Споживаний струм | не більше 30 мА |
| Діапазон робочих температур | -40...+85 °С |
| Вага: | 2г |
| Висота | 9,5мм |
| Діаметр | 12мм |



Рисунок 2.8- Зовнішній вигляд випромінювача звуку НРМ14АХ

Таблиця 2.9 - Мікросхема ATtiny2313A-PU [10]

| | |
|-----------------------------|--|
| Позиційне позначення | DD2 |
| Назва компонента | Мікросхема ATtiny2313A-PU |
| Виробник | "Microchip" |
| Критерії вибору | Мікроконтролер AVR 2К-Флеш-пам'ять/128-ОЗП/Таймер/Лічильник, сторожовий таймер електроживлення 2.7-5.5 В |
| Параметри конструкції | Див.рис.2.9 |
| Параметри та характеристики | |
| Ядро | avr |
| Ширина шини | даних 8-біт |
| Тактова частота | 20 мгц |
| Кількість входів/виходів | 18 |
| Об'єм пам'яті програм | 2 кбайт (1k x 16) |
| Тип пам'яті | програм flash |
| Об'єм EEPROM | 128x8 |
| Вбудовані інтерфейси | i2c, spi, uart |
| Вбудована периферія | brown-outdetect/reset, por, pwm, wdt |
| Напруга живлення | 1.8...5.5 |
| Робоча температура | -40...+85c |
| Корпус | DIP-20(0.300 inch) |
| Вага, г | 2.5 |

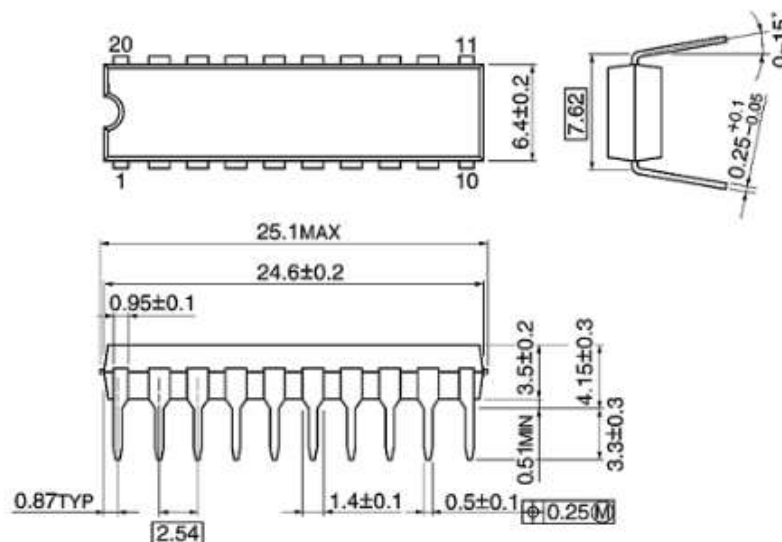


Рисунок 2.9—Габаритні розміри мікросхеми ATtiny2313A-PU

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ

Арк.

Таблиця 2.10- Мікросхема SN74LS374N [11]

| | |
|--------------------------------|---|
| Позиційне позначення | DD1 |
| Назва компонента | Мікросхема SN74LS374N |
| Виробник | "Texas Instruments" |
| Критерії вибору | регістр-зсуву з управлінням по фронту, D?-DIP20 |
| Параметри конструкції | Див.рис.2.10 |
| Параметри та характеристики | |
| Кількість контурів | 8 |
| Час затримки розповсюдженн | 28 ns |
| Вихідний струм високого рівня | 2.6 mA |
| Вихідний струм низького рівня | 24 mA |
| Напруга живлення – хв. | 4.75 V |
| Напруга живлення – макс. | 5.25 V |
| Мінімальна робоча температура | 0 C |
| Максимальна робоча температура | 70 C |

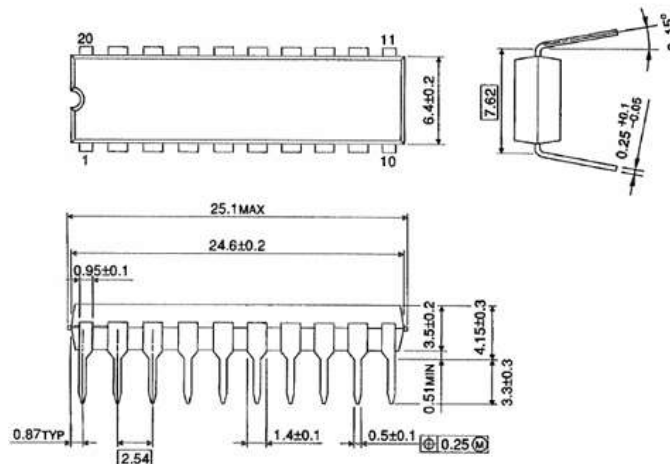


Рисунок 2.10–Габаритні розміри мікросхеми 74НС138N

Таблиця 2.11- Транзистор 2SA733 [12]

| | |
|---|--|
| Позиційне позначення | VT1 |
| Назва компонента | Транзистор 2SA733 |
| Виробник | "JSET" |
| Критерії вибору | малопотужний біполярний PNP транзистор |
| Параметри та характеристики | |
| Максимальний струм колектора | 300 mA |
| Максимальна напруга колектор-емітер | 50 B |
| Максимальна напруга колектор-база | 60 B |
| Коефіцієнт посилення струму макс. | 300 |
| Максимальна потужність, що розсіюється, | 625 мВт |
| Гранична частота посилення | 50 МГц |
| Діапазон робочих температур | -55°C..+150°C |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|------|------|----------|--------|------|

2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ

Арк.

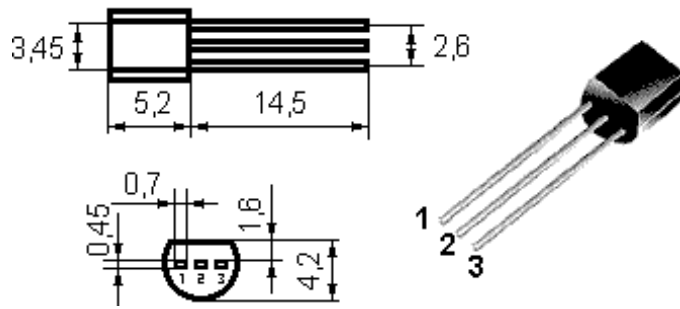


Рисунок 2.11– Габаритні розміри транзистора 2SA733

2.1.4 Розрахунок електричних параметрів окремих каскадів

Схема електрична принципова транзисторного ключа зображена на рисунку 2.12 [19].

