

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь бакалавр

спеціальність 171 „Електроніка”

(шифр і назва спеціальності)

на тему „Кабельний тестер-трасошукач на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069,,

Виконав: студент групи ЕЛ-216д


(підпис)

А.С. Левченко
(ініціали і прізвище)

Керівник

(підпис)

І.С. Тюндер
(ініціали і прізвище)

Завідувач кафедри

(підпис)

О.І. Захожай
(ініціали і прізвище)

Рецензент Захожай О.І.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут (факультет) інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

Освітній ступінь бакалавр

спеціальність 171 „Електроніка”

(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Захожай О.І.
“___” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Левченко Артем Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи:	Кабельний тестер-трасошукач на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069
-----------------	---

керівник роботи Тюндер Ірина Сергіївна, ст. викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджений наказом університету від “27” травня 2025 року
№67/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи 08.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: Об'єктом даної роботи є процес створення кабельного тестера-трасошукача на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналітичний огляд, з висвітленням наступних питань: поширення необхідності у використанні тестерів-трасошукачів прихованої проводки, порівняння аналогів для розробки пристрою. Основна частина, в якій розробили апаратний модуль, вибрали елементну базу, розробили конструкцію друкованої плати та друкованого вузла, вибрали умови охолодження і провели розрахунок теплового режиму та надійності пристрою. Висновки. Перелік джерел посилання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) Додаток А. Схема електрична принципова генератора, Додаток В. Схема електрична принципова приймача, Додаток С. Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 30.03.2025р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної випускної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Одержання завдання на виконання роботи	30.03.25	виконано
2	Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи	06.04.25	виконано
3	Узагальнення даних літературних джерел, укладання розділу «Аналіз предметної галузі»	13.04.25	виконано
4	Аналіз шляхів виконання завдання. Вибір і погодження з керівником оптимального шляху	20.04.25	виконано
5	Укладання та тестування програмного продукту	27.04.25	виконано
6	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	04.05.25	виконано
7	Здача готової пояснювальної записки на кафедру	08.06.25	виконано
8	Укладання доповіді і презентації	10.06.25	виконано

Студент

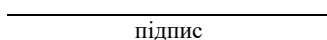


підпис

А.С. Левченко

(ініціали і прізвище)

Керівник роботи



підпис

І.С. Тюндер

(ініціали і прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить: сторінок - 96, рисунків - 35, таблиць - 37, джерел - 19, додатків - 3, мова - українська.

ПРИСТРІЙ, ПРОЄКТ, СИГНАЛ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДРУКОВАНА ПЛАТА, ТРАСУВАННЯ

Об'єкт розробки – Кабельний тестер-трасошукач на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратного модуля — кабельного тестера-трасошукача на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069. У роботі проведено аналітичний огляд існуючих пристроїв трасування кабелів, визначено їхні переваги й недоліки. Складено технічне завдання на розробку, підібрано елементну базу та мікросхеми, визначено вимоги до умов експлуатації. Запропоновано структурну й функціональну модель пристрою, а також виконано розробку друкованої плати з використанням САД-системи EasyEDA.

Розроблений пристрій є економічно доцільним, простим у реалізації та призначений для використання в навчальному процесі, побуті та на підприємствах.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ НА РОЗРОБКУ	11
1.1 Актуальність розробки.....	11
1.2 Проблеми які вирішує розробка.....	12
1.3 Вимоги до розробки.....	14
1.4 Аналіз готових рішень.....	14
1.4.1 UNI-T UT682	14
1.4.2 MS6818.....	15
1.4.3 VENETECH GM60	16
1.5 Переваги пристрою перед аналогами	16
2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО МОДУЛЯ.....	18
2.1 Аналіз вхідних даних.....	18
2.1 Генератор.....	18
2.1.2 Приймач.....	21
2.2 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів.....	25
2.3 Вибір мікросхеми.....	26
2.3.1 CD4069.....	26
2.3.2 74НС04.....	29
3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ І ПОПЕРЕДНЯ КОМПОНОВКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ.....	31
3.1 Генератор	31
3.2 Приймач	44
4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	61
4.1 Генератор	61

	6
4.2 Приймач	63
5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА	65
5.1 Генератор	65
5.2 Приймач	67
6 ВИБІР УМОВ ОХОЛОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ	69
6.1 Генератор	69
6.2 Приймач	71
7 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ	74
7.1 Генератор	74
7.2 Приймач	76
8 ОХОРОНА ПРАЦІ	79
8.1 Характеристика ділянки	79
8.2 Організація виробничої безпеки	79
8.3 Гігієна праці та виробнича санітарія	85
8.4 Пожежна безпека	86
8.5 Розрахунок заземлення.....	88
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	90
ДОДАТОК А.....	92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НЧ – низька частота