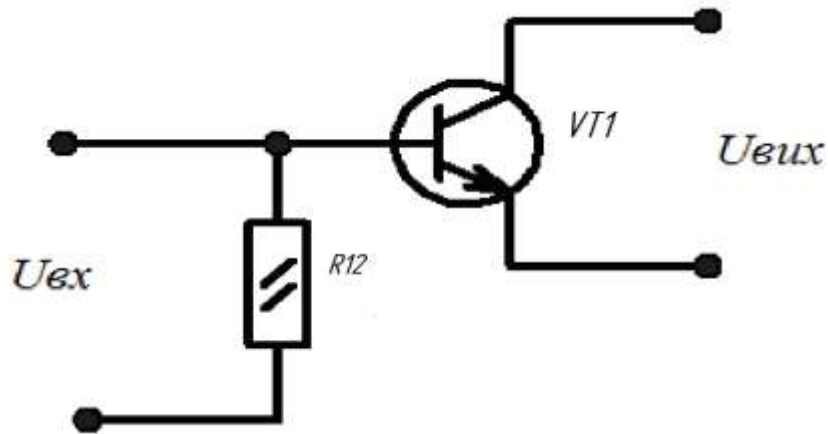


Рисунок 2.12 - Схема електрична принципова транзисторного ключа

Розрахуємо параметри транзисторного ключа при наступних умовах:

$$U_{ж}=25\text{В};$$

$$R_{н}=1\text{ кОм};$$

$$U_{у}=\pm 12\text{В};$$

Транзистор 2SA733 виробник фірми "JSET"

$$h_{21e}=60;$$

$$U_{\text{бo}}=0,6\text{В};$$

$$R_{\text{нас}}=0,1\text{Ом};$$

$$r_{\text{c}}=1,5\text{кОм};$$

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ

Арк.

$$I_{\text{ко}}=0.1\text{А};$$

$$I_{\text{козв}}=25\text{мА};$$

$$R_{\text{бс}}=10\text{ Ом}.$$

1. Знайдемо параметри вхідного кола транзистора, яке забезпечує ввімкнений стан транзистора:

$$I_{\text{к.нас.}} = \frac{U_{\text{жс}}}{R_{\text{н}}}, \quad (2.1)$$

де: $R_{\text{н}}$ – опір навантаження;

$U_{\text{п}}$ – напруга живлення;

$$I_{\text{к.нас.}} = \frac{25\text{В}}{1000\text{Ом}} = 0,025(\text{А})$$

Опір управляючого резистора, який забезпечує включення транзистора:

$$R_{\text{у}} = \frac{U_{\text{у}} - (U_{\text{б0}} + 0,2 \cdot r_{\text{б}})}{I_{\text{к.нас.}}}, \quad (2.2)$$

де: $U_{\text{у}}$ – напруга управління транзистором;

$I_{\text{к.нас}}$ – струм, який споживає транзистор;

$$R_{\text{у}} = \frac{12 - (0,6 + 0,2 \cdot 1,5)}{0,025\text{А}} = 0,9(\text{кОм})$$

2. Знайдемо параметри вхідного кола, яке забезпечує режим закривання:

$$R_{\text{у}} = \frac{U_{\text{у}}}{I_{\text{ко}}} \quad (2.3)$$

$$R_{\text{у}} = \frac{12}{0,1 \cdot 10^{-4}} = 0,9(\text{кОм})$$

Вибираємо за стандартизованим рядом E24 резистор типу MFP-0,125-1 кОм виробник фірми «Уагео» – 0,125Вт з опором 1 кОм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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 [18].

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

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} * t} = \frac{0,3A}{48 \frac{A}{\text{мм}^2} * 0,035\text{м}} = 0,2\text{мм} \quad (2.4)$$

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

Визначається із аналізу принципової схеми, $I_{\max}=0,3A$;

$j_{\text{доп}}$ – 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:

$$b_{\min 2} = \frac{\rho * I_{\max} * l}{U_{\text{доп}} * t} = \frac{0,0175 \frac{\text{Ом.мм}^2}{\text{м}} * 0,3A * 0,5\text{м}}{2B * 0,035\text{м}} = 0,1\text{мм} \quad (2.5)$$

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 :

$$d = d_E + |\Delta d_{\text{н.в.}}| + r \quad (2.6)$$

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

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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.

$d_{E1} = 0,8$ -для мікросхем, конденсаторів, резисторів, діодів, підпаювання провідників, транзисторів;

$d_{E2}=1,0$ - для індикаторів та джампера.

$$d = d_{E1} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 0,8 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1,1 \text{ мм}$$

$$d = d_{E2} + |\Delta d_{н.в.}| + r = 1,0 + |\pm 0,1| + 0,2 = 1,3 \text{ мм}$$

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

Розраховуємо діаметр контактних площадок.

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5h\phi + 0,03 \quad (2.7)$$

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

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta d + \delta p \right) \quad (2.8)$$

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

$b_m = 0,06$ мм.

δd і δp - допуски на розташування отворів і контактних площадок;

$\delta d = 0,25$ мм, $\delta p = 0,4$ мм.

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

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (2.9)$$

де: Δd - допуск на отвір.

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

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

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

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

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

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (2.10)$$

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

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

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

$$b_{min} = b_{1min} + 1.5h\phi + 0,03 \quad (2.11)$$

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

$$b_{min} = 0,15 + 1.5 * 0,035 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (2.12)$$

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

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

де: L_0 – відстань між центрами відповідних елементів;

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p) \quad (2.12)$$

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

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

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta 1) \quad (2.13)$$

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

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

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.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.1.6 Розрахунок надійності проектованого пристрою

Розрахунок надійності проектованого виробу проводимо за допомогою спеціальної програми NAD_Release [13]:

Таблиця 2.12 - Вихідні дані для розрахунку надійності

| п/п | Назва групи елементів | К-сть шт. | $K_{\text{нопр}}$ | $I_{\text{відм}} * 1e-06$ | $K\text{-сть} * K_{\text{нав}} \text{ від} * 1e-06$ |
|-----|-----------------------------|-----------|-------------------|---------------------------|---|
| 1 | Мікросхеми | 2 | 1 | 0,03 | 0,06 |
| 2 | Діоди | 8 | 0,35 | 0,7 | 1,96 |
| 3 | Конденсатори електролітичні | 1 | 0,4 | 2,4 | 0,96 |
| 4 | Конденсатори керамічні | 5 | 0,1 | 1,4 | 0,7 |
| 5 | Резистори постійні | 20 | 0,42 | 0,8 | 6,38 |
| 6 | Друкована плата | 1 | 1 | 0,1 | 0,1 |
| 7 | Пайки | 209 | 1 | 0,02 | 4,18 |
| 8 | Кнопки | 8 | 1 | 2,2 | 17,6 |
| 9 | Індикатори | 5 | 1 | 12 | 60 |
| 10 | Резонатор кварцовий | 1 | 1 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | Роз'єм | 2 | 1 | 0,05 | 0,10 |
| 12 | Транзистори | 5 | 0,35 | 4 | 7 |
| 13 | Зумер | 1 | 1 | 2 | 2 |

Коефіцієнти впливу:

Коефіцієнт механічних впливів: 1;

Коефіцієнт впливу вологості і температури: 1;

Коефіцієнт атомосферних впливів: 1;

Результати розрахунку:

Інтенсивність відмов: $9.486e-005$ 1/год

Середня наробка до відмови: 10541.9 год.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$:

$t = 10$ год. $P(t) = 0.999052$

$t = 100$ год. $P(t) = 0.990559$

$t = 1000$ год. $P(t) = 0.909500$

$t = 10000$ год. $P(t) = 0.387283$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$t = 100000$ год. $P(t) = 0.000076$

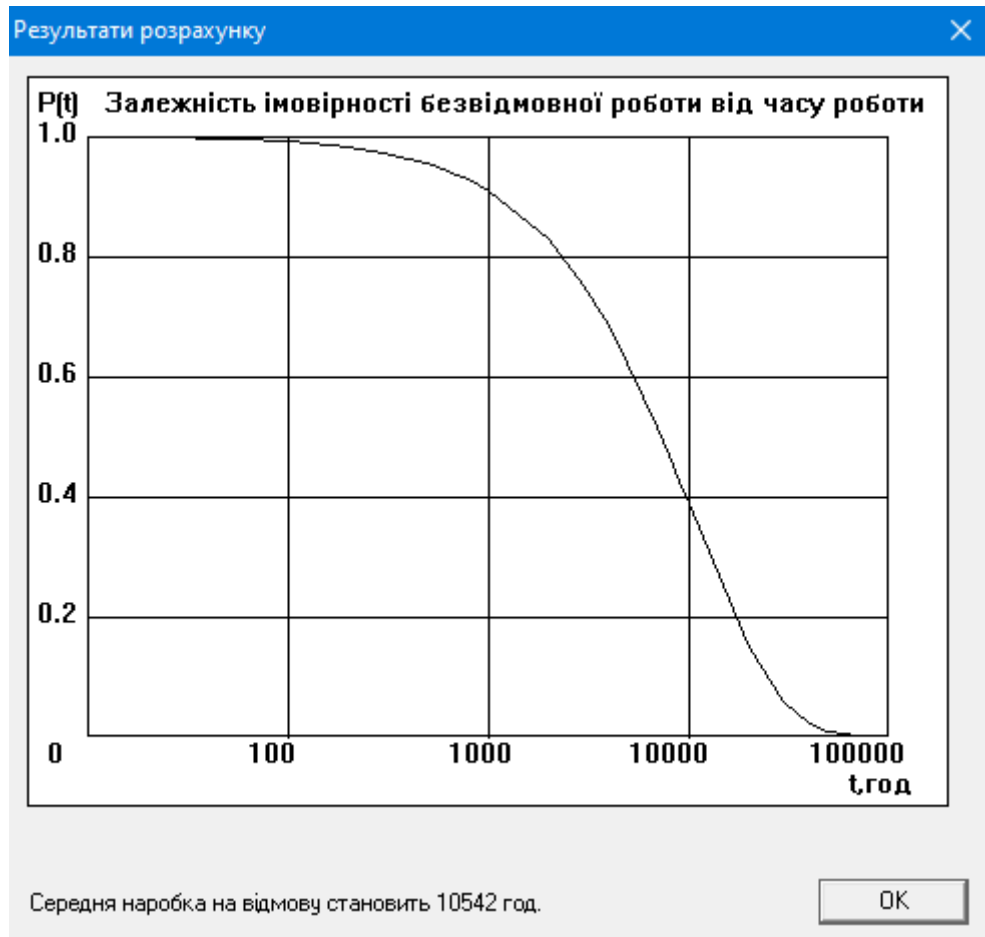


Рисунок 2.13 - Графік залежності імовірності безвідмовної роботи від часу

Результати розрахунку: Інтенсивність відмов: $9.486e-005$ 1/год, середня наробка до відмови: 10541.9 год.

2.1.7 Техніко-економічний аналіз конструкції виробу. Розрахунок споживаної потужності

Розрахуємо споживану потужність пристрою:

Для розрахунку споживаної потужності, яка носить активний характер використовується формула [19]:

$$P = U \cdot I, \quad (2.14)$$

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

I – струм споживання пристрою, становить 0,3А;

$$P = 5V \cdot 0,3A = 1,5 \text{ Вт}$$

2.2 Технологічна частина

2.2.1 Загальні відомості про складання і монтаж проектованого виробу

Складання і монтаж 7-канального електронного ключа включає кілька ключових етапів, які забезпечують правильне функціонування пристрою. Ці етапи включають підготовку компонентів, монтаж на друковану плату, пайку, перевірку та тестування, а також фінальне збирання корпусу.

Етапи складання і монтажу:

Перевірка та сортування: Усі електронні компоненти, такі як мікроконтролер Atmega2313A, регістри SN74LS374N, транзистори, резистори, конденсатори, дисплеї та клавіатура, перевіряються на наявність дефектів і сортуються.

Підготовка друкованої плати: Друкована плата очищується від пилу і забруднень, перевіряється на наявність дефектів.

Розміщення компонентів: Компоненти розміщуються на платі згідно з функціональними блоками. Високочастотні компоненти розташовуються ближче один до одного для мінімізації затримок і втрат сигналу.

Кріплення компонентів: Великі компоненти, такі як реле та трансформатори, розміщуються так, щоб уникнути перешкод для інших елементів і забезпечити достатню вентиляцію.

Ручна пайка: Дрібні компоненти та компоненти з виводами (через отвори) паяються вручну за допомогою паяльної станції. Паяльні з'єднання перевіряються на якість, щоб уникнути холодної пайки або коротких замикань.

Автоматизована пайка: Використання технології пайки хвилею для компонентів поверхневого монтажу (SMD) забезпечує надійність з'єднань і прискорює процес.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Електричне тестування: Виконується тестування електричних параметрів для перевірки цілісності доріжок та функціональності схеми. Це включає перевірку робочої частоти мікроконтролера, правильність функціонування індикаторів і клавіатури.

Функціональне тестування: Перевіряється працездатність кожного каналу. Вводяться тестові коди, щоб переконатися, що пристрій правильно розпізнає та обробляє введені дані.

Збирання корпусу: Плата встановлюється в корпус, який забезпечує захист від механічних пошкоджень та електромагнітних завад.

З'єднання роз'ємів: Роз'єми для живлення та зовнішніх підключень встановлюються та перевіряються.

Фінальна перевірка: Проводиться остаточна перевірка функціональності всього пристрою перед його пакуванням і відправкою споживачеві.

Переваги

Надійність: Використання якісних матеріалів і компонентів забезпечує надійність і довговічність пристрою.

Зручність монтажу: Добре продумане розташування компонентів і маркування спрощує процес монтажу і знижує ймовірність помилок.

Можливість тестування: Розташування тестових точок і доступність контактів забезпечує легкість тестування та налагодження пристрою.

Недоліки

Висока вартість: Використання якісних матеріалів і комплексних технологій може збільшувати вартість виробництва.

Складність процесу: Комбінований метод виробництва і складність складання вимагають високої кваліфікації персоналу та спеціального обладнання.

Висновок

Складання і монтаж 7-канального електронного ключа включає кілька важливих етапів, кожен з яких спрямований на забезпечення надійності та функціональності пристрою. Використання якісних матеріалів і ретельний кон-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

троль на кожному етапі дозволяють створити надійний та ефективний продукт, який відповідає високим стандартам якості [21].

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

Технологічність проектного приладу визначається сукупністю параметрів, які впливають на простоту виготовлення, збирання, тестування та обслуговування пристрою. Оцінка технологічності 7-канального електронного ключа включає такі аспекти:

1. Простота виготовлення друкованої плати

Матеріали: Використання стандартних матеріалів, таких як FR4 для основи плати та мідь для провідникових доріжок, забезпечує легкість у виготовленні та надійність плати.

Конструкція: Просте одностороннє або двостороннє розташування компонентів дозволяє зменшити вартість виробництва та полегшує процес виготовлення.

Розводка доріжок: Мінімізація перехрещень і оптимізація довжини доріжок забезпечують ефективність виготовлення та зменшують ризик виникнення дефектів.

2. Зручність монтажу та збирання

Компоновка компонентів: Логічне розташування компонентів згідно з функціональними блоками (мікроконтролер, регістри, індикатори, клавіатура) сприяє зручному монтажу та зменшує можливість помилок під час збирання.

Підписи та маркування: Чітке маркування компонентів і доріжок на платі полегшує монтаж і знижує ймовірність неправильного встановлення.

Типи компонентів: Використання стандартних компонентів, таких як транзистори, резистори, конденсатори, значно спрощує монтаж.

3. Можливість тестування та перевірки

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Доступність контактів: Добре продумане розташування тестових точок дозволяє легко перевіряти роботу окремих компонентів і вузлів.