ВЧ – висока частота

КМОН – комплементарна метал-оксид-напівпровідникова технологія

CD4069 – мікросхема, яка використовується в пристрої

LM386 – підсилювач низької частоти, який використовується в пристрої

GND – точка нульового потенціалу мікросхеми

VSS – точка нульового потенціалу мікросхеми

VCC – позитивна напруга живлення

VDD – позитивна напруга живлення

BYPASS – dхід для байпасного конденсатора

GAIN – регулювання коефіцієнта підсилення

VIN – вхідна напруга

VOUТ – вихідна напруга

- INPUT – інверсивний вхід

+ INPUT – інверсивний вихід

Input – вхід

Output – вихід

SMD – електронний компонент поверхневого монтажу

NPN – Negative-Positive-Negative

JFET – польовий транзистор з керуючим переходом)

TTL – Transistor-Transistor Logic

DIP-8 – Dual In-line Package, 8 pins

SOT23 – Surface-Mount Outline Tapered, 2,3 мм

ВСТУП

В сучасних умовах розвитку електротехнічних мереж та систем кабельного з'єднання зростає потреба у високоточних приладах для пошуку та діагностики кабельних трас. Кабельний тестер-трасошукач є одним із найефективніших інструментів для виявлення прихованої проводки, визначення її місця розташування, виявлення обривів та коротких замикань у кабельних системах.

Даний дипломний проєкт присвячений розробці кабельного тестера-трасошукача на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069. Вибір цих мікросхем обумовлений їх доступністю, низьким енергоспоживанням, простотою в реалізації та надійністю роботи. Використання LM386 дозволяє реалізувати чутливий підсилювач сигналу, а логічний елемент CD4069 застосовується для генерації тестового сигналу, що дозволяє забезпечити стабільну та ефективну роботу пристрою.

Актуальність проблеми

У промисловості, будівництві, а також у побуті часто виникає необхідність знаходження прихованої електропроводки або пошуку несправностей у кабельних мережах. Багато існуючих методів трасування кабелів є або дорогими, або потребують складного обладнання, що ускладнює їх використання в умовах невеликих підприємств чи побутового застосування.

Кабельні тестери-трасошукачі, які представлені на ринку, можуть мати значні недоліки, зокрема високу вартість, низьку точність або недостатню автономність. Тому розробка доступного, надійного та ефективного пристрою на основі простих та перевірених компонентів є актуальним завданням.

Запропонований пристрій може бути використаний:

- для діагностики електропроводки в житлових і промислових приміщеннях;
- у сфері обслуговування електричних мереж;
- для виявлення обривів та замикань у кабельних лініях;

- у навчальних цілях для ознайомлення студентів з принципами роботи електричних трасошукачів.

Мета та завдання дослідження

Метою даного дипломного проєкту є розробка та конструювання кабельного тестера-трассошукача з використанням мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069, що забезпечить ефективність пристрою при мінімальних затратах на його виготовлення.

Основні завдання, які необхідно вирішити в процесі розробки:

- аналіз існуючих методів трасування кабелів та вибір оптимального підходу для реалізації пристрою;
- проєктування схеми генератора тестового сигналу на базі логічного елемента CD4069;
- розробка приймального тракту на основі мікросхеми LM386 для ефективного підсилення та обробки отриманого сигналу;
- розрахунок і вибір елементної бази, яка забезпечить стабільну та надійну роботу пристрою;
- створення та тестування друкованої плати, використовуючи сучасне програмне забезпечення, зокрема EasyEDA;
- виготовлення дослідного зразка пристрою та проведення його випробувань для перевірки відповідності заданим технічним характеристикам;
- оцінка ефективності та точності роботи тестера-трассошукача в різних умовах експлуатації.

Основні характеристики пристрою

Розроблений трассошукач складається з двох основних модулів: генератора сигналу та приймального пристрою.

Генератор сигналу формує електричний тестовий сигнал частотою 50 Hz, який подається на досліджуваний кабель. Завдяки використанню логічного елемента CD4069 вдається отримати стабільний та надійний сигнал, який можна легко ідентифікувати в приймальному модулі.

Приймальний пристрій, побудований на базі LM386, підсилює прийнятий сигнал та забезпечує його подальшу обробку. Це дозволяє з високою точністю визначати трасу кабелю або місце його пошкодження.

Основні переваги пристрою:

- автономність – живлення здійснюється від батарейки 9 В, що забезпечує мобільність та можливість роботи в різних умовах;
- компактні розміри та невелика вага, що робить пристрій зручним у використанні;
- висока чутливість приймального модуля, що дозволяє точно визначати місцезнаходження кабелю навіть при значній довжині трас;
- простота у виготовленні та експлуатації – пристрій складається з доступних радіоелементів, що полегшує його складання та налаштування.