Модульність: Можливість тестування окремих функціональних блоків (наприклад, клавіатури, індикаторів) спрощує процес налагодження та виправлення помилок.

Програмування та відладка: Наявність інтерфейсів для програмування та відладки мікроконтролера (наприклад, ISP) полегшує тестування та оновлення прошивки.

4. Надійність та обслуговування

Тепловідведення: Передбачені заходи для ефективного тепловідведення (розміщення потужних компонентів з урахуванням вентиляції) забезпечують довговічність роботи пристрою.

Доступ до ключових компонентів: Компоненти, які потребують частого обслуговування або заміни, розміщені в доступних місцях, що полегшує їх обслуговування.

Захисні покриття: Використання паяльної маски та лужного покриття (HASL) захищає плату від механічних пошкоджень, корозії та окислення.

5. Економічність виробництва

Стандартні компоненти: Використання доступних стандартних компонентів знижує вартість виробництва та спрощує процес закупівлі.

Технологічні процеси: Застосування стандартних технологічних процесів (наприклад, друкованого монтажу, лужного покриття) забезпечує економічну доцільність виготовлення.

Проектування 7-канального електронного ключа враховує основні принципи технологічності, що включають простоту виготовлення, зручність монтажу, можливість тестування, надійність обслуговування та економічність виробництва. Такий підхід забезпечує високу якість, надійність та доступність пристрою, що є критичним для його успішного впровадження та експлуатації [22]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

Комбінований метод виготовлення друкованої плати включає використання як адитивних (нанесення) так і субтрактивних (видалення) технологій для створення провідних доріжок і компонентів на друкованій платі (ДП). Цей підхід дозволяє поєднувати переваги обох методів для досягнення високої точності та ефективності виробництва.

Етапи виготовлення друкованої плати комбінованим методом:

Підготовка основи

Вибір матеріалу для основи плати, зазвичай це FR4 (епоксидний склотекстоліт) через його високу механічну міцність і стабільність.

Нарізання плати до потрібного розміру.

Адитивний етап: Нанесення провідникових доріжок

Лазерне друкування: Нанесення струмопровідного матеріалу (наприклад, мідної пасти) на підготовлену основу за допомогою лазерного друку. Лазер дозволяє точно наносити матеріал на визначені ділянки.

Термопресування: Використання термопресування для закріплення нанесеного матеріалу на поверхні плати.

Субтрактивний етап: Видалення зайвого матеріалу

Ламінування фоторезисту: Покриття поверхні плати фоторезистом, який буде використовуватися для фотолітографії.

Експонування: Процес експонування фоторезисту через фотошаблон, який визначає схему доріжок.

Проявка: Видалення неекспонованих ділянок фоторезисту для відкриття ділянок міді, які необхідно видалити.

Травлення: Видалення зайвої міді шляхом хімічного травлення, залишаючи тільки необхідні провідні доріжки.

Зняття фоторезисту: Очищення плати від залишків фоторезисту.

Свердління

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Свердління отворів для монтажу компонентів та міжшарових з'єднань (виводних і перехідних отворів).

Покриття

Лужне покриття (HASL): Нанесення луджувального покриття для захисту мідних доріжок і покращення паяння.

Паяльна маска: Нанесення паяльної маски для захисту доріжок і запобігання коротким замиканням.

Шовкотрафаретний друк: Нанесення маркування на плату.

Фінальні операції

Тестування електричних параметрів: Перевірка цілісності доріжок і відсутності коротких замикань.

Фрезерування та вирізання: Надання платі остаточної форми та розмірів.

Вибір основних та допоміжних матеріалів

Основний матеріал:

FR4 (епоксидний склотекстоліт): Використовується як основа плати через його високі електричні та механічні властивості.

Провідниковий матеріал:

Мідь: Основний матеріал для провідників завдяки його високій електропровідності.

Фоторезист:

Матеріал для фотолітографії, який забезпечує точність формування провідникових доріжок.

Хімічні реактиви для травлення:

Наприклад, хлорид заліза або персульфат амонію для видалення зайвої міді.

Паяльна маска:

Зелена паяльна маска для захисту доріжок від механічних пошкоджень та корозії.

Луджувальне покриття:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

HASL (Hot Air Solder Leveling) для покриття доріжок та підготовки їх до паяння.

Основні переваги та недоліки комбінованого методу

Переваги:

Висока точність:

Поєднання адитивних і субтрактивних методів дозволяє досягати високої точності у формуванні провідних доріжок.

Гнучкість у дизайні:

Можливість реалізації складних схем завдяки комбінованому підходу.

Ефективність виробництва:

Зниження кількості відходів матеріалу порівняно з виключно субтрактивними методами.

Зменшення витрат на матеріали і обробку.

Покращене тепловідведення:

Оптимізація розміщення доріжок і компонентів для покращення теплових характеристик плати.

Недоліки:

Складність процесу:

Необхідність поєднання різних технологій може ускладнювати процес виробництва та вимагати більш складного обладнання.

Вартість:

Високий початковий капіталовклад для придбання обладнання та налаштування виробничого процесу.

Час виробництва:

Більша кількість етапів може збільшувати час виготовлення плати.

Комбінований метод виготовлення друкованих плат забезпечує високу точність і гнучкість у дизайні, що дозволяє створювати складні електронні пристрої з покращеними характеристиками. Однак цей метод вимагає складнішого обладнання та може бути дорожчим і тривалішим у виконанні. Незважаючи на

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ці недоліки, переваги комбінованого методу роблять його ефективним вибором для виготовлення високоякісних друкованих плат для різних застосувань, включаючи 7-канальний електронний ключ [23].

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 індикатори на верхню кришку ;
- кріплення накладок під кнопки на верхню кришку;
- кріплення роз'єму живлення у спеціальний паз;
- фіксація кришок за допомогою гвинтів та втулок.

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

Після виготовлення друкованої плати проводимо складання друкованого вузла.

Процес складання поділяється на такі основні операції:

- Комплектування, маркування.
- Захист контактних площадок, які не підлягають автоматизованій пайці латексом, при цьому використовується дозатор латексу.
- Сушка плати в сушильних шафах.
- Формування виводів електрорадіоелементів здійснюється автоматизовано за допомогою установок для формування.
- Лудження радіоелементів. Здійснюється автоматизованим методом припоєм ПОС – 61.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

– Установка ЕРЕ, що будуть запаюватись автоматизовано. Встановлення ЕРЕ проводиться вручну оскільки є велика кількість типів елементів і використовувати автоматизований метод установки для серійного виробництва не доцільно.

– Автоматизована пайка ЕРЕ. Здійснюється методом пайки хвилею (припой ПОС-61), що значно зменшує трудомісткість виготовлення друкованого вузла.

– Рихтування пайки – це виправлення пайок, здійснюється вручну.

– Регулювання і технічний контроль. здійснюється на пульті згідно інструкції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 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; рекомендовано –550грн/м² за місяць). При цьому вартість передавальних пристроїв включається в орендну плату будівель.

Вартість будівель розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{буд}} = 550 \times 160 = 88000 \text{ (грн.)}$$

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

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

$S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, м² (приймається 160м²).

Будівлі орендуються разом із обладнанням, тобто :

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

$$V_{\text{буд}\Sigma} = 88000 + 44000 = 132000 \text{ (грн.)}$$

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

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

При цьому вартість обладнання складає:

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

$$V_{\text{обл}} = 88000 \cdot 0,5 = 44000 \text{ (грн.)}$$

де K_o – коефіцієнт, що враховує вартість обладнання ($K_o = 0,4 \div 0,6$).

2) Вартість інструментів та приладів ($V_{\text{інстр}}$) складає 2% від вартості обладнання. При цьому витрати на їх доставку приймають в розмірі 10% від

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

їх вартості. Таким чином, вартість інструментів та приладів розраховується за формулою:

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

$$V_{\text{інстр}} = 44000 \times 0,02 \times 1,1 = 968 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$V_{\text{інв}} = 44000 \times 0,03 \times 1,1 = 1452 \text{ (грн.)}$$

4) Загальний обсяг виробничих інвестицій розраховується за формулою:

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

$$\text{ПІ} = 132000 + 968 + 1452 = 134420 \text{ (грн.)}$$

5) Величина амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

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

$$A = \frac{2420 \times 25}{100} = 605 \text{ (грн.)}$$

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

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | | | | |

Таблиця 3.1 - Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

| №з/ п | Найменування основних фондів | Балансова вартість основних фондів, тис. грн. | Річна сума амортизаційних відрахувань, тис. грн. |
|----------|---|---|---|
| | Інструменти та прилади | 968 | 242 |
| | Виробничий та господарський інвентар | 1452 | 363 |
| | Всього: | 2420 | 605 |

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

продукції.

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

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

$$V_M = 571 \times 1,04 = 593,84 \text{ (грн.)}$$

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 | Випромінювач звуку | 1 | 25 | 25 |
| 5 | Конденсатори керамічні | 5 | 1 | 5 |
| 6 | Резистори постійні | 20 | 0,5 | 10 |
| 7 | Конденсатор електrolітичний | 1 | 5 | 5 |
| 8 | Транзистори | 5 | 5 | 25 |
| 9 | Діоди | 8 | 2 | 16 |
| 10 | Мікросхеми | 2 | 50 | 100 |
| 11 | Роз'єми | 2 | 10 | 20 |
| 11 | Кнопка | 8 | 5 | 40 |
| 12 | Індикатор | 5 | 50 | 250 |
| | | | | 571 |

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 KBP 172 403 006 000 000 П | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3) Витрати на основну заробітну плату виробничих працівників ($V_{o.z.pl.}$): для розрахунку заробітної плати працівників визначають відрядну розцінку за кожну операцію (одиницю роботи чи продукції), виконану працівником, за формулою:

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

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

де $t_{шт,i}$ – 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 | $T_{шт}$, хв. | Розряд | Годинна тарифна ставка, (С _r), 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 ($V_{дод.з.пл.}$): приймаються в розмірі 11% від основної заробітної плати виробничих працівників і розраховують за формулою:

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

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

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

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

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:

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

$$V_{\text{уео}} = \frac{75}{100} \times (58,5 + 5,9) = 48,3 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{уео}}$ - відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання (приймається 75%);

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:

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

$$V_{\text{зв}} = \frac{165}{100} \times (58,5 + 5,9) = 106,26 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{\text{зв}}$ - відсоток загальновиробничих витрат (приймають 165%).

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

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

$$S_{\text{вир}} = 593,84 + (58,5 + 5,9 + 14,2) + 48,3 + 106,26 = 827 \text{ (грн.)}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | 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 | 593,84 |
| 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 | 48,3 |
| 6 | Загальновиробничі витрати | 106,26 |
| Разом виробнича собівартість (сума 1-6), в тому числі: | | 827 |
| 7 | -змінні (сума 1-4) $V_{зм.од}$ | 672,44 |
| 8 | -умовно-постійні (сума 5-6) $V_{уп.од}$ | 154,56 |

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

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

$$Ц_{од.пр} = 827 \times \frac{100 + 28}{100} = 1058,56 \text{ (грн.)}$$

де $\alpha_{пр}$ – відсоток запланованого прибутку (приймається 28%);

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:

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

$$П_r = (1058,56 - 827) \times 1800 = 416808 \text{ (грн),}$$

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | 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:

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

$$ЧП = 416808 - 416808 \times \frac{18}{100} = 341782,56 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$S_{повq} = 827 \times 1800 = 1488600 \text{ (грн.)}$$

4) Рентабельність продукції визначається за формулою:

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

$$P_п = \frac{341782,56}{1488600} \times 100\% = 22,96 \%$$

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:

$$ГП = ЧП_t + A_t, \quad (3.20)$$

$$ГП = 341782,56 + 605 = 342387,56 \text{ (грн.)},$$

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 172 403 006 000 000 П | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$ЧТВ = ТВ - ПІ \quad (3.21)$$

$$ЧТВ = 311261,42 - 134420 = 176841,42 \text{ (грн.)}$$

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:

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

$$ТВ = \frac{342387,56}{(1 + 0,1)^1} = 311261,42 \text{ (грн.)}$$

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:

$$ІП = \frac{ТВ}{ПІ} \quad (3.23)$$

$$ІП = \frac{311261,42}{134420} = 2,32$$

де ІП- індекс прибутковості інвестицій.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------------|------|
| | | | | | 2024 КВР 172 403 006 000 000 П | 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:

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

$$T_{ок_{диск}} = \frac{134420}{311261,42} = 0,43р$$

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

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

$$ГП_{диск} = \frac{311261,42}{1} = 311261,42 \text{ (грн.)}$$

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. | 1800 |
| 2 | Собівартість виробу | грн./од. | 827 |
| 3 | Ціна одиниці виробу | грн./од. | 1058,56 |
| 4 | Початкові інвестиції для реалізації інвестиційного проекту | грн. | 134420 |
| 5 | Чистий прибуток | грн. | 341782,56 |
| 6 | Рентабельність виробу | % | 22,96 |
| 8 | Чиста теперішня вартість проекту | грн. | 176841,42 |
| 9 | Індекс прибутковості | - | 2,32 |
| 10 | Дисконтований термін окупності інвестицій | років | 0,43 |

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Обов'язки роботодавця щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці

Згідно з чинним законодавством роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі належні умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити дотримання вимог законодавства щодо прав працівників з охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом, впровадження прогресивних технологій, досягнень науки і техніки, засобів механізації та автоматизації виробництва, вимог гігієни праці, виробничої санітарії.

На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також на роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, роботодавець зобов'язаний видати безплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджуючі засоби (ст. 8 Закону). Працівники, які залучаються до разових робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварії, стихійного лиха тощо, що не передбачені трудовим договором, повинні бути забезпечені зазначеними засобами.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок придбання, комплектування, видачу та утримання засобів індивідуального захисту відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці та колективного договору, а у разі передчасного зношення цих засобів не з вини працівника, замінити їх за свій рахунок.

Особлива увага має приділятися виявленню та усуненню причин, що можуть призвести до нещасних випадків, професійних захворювань, здійсненню профілактичних заходів з метою недопущення аварії на виробництві.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Для цього проводяться лабораторні дослідження умов праці, аналі-зується технічний стан виробничого обладнання та устаткування, здійснюється ате-стація робочих місць на відповідність їх нормативно-правовим актам з охоро-ни праці, за підсумками якої роботодавець розро-бляє та впроваджує заходи усунення небезпечних і шкідливих для здо-ров'я виробничих факторів.

Роботодавець через створену ним службу з охорони праці, комісію з пи-тань охорони праці здійснює контроль за додержанням працівниками вимог виробничої санітарії, гігієни праці, техніки безпеки, використання засобів ко-лективного та індивідуального захисту, виконання робіт згідно з розроблени-ми і затвердженими на підприємстві положеннями, інструк-ціями та іншими актами з охорони праці.