Умови експлуатації

При розробці конструкції пристрою враховано наступні умови експлуатації:

- можливість роботи без підключення до мережі 220 В, що забезпечує його автономність;
- стійкість до помірних механічних впливів та впливу навколишнього середовища;
- робота у помірному кліматичному поясі з температурним діапазоном від -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- застосування надійного та ергономічного корпусу, що забезпечує зручність використання.

Для створення пристрою використано сучасні матеріали та конструктивні елементи, які забезпечують його надійність та довговічність. Друкована плата розроблена із застосуванням програмного забезпечення EasyEDA, що дозволяє оптимізувати розташування компонентів та мінімізувати електромагнітні перешкоди.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ НА РОЗРОБКУ

1.1 Актуальність розробки

У сучасному світі електротехнічні мережі та кабельні комунікації відіграють ключову роль у функціонуванні промислових об'єктів, житлових будівель, транспортних систем та інформаційних мереж. Високий рівень електрифікації та повсюдне використання дротових комунікацій обумовлюють необхідність у засобах для діагностики, обслуговування та ремонту кабельних ліній.

З розвитком електроніки та інформаційних технологій традиційні методи пошуку кабельних трас, такі як візуальний огляд або використання спеціалізованої документації, стають недостатньо ефективними. Це зумовлено такими факторами, як:

- зростання кількості кабелів у будівлях та промислових об'єктах – сучасні будівлі можуть мати складні мережі електропроводки, включаючи силові кабелі, мережі зв'язку, системи відеоспостереження та автоматизації;
- збільшення кількості аварійних ситуацій – зношеність кабельних ліній, механічні пошкодження під час ремонтних робіт або впливу зовнішніх чинників можуть призводити до обривів чи коротких замикань, що вимагає точного визначення місця несправності;
- висока вартість спеціалізованого діагностичного обладнання – професійні трасошукачі та кабельні аналізатори мають високу ціну, що робить їх недоступними для невеликих підприємств та побутового використання;

- складність експлуатації існуючих приладів – багато професійних тестерів потребують спеціальних навичок для роботи, що обмежує їх використання некваліфікованими користувачами;

Таким чином, виникає необхідність у створенні простого, доступного та ефективного пристрою для трасування кабельних ліній, який би дозволяв швидко та точно визначати місце розташування прихованої проводки, знаходити місця обривів або пошкоджень кабелів.

1.2 Проблеми, які вирішує розробка

Розробка кабельного тестера-трасошукача на базі LM386 та CD4069 покликана вирішити кілька важливих проблем:

- автономний пошук кабелів – пристрій дозволяє знаходити приховану проводку без необхідності фізичного доступу до кабелю, що особливо важливо для електричних мереж, прокладених у стінах, підлозі чи під землею;
- виявлення пошкоджень у проводці – трасошукач допомагає визначити місця обриву або короткого замикання, що дозволяє швидко усунути несправності;
- доступність – на відміну від дорогих промислових трасошукачів, запропонований пристрій складається з недорогих компонентів, що робить його економічно вигідним для широкого кола користувачів;
- простота у використанні – пристрій не вимагає складних налаштувань і може використовуватися навіть людьми без спеціальної технічної підготовки.

Обґрунтування вибору конструктивних рішень

Для реалізації пристрою було обрано такі ключові компоненти:

- LM386 – малопотужний підсилювач низької частоти, що забезпечує підсилення сигналу з тестового генератора та дозволяє ефективно фільтрувати шумові перешкоди;

- CD4069 – логічний інвертор, який використовується для генерації стабільного тестового сигналу, що випромінюється в кабельну систему;
- транзистори MPF102 та BC846A – використовуються у вхідному каскаді для забезпечення чутливості приймача та його узгодження з іншими компонентами схеми.

Вибір цих компонентів обумовлений їх низьким енергоспоживанням, доступністю на ринку, стабільністю роботи та простотою у використанні.

Потенційні сфери застосування розробки

Розроблений кабельний тестер-трасошукач може використовуватися в різних сферах:

- Будівництво та ремонт – допомагає швидко визначати трасу прихованої проводки перед свердлінням або іншими будівельними роботами.
- Обслуговування електромереж – дає можливість знаходити пошкоджені кабелі без необхідності їх демонтажу.
- Навчальні заклади – може використовуватися для навчання студентів основам роботи з електротехнічним обладнанням.
- Побутове використання – стане корисним інструментом для електриків та домашніх майстрів.

Перспективи подальшого вдосконалення

Розроблений пристрій може бути вдосконалений у майбутньому шляхом:

- Додавання цифрового дисплея для індикації рівня сигналу та місця розташування кабелю.
- Розширення функціоналу – наприклад, можливість роботи з різними типами кабелів або додаткові режими пошуку.
- Покращення точності та чутливості – використання сучасних фільтрів та алгоритмів обробки сигналу.

1.3 Вимоги до розробки

Функціональні вимоги:

- модуль має забезпечувати точне розміщення тестованого кабелю під товщею стіни;
- модуль має мати можливість налаштування параметру точності детектування сигналу;
- модуль має мати можливість працювати від власного елементу живлення.

Критерії ефективності модуля:

- модуль має бути надійним і працювати без збоїв протягом тривалого часу;
- модуль має бути безпечним для використання і не повинен завдавати шкоди користувачу;
- модуль має бути зручним у використанні;
- модуль має мати можливість зміни антени на приймачі та конекторів на виходах генератору;
- модуль має бути доступним за ціною.

1.4 Аналіз готових рішень

1.4.1 UNI-T UT682

UNI-T UT682 (рисунок 1.1) – портативний цифровий мультиметр, який широко використовується для вимірювання електричних параметрів у різних сферах, зокрема в побуті та технічних дослідженнях. Прилад оснащений яскравим дисплеєм, який відображає виміряні величини, а також має функції автоматичного вимкнення для економії енергії. UNI-T UT682 підтримує вимірювання в широкому діапазоні, включаючи напругу, струм, опір і частоту, а також має можливість тестування транзисторів і діодів. Крім того, він оснащений

функцією звукового сигналу для визначення коротких замикань, що підвищує точність і зручність при роботі з електричними схемами.

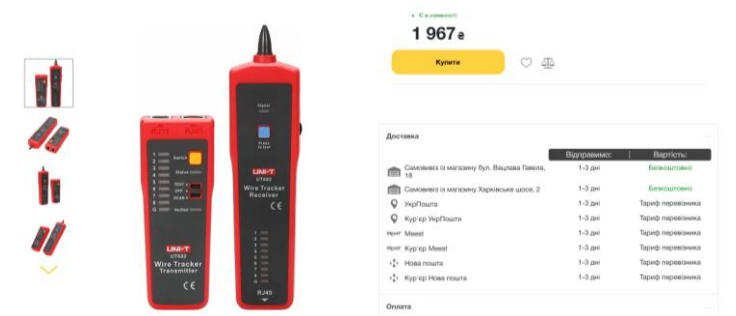


Рисунок 1.1 – UNI-T UT682

1.4.2 MS6818

MS6818 (рисунок 1.2) – універсальний тестер кабелів і проводів, який часто використовується в електротехнічних та інженерних роботах для виявлення пошкоджень і перевірки цілісності кабелів. Прилад оснащений декількома функціями, включаючи автоматичне виявлення кабелів, тестування з'єднань і визначення місця пошкодження проводів. MS6818 підтримує різні типи кабелів, зокрема коаксіальні, телефонні та мережеві, а також може визначати наявність коротких замикань або обривів у проводах. Він має простий у використанні інтерфейс з кольоровим дисплеєм, що робить процес тестування швидким і ефективним.

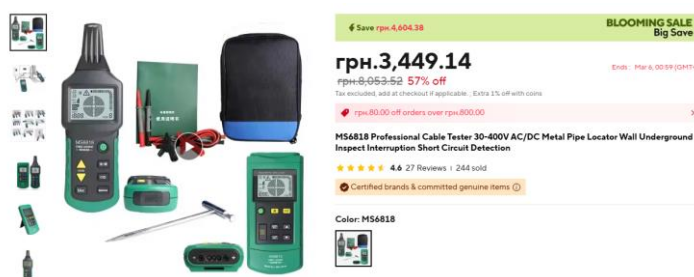


Рисунок 1.2 – MS6818

1.4.3 BENETECH GM60

BENETECH GM60 (рисунок 1.3) – портативний цифровий термометр, який широко використовується для вимірювання температури поверхонь. Прилад

оснащений лазерним датчиком, що дозволяє здійснювати безконтактне вимірювання температури на відстані, що зручне для тестування важкодоступних об'єктів. BENETECH GM60 має широкий діапазон вимірювання та високу точність, що робить його популярним серед фахівців у галузях енергетики, будівництва та механіки. Він оснащений функцією автоматичного вимкнення для економії енергії та великим дисплеєм для зручності відображення результатів вимірювання.

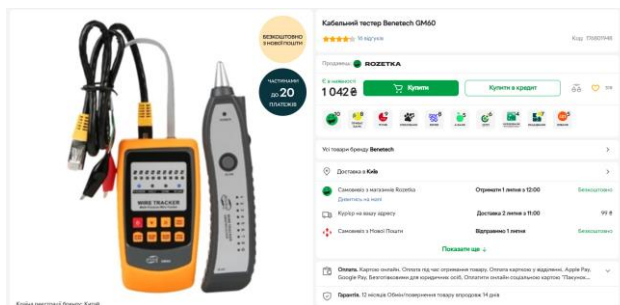


Рисунок 1.3 – BENETECH GM60

1.5 Переваги пристрою перед аналогами

1. Функціональність

- пристрій дозволяє виявляти кабелі навіть під напругою, що спрощує діагностику в реальних умовах експлуатації. Багато аналогів працюють лише з розірваними або безнапруговими лініями.
- завдяки вбудованому генератору сигналу пристрій легко знаходить розриви або проблеми з контактом, чого не завжди можна досягти на дешевших тестерах.