У свою чергу, працівники, виконуючи свої трудові обов'язки, пови-нні дотримуватись трудової і технічної дисципліни, підвищувати продук-тивність та якість праці.

Згідно із законодавством роботодавець зобов'язаний організувати нав-чання працюючих, вдосконалювати їхні знання та навички у сфері охорони праці проведенням інструктажів, підвищенням кваліфікації з ви-робничої санітарії, техніки безпеки, цілеспрямовано вести пропаганду безпечних ме-тодів праці.

Основним документом, який регламентує взаємовідносини між тру-довим колективом і роботодавцем, є колективний договір. Цей договір ро-зробляється роботодавцем та профспілковою організацією підприємст-ва і за-тверджується на зборах (конференції) трудового колективу.

Для запланованих заходів з охорони праці роботодавець зо-бов'язаний виділити цільові кошти та необхідні матеріальні ресурси, ви-трачати які на інші цілі заборонено. Порядок використання цих коштів визначається у колек-тивному договорі і контролюється трудовим колек-тивом.

До обов'язків роботодавця входить своєчасне проведення загально-обов'язкового державного соціального страхування працівників від нещас-

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ного випадку на виробництві та професійного захворювання, вживання термінових заходів для допомоги потерпілим, у т.ч. залучення за необхідності професійних аварійно-рятувальних формувань, вести облік і розслідування нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві.

Роботодавець також може за рахунок власних коштів здійснювати додаткові виплати потерпілим працівникам і членам їх сімей відповідно до колективного або трудового договору.

4.2 Первинні засоби пожежогасіння

Первинні засоби пожежогасіння –переносні або пересувні засоби пожежогасіння, які використовуються для боротьби з пожежею на початковій стадії її розвитку.

Пожежна безпека об'єкта захисту –відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожеж та пов'язаної з ними можливості завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям і довкіллю.

Пожежна небезпека об'єкта захисту –стан об'єкта захисту, який характеризується можливістю виникнення і розвитку пожежі, а також впливу на людей і майно небезпечних факторів пожежі.

До початку експлуатації об'єкти (будинки, споруди, приміщення, технологічні установки) повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння

До первинних засобів пожежогасіння відносяться:

- вогнегасники;
- пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати);
- пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Засоби пожежогасіння фарбують у сигнальний червоний колір, а надписи на них виконують контрастним білим кольором.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Класифікація первинних засобів пожежогасіння в Україні зазвичай ґрунтується на нормативних документах, які встановлюють вимоги до пожежної безпеки.

Основні класи пожеж та відповідні засоби пожежогасіння в Україні визначені ДСТУ Б.Д.1.1-1:2013 "Будівництво в Україні. Основні положення пожежної безпеки", а саме:

- Клас А: пожежі твердих матеріалів (наприклад, деревина, папір, текстиль).
- Клас В: пожежі рідин та рідкі матеріали (наприклад, бензин, олива, фарби).
- Клас С: пожежі газів (наприклад, пропан, метан, водневий газ).
- Клас D: пожежі металів (наприклад, натрій, калій, магній).
- Клас Е: пожежі електроустаткування.
- Клас F: пожежі жирів та олив, які використовуються в кухнях та ресторанах.

Згідно з цими класами, в Україні використовуються такі засоби пожежогасіння:

- Для класу А - водяні струмені, водяні розпилювачі, порошкові вогнегасники.
- Для класу В - піна, порошкові вогнегасники, вуглекислий газ.
- Для класу С - порошкові вогнегасники, газові вогнегасники.
- Для класу D - порошкові вогнегасники.
- Для класу Е - порошкові вогнегасники, вуглекислий газ.
- Для класу F - жирові вогнегасники, порошкові вогнегасники.

Первинні засоби пожежогасіння - це портативні вогнегасники та засоби, які зазвичай знаходяться поруч з місцем можливої пожежі. Їх використовують для швидкого приглушення невеликої пожежі до прибуття пожежних служб. Первинні засоби пожежогасіння можуть бути різних типів, наприклад:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Вуглекислий газ (CO₂) - використовується для гасіння електроустаткування та пожеж рідин.

- Порошок - ефективний для гасіння різних типів пожеж.

- Піна - використовується для гасіння пожежі рідин та твердих речовин.

- Вода - використовується для гасіння пожеж твердих речовин.

Стаціонарні засоби пожежогасіння - це засоби, які встановлюються на підприємствах та в будівлях для більш ефективного та швидкого гасіння пожеж. Їх використовують у випадку виникнення великої пожежі, коли портативні вогнегасники можуть бути недостатніми. Стаціонарні засоби пожежогасіння можуть бути різних типів, залежно від вимог та умов використання. Найбільш поширеними стаціонарними засобами пожежогасіння є:

- Системи автоматичної пожежогасіння - включають детектори диму та тепла, які автоматично вмикають систему гасіння пожежі.

- Гідранти - встановлюються на вулицях та на території підприємств для швидкого забезпечення водою під час пожежі.

- Сухі створи - використовуються для захисту від пожеж будівель та інших об'єктів.

- Системи піногасіння - використовуються для гасіння пожеж рідин та твердих речовин.

- Системи водяного гасіння - використовуються для гасіння пожеж твердих речовин.

- Вогнегасники на колісному ході - використовуються для гасіння пожеж у відкритому просторі, на транспортних засобах та на підприємствах.

- Системи пожежної сигналізації - включають димові детектори та інші пристрої, які автоматично повідомляють про виникнення пожежі.

- Системи вентиляції та димовідведення - призначені для виведення диму та токсичних речовин з приміщення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Стационарні засоби пожежогасіння повинні відповідати вимогам безпеки та встановлюватися відповідно до вимог законодавства.

Також вони потребують регулярної перевірки та обслуговування для забезпечення їхньої ефективності та надійності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | <i>2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи було здійснено розробку конструкції «7 – каналний електронний ключ». 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 100×95мм 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.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 7 – каналний електронний ключ [електронний ресурс] – Режим доступу <https://radiolub./page/zhurnal-radio-2005-8> (дата звернення 4.02.2024).
2. Конденсатор ЕСАР [електронний ресурс] - Режим доступу :<http://vicgain.sdor.spmikro/smikr11>(дата звернення 10.02.2024).
3. Резистор MFP "Yageo" [електронний ресурс] - Режим доступу :http://www.mircond.com/cc/k10_17brlmcc; (дата звернення 18.02.2024).
4. Конденсатор NPO [електронний ресурс] - Режим доступу :<http://www.5v./ds/trnz/kt361>; (дата звернення 10.02.2024).
5. Індикатор HDSP-F501 "Broadcom" [електронний ресурс] - Режим доступу :<http://www.chipinfo./dsheets/transistors/1361>; (дата звернення 10.02.2024).
6. Кнопка тактова PBS-11A "Jietong Switch" [електронний ресурс] - Режим доступу :http://www.betatvcom.dn.ua/komplekt/pdf/active_comp/tranzistorSVH; (дата звернення 10.02.2024).
7. Діод 1N4148 "Diotec" [електронний ресурс] - Режим доступу :http://cxemu.te.ua/cxemu/160-naikraswiu_akusti4miy_vimuka4; (дата звернення 10.02.2024).
8. Кварцтвий резонатор HC-49U-16 МГц [електронний ресурс] - Режим доступу :www.qrz./reference/kozak/cd4000/cdh70; (дата звернення 18.02.2024).
9. Випромінювач звуку НРМ14АХ [електронний ресурс] - Режим доступу :<https://www.chipdip./product/elc10d101e> www.cityradio.narod. (дата звернення 1.02.2024).
10. Мікросхема АТtiny2313А-PU [електронний ресурс] - Режим доступу :<http://ipart.com/download/3655a026-13e6-4b56-a0bb-8fd05df9b19d.pdf> www.radio-portal..www.vprl.. (дата звернення 18.02.2024).
11. Мікросхема SN74LS374N [електронний ресурс] - Режим доступу :<http://www.platan./shop/part/PBS-4.html>. (дата звернення 1.02.2024).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

12. Транзистор 2SA733 [електронний ресурс] - Режим доступу :<http://www.rct./catalog/box-header-connector/pbs-4.html>. (дата звернення 1.02.2024).