2. Висока точність та ефективність роботи

- пристрій передає тестовий сигнал у кабель, і приймач точно визначає його положення навіть на великій відстані. Аналоги часто мають обмежену чутливість або погано працюють у зашумленому середовищі.

- діапазон роботи досягає 3000 м, тоді як багато аналогів ефективні лише на відстані до 1000–1500 м.
- вбудовані фільтри допомагають мінімізувати вплив електромагнітних перешкод, що покращує точність роботи.

3. Простота використання та ергономіка

- пристрій зручний у використанні, має невелику вагу, що полегшує його транспортування та експлуатацію.
- мінімальна кількість кнопок та чіткі індикатори дозволяють швидко навчитися працювати з пристроєм без довгого вивчення інструкції.

4. Фінансова частина

- оціночна вартість пристрою становить 600 грн, що значно вигідніше порівняно з професійними кабельними тестерами, які можуть коштувати 4000 грн і більше.
- завдяки точному визначенню місця обриву зменшуються трудовитрати на пошук проблем, що призводить до економії часу та фінансів.
- пристрій має довший термін служби, що дозволяє уникнути частих витрат на заміну або ремонт, які характерні для дешевших аналогів.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО МОДУЛЯ

2.1 Аналіз вхідних даних

2.1.2 Генератор

Пропонований пристрій — генератор імпульсного сигналу, що використовується для керування електронними комутаційними схемами. Він дозволяє створювати періодичні імпульси, які можуть застосовуватися в схемах управління, синхронізації або сигналізації.

Схема складається з логічних інверторів, пасивних елементів (резисторів і конденсаторів), діодів для захисту та стабілізації сигналів, а також світлодіодного індикатора для візуалізації роботи пристрою. Електрична принципова схема генератора імпульсів наведена на рис. 2.1.

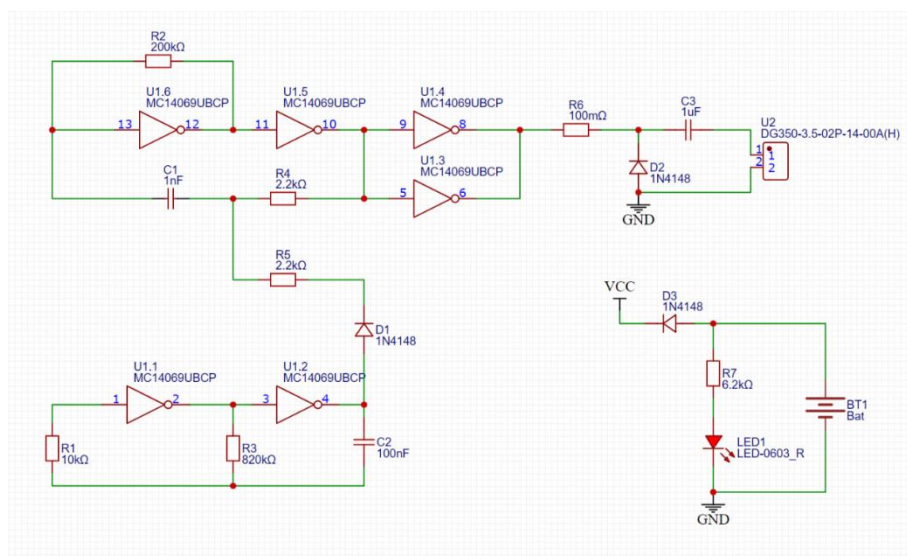


Рисунок 2.1 – Схема електрична принципова

Принцип дії

1) Генерація імпульсів:

- Схема містить інвертори U1.1 – U1.6 (CD4069), які формують генератор імпульсів.

- Основний генератор працює за рахунок зарядки та розрядки конденсаторів C1 і C2, що забезпечує генерацію періодичних імпульсів.
- Резистори R1, R2, R3 визначають параметри зарядки, а отже, і частоту вихідного сигналу.

2) Формування вихідного сигналу:

- Вихідні імпульси проходять через логічні елементи U1.3 – U1.5, що стабілізують їхню форму.
- Діоди D1 і D2 (1N4148) забезпечують обмеження струму та захист від паразитних напруг.
- Вихідний сигнал подається через конденсатор C3 (1 мкФ) на вихідний роз'єм U2, що дозволяє використовувати генератор у зовнішніх ланцюгах.

3) Живлення:

- Пристрій живиться від батареї BT1 (типу "Крона"), забезпечуючи напругу 9 В.
- Діод D3 (1N4148) запобігає зворотному підключенню живлення.
- Світлодіод LED1 у поєднанні з резистором R7 (6,2 кОм) сигналізує про увімкнення пристрою.

Використання пристрою

1) Підключення навантаження:

- Для перевірки або тестування сигналу необхідно підключити навантаження до контактів типу «Крокодил» що підключаються на клемник U2.
- Один контакт навантаження під'єднується безпосередньо, а другий може бути підключений до загального проводу (GND) або залишений вільним, залежно від умов тестування.

2) Робота в умовах перешкод:

- Якщо пристрій використовується в середовищі з високим рівнем електромагнітного шуму, можна змінити частоту роботи генератора.

- Для цього коригуються номінали C1, C2 (зменшення ємності підвищує частоту).
- У разі потреби також можна змінювати значення R2 і R3, що дозволяє точніше налаштувати параметри генерації.

Складові елементи схеми

1) Мікросхема (U1) — інвертор CD4069, який використовується для побудови генераторів сигналу. Забезпечує необхідні логічні операції та стабільну роботу схеми.

2) Діоди (D1-D3) — 1N4148, швидкодіючі випрямні діоди, що запобігають зворотному струму, стабілізують напругу та захищають інші компоненти.

3) Резистори:

- R1, R2, R3 — задають параметри генератора, визначаючи частоту сигналу.
- R4, R5 — обмежують струм для коригування форми сигналу.
- R6, R7 — використовуються для захисту та стабілізації роботи навантаження.

4) Конденсатори (C1-C3) — виконують функції накопичення та згладжування:

- C1 — визначає частоту генерації.
- C2 — використовується у фільтрі сигналу.
- C3 — стабілізує вихідний сигнал перед передачею на навантаження.

5) Світлодіод (LED1) — індикатор роботи пристрою, що світиться при подачі живлення.

6) Роз'єм (U2) — вихідний контакт для підключення навантаження.

7) Джерело живлення (BT1) — батарея 9 В, що забезпечує автономну роботу пристрою.

Опис роботи

Після подачі живлення мікросхема CD4069 починає генерувати прямокутні коливання, які проходять через каскади інверторів та резисторно-ємнісні ланцюги, що визначають частоту генерації. Отриманий сигнал

формується та передається на вихідний роз'єм U2, де він може бути використаний для керування зовнішнім пристроєм або діагностики електричних ланцюгів.

Світлодіод LED1 індикує роботу пристрою, сигналізуючи про подачу живлення. Діоди D1-D3 забезпечують захист схеми від зворотної полярності та стабілізують роботу генератора.

Переваги та недоліки

Переваги:

- простота конструкції та доступність компонентів⁴
- низьке енергоспоживання, що забезпечує тривалу автономну роботу;
- можливість використання для перевірки електричних ланцюгів або як джерело тестового сигналу.

Недоліки:

- робоча частота фіксована та потребує зміни номіналів компонентів для налаштування;
- відносно низька потужність сигналу, що обмежує дальність його розповсюдження.

2.1.2 Приймач

Пропонований пристрій — підсилювач низькочастотного сигналу. Це електронний пристрій, який приймає слабкі електричні сигнали та підсилює їх до рівня, достатнього для відтворення на динаміку. Він використовується як приймач згенерованого сигналу з тестованого кабелю.

Схема складається з попереднього підсилювача на польовому транзисторі, основного каскаду підсилення на мікросхемі LM386 та керуючого транзисторного ключа, що дозволяє вмикати або вимикати пристрій. Вхідний сигнал проходить через попереднє посилення, фільтрацію небажаних частот і основне підсилення, після чого подається на динамік. Електрична принципова схема підсилювача низькочастотного сигналу наведена на рис. 2.1.

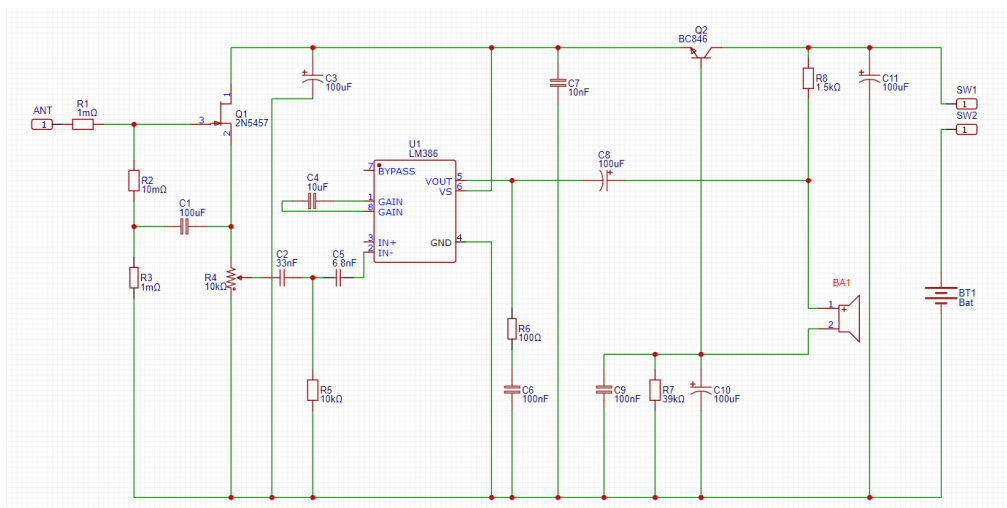


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова

1) Структура схеми

Схема складається з кількох функціональних блоків:

- вхідний каскад на польовому транзисторі Q1 (2N5457);
- операційний підсилювач на мікросхемі U1 (LM386);
- керуючий транзисторний ключ Q2 (BC846);
- живлення і фільтрація напруги.

Принцип дії

2) Попереднє підсилення сигналу

- слабкий сигнал приймається через вхід ANT;
- опір R1 ($1\text{M}\Omega$) обмежує вхідний струм, а R2 ($10\text{M}\Omega$) підтягує затвор транзистора Q1 до потенціалу землі;
- конденсатор C1 ($100\mu\text{F}$) слугує для блокування постійної складової, пропускаючи лише змінний сигнал;
- польовий транзистор Q1 (2N5457) працює як попередній підсилювач, збільшуючи рівень сигналу;
- резистори R3 ($1\text{M}\Omega$) та R4 ($10\text{k}\Omega$) формують режим роботи Q1.

3) Основне підсилення

- Сигнал із виходу Q1 подається на мікросхему U1 (LM386) через ємнісну розв'язку C2 (33nF);

- LM386 — малопотужний підсилювач, що працює на низькій напрузі та забезпечує коефіцієнт підсилення до 200 (при підключенні C4);
- Конденсатори C5 (6.8nF) та C7 (10nF) разом із резистором R5 (10kΩ) формують фільтр, який усуває високочастотні перешкоди;
- Вихідний сигнал підсилювача проходить через конденсатор C8 (100μF), що забезпечує відсічення постійної складової перед подачею на динамік SP1.

4) Керування вихідним каскадом

- для контролю роботи підсилювача використовується транзисторний ключ на Q2 (BC846);
- опір R8 (1.5kΩ) обмежує струм бази транзистора;
- конденсатори C9 (100nF) та C10 (100μF) допомагають згладити імпульсні перешкоди.

5) Живлення пристрою

- джерелом живлення є батарея BT1 (може бути 9В);
- фільтрація живлення здійснюється через конденсатори C3 (100μF) та C11 (100μF), що усувають шум і пульсації.

Використання пристрою

Пошук траси:

Пристрій підноситься антеною до початку траси кабелю який підключений до генератора сигналу та поступово коливальними рухами вздовж стіни визначається точне місце проходження кабелю. Ознакою вірності детекції траси є характерний звук динаміка.

Складові елементи схеми

1) Мікросхема (DA1) — операційний підсилювач LM386, спеціально розроблений для роботи в низькочастотних підсилювачах. Вона забезпечує необхідне посилення вхідного сигналу.

2) Транзистор (VT1) — біполярний транзистор BC547, що працює у каскаді попереднього підсилення. Він збільшує рівень сигналу до рівня, достатнього для подальшої обробки мікросхемою.

3) Резистори різного номіналу:

- R1-R3 — обмежують струм і задають параметри підсилення.
- R4 — підстроювальний резистор, який дозволяє змінювати коефіцієнт посилення.
- R5-R6 — регулюють рівень вхідного сигналу та стабільність роботи схеми.

4) Конденсатори (C1-C4) — накопичувачі електричної енергії:

- C1, C3 — відповідають за фільтрацію сигналу.
- C3, C4 — згладжують напругу живлення та покращують якість відтвореного сигналу.

5) Динамік (SP1) — випромінює підсилений сигнал.

6) Кнопка (SA1) — механічний перемикач, що вмикає та вимикає підсилювач.

7) Джерело живлення (GB1) — батарея 9 В типу "Крона".

Опис роботи

Після подачі живлення слабкий вхідний сигнал подається на транзисторний попередній підсилювач, який підсилює його та передає на мікросхему LM386. Операційний підсилювач збільшує амплітуду сигналу, коригуючи його частотні характеристики. В результаті оброблений сигнал надходить на динамік, що дозволяє відтворити його з більшою гучністю та чистотою.

За допомогою підстроювального резистора R4 можна змінювати коефіцієнт підсилення, що дозволяє адаптувати роботу пристрою під різні рівні вхідного сигналу.

Переваги та недоліки

Переваги:

- компактний розмір і мобільність завдяки автономному живленню;
- низьке енергоспоживання, що забезпечує тривалий час роботи;
- можливість регулювання рівня підсилення для адаптації до різних джерел сигналу.