13. Програма для розрахунку надійності РЕА [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>

14. 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.

15. Денисюк В.О., Цирульник С.М. Мікропроцесорні системи управління: навч. посіб. Вінн. нац. аграр. ун-т. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 204 с.

16. Сайт спільноти розробників проектів на ARDUINO .URL: https://projecthub.arduino.cc/?_gl=1*4147w4*_ga*OTkyMzkyOTAwLjE3MTYwNTM3MjY.*_ga_NEXN8H46L5*MTcxNjkyMjQ0S4yLjEuMTcxNjkyMjUzOS4wLjAuMTUxNjM0NjA3MQ..*_fplc*OUZZTmxzbGU4MkNZbiUyRkNCTHJmazAwbjdrNWNDZTc5QUV6OFRlIb3A2ck5RNzhvOVY3JTJGYXhRcDNIWHAzWWxZWlJTVXk-?SndINXl4bUpNZCUyQkNiN29jajJqckF2c0tRMGlhdVU3SVhYRTY4ZDdRb016bCUyRjBhZlQwY0ZlM3hubEElM0QlM0Q(дата звернення 28.05.2024).

17. Магро В. І., Рябчій В. Д., Гусев 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.

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

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

20. Дипломне проектування

URL:

<https://eguru1.fk.te.ua/course/view.php?id=390>

21. 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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Додаток Б 3D модель пристрою

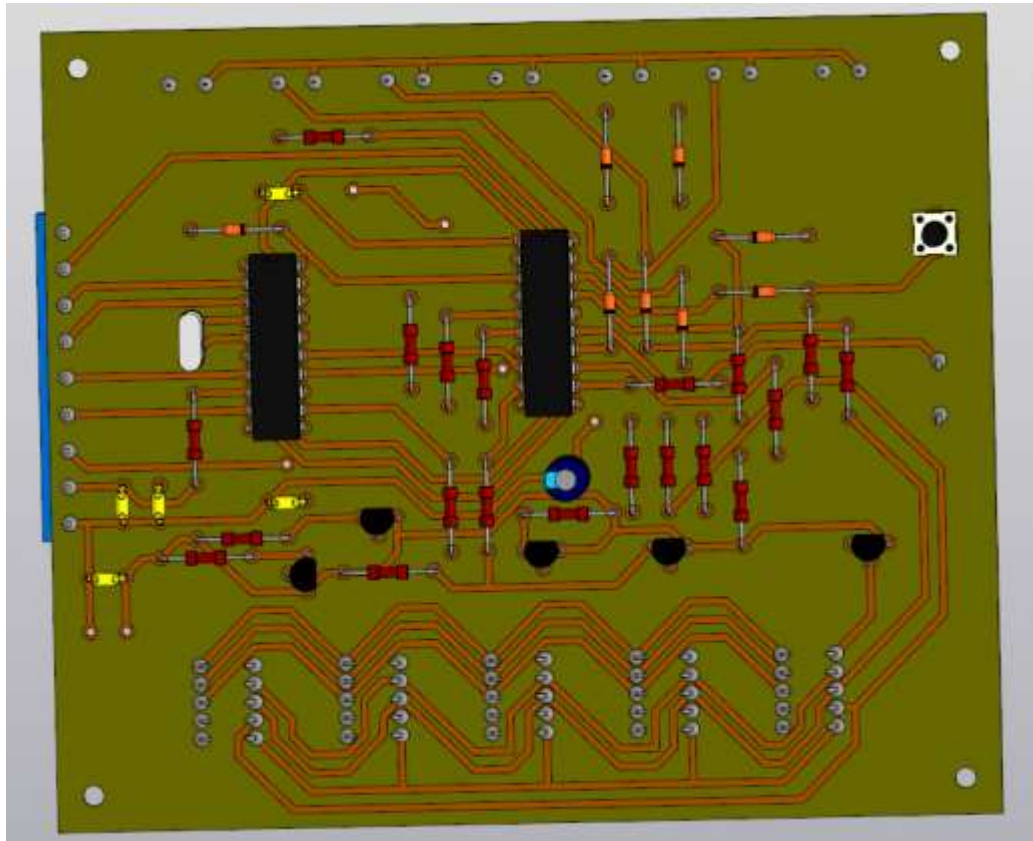


Рисунок Б.1 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний

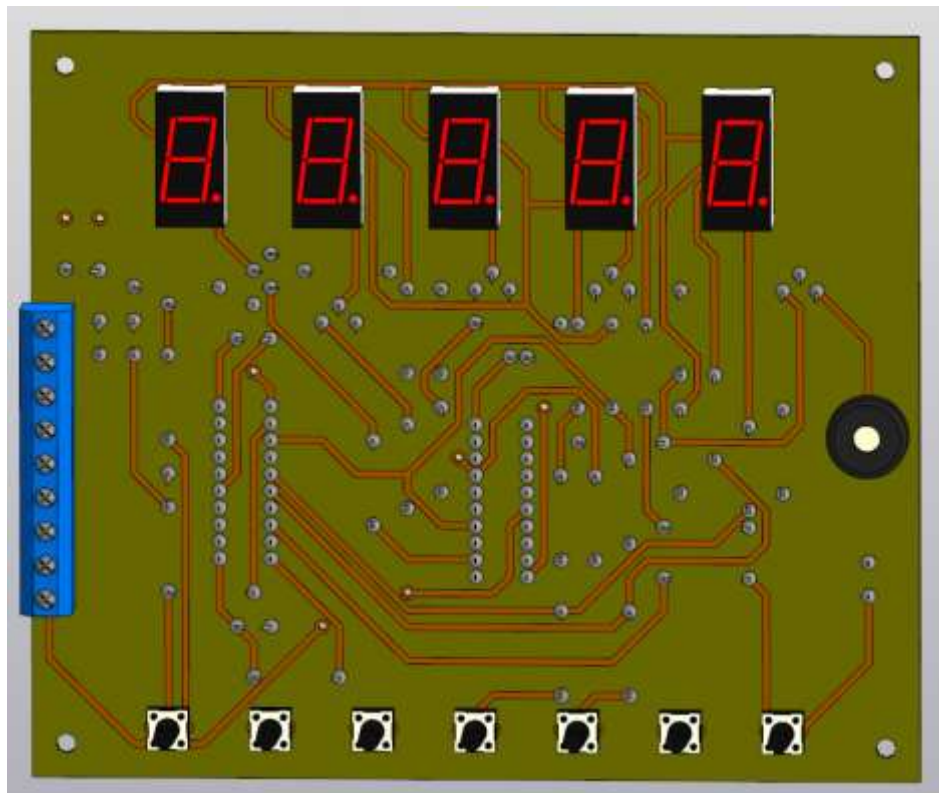


Рисунок Б.2 – 3D модель пристрою, вузол друкуваний знизу

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | 2024.KBP.172.403.006.000.000 ПЗ | | | | | |