Недоліки:

- обмежений рівень вихідної потужності, що підходить лише для малопотужних динаміків;
- необхідність налаштування для оптимальної роботи в різних умовах.

2.2 Визначення вимог по стійкості до механічних і кліматичних впливів

Умови розміщення електронного пристрою визначають рівень впливу на нього механічних і кліматичних факторів. Тому на стадії конструювання необхідно визначити характер і рівень цих впливів. До таких дій відносять дію механічної вібрації та ударів, температурні впливи, дії підвищених і знижених вологості і тиску.

Визначення вимог до механічних і кліматичних впливів здійснюється відповідно до ГОСТ 15150-69.

Цей пристрій передбачається розміщуватися в країнах Європи. Для країн Європи кліматичне виконання пристрою відноситься до категорії - У. В категорії «У» передбачається, що пристрій призначений для роботи в районах з помірним кліматом, де зміна температури від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$, зміна вологості до 80% при температурі 20°C .

Так як даний пристрій розміщується в закритих приміщеннях (об'ємах), де температура і вологість повітря істотно менше, ніж на відкритому повітрі, то для пристрою обрана категорія розміщення - 3, а саме - експлуатація в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури і вологості повітря і вплив піску та пилу істотно менше, ніж на відкритому повітрі. Для даної категорії розміщення робоча температура становить $-45...+40^{\circ}\text{C}$, максимальні робочі температури $-50...+45^{\circ}\text{C}$, відносна вологість -75% при 15°C .

2.3 Вибір мікросхеми

Вибір мікросхеми залежить від специфічних вимог проєкту. Ретельний аналіз функцій, які має виконувати схема, дозволяє визначити ключові параметри, такі як тип логічних елементів, рівні напруги, енергоспоживання, частотні характеристики та сумісність із іншими компонентами.

Окрім технічних характеристик, варто враховувати вартість та доступність мікросхеми. Бюджет проєкту і наявність компонента на ринку можуть суттєво впливати на вибір. Важливо знайти баланс між вартістю та функціональністю, оскільки використання недостатньо продуктивної або надмірно дорогої мікросхеми може призвести до проблем у роботі пристрою або до зайвого зростання витрат на розробку.

2.3.1 CD4069

CD4069 (рисунок 2.3) – серія інверторів, що належить до сімейства КМОН-мікросхем. Ця мікросхема широко використовується в електронних схемах, включаючи генератори, формувачі імпульсів, підсилювачі сигналів і логічні схеми, завдяки своїй універсальності та низькому енергоспоживанню.



Рисунок 2.3 – Мікросхема CD4069

Основні характеристики CD4069:

- CD4069 містить шість незалежних інверторів, що дозволяє використовувати її в різних схемах, де потрібне логічне інвертування сигналів;

- працює в широкому діапазоні напруги живлення (від 3 В до 15 В), що забезпечує сумісність із різними джерелами живлення;
- завдяки КМОН-технології споживає дуже малий струм, що робить її енергоефективною;
- висока вхідна імпеданс та низький вихідний струм забезпечують мінімальне навантаження на попередні каскади схеми;
- може використовуватись у генераторах сигналів, оскільки при відповідному зворотному зв'язку здатна працювати як нестабільний мультивібратор;
- сумісна з іншими цифровими мікросхемами КМОН-серії, що дозволяє легко інтегрувати її в складніші цифрові пристрої.

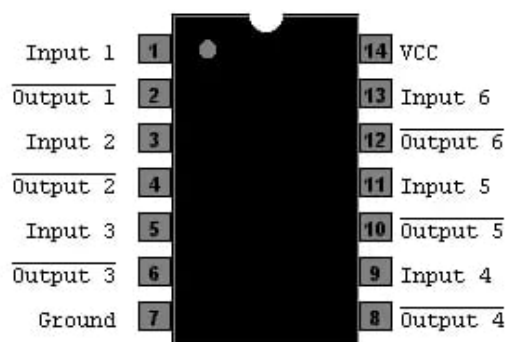


Рисунок 2.4 – Виводи мікросхеми CD4069

Виводи живлення:

- VDD – використовується для подачі живлення на мікросхему;
- Ground – загальний провід (земля).

Вхідні та вихідні виводи:

- Input 1 – Input 6 – входи логічних інверторів;
- Output 1 – Output 6 – відповідні виходи інверторів.

CD4069 є важливим компонентом у схемах цифрової логіки, аналогових перетворень та імпульсних генераторів, що робить її незамінною в багатьох електронних пристроях.

2.3.2 74НС04

74НС04 (рисунок 2.5) – серія логічних інверторів із сімейства високошвидкісних КМОН – мікросхем. Вона широко використовується в цифрових схемах, генераторах тактових імпульсів, формувачах сигналів та інших електронних пристроях завдяки своїй високій швидкодії та низькому енергоспоживанню.