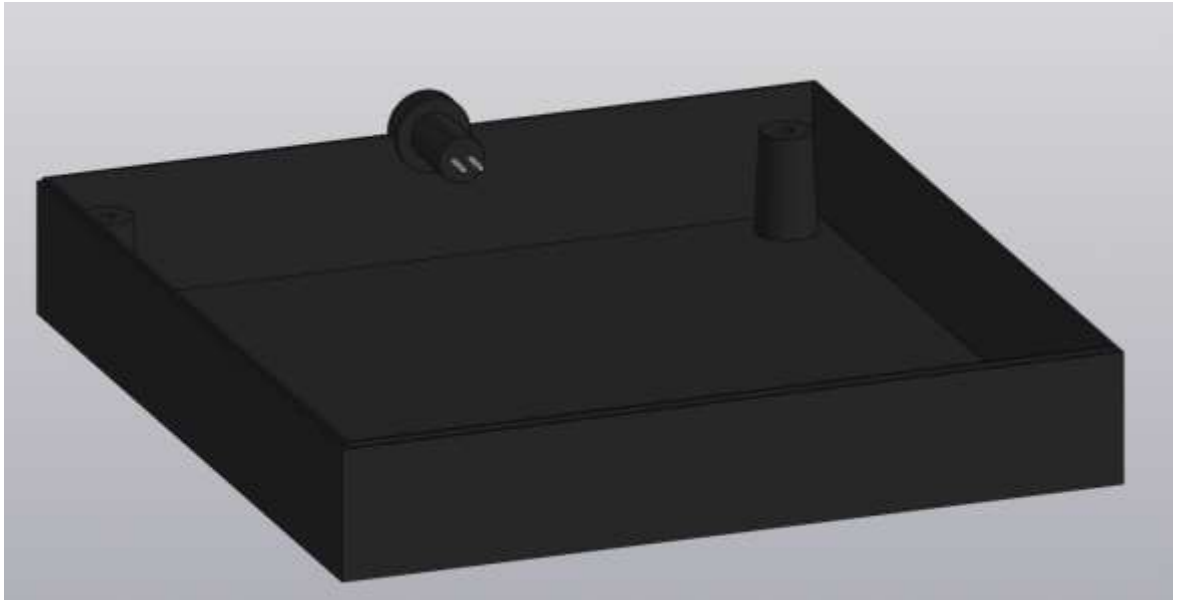


Рисунок Б.3– 3D модель пристрою, нижня кришка



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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



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

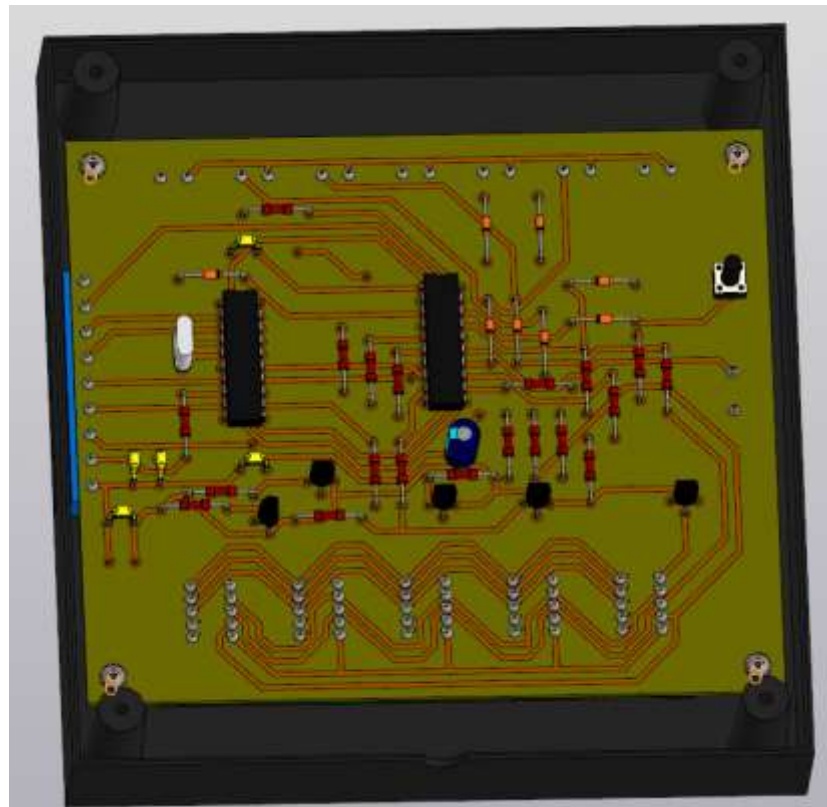


Рисунок Б.6 – 3D модель пристрою, вигляд верхньої кришки
знизу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

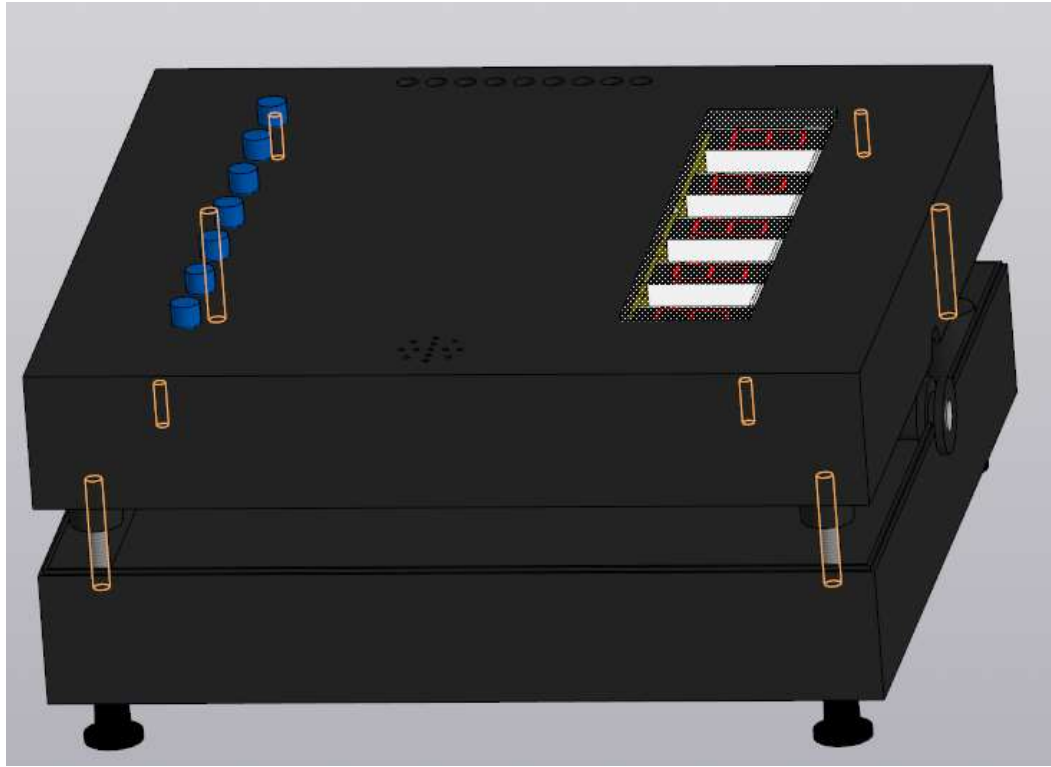


Рисунок Б.7 – 3D модель пристрою, загальний вигляд збоку



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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | 2024.КВР.172.403.006.000.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |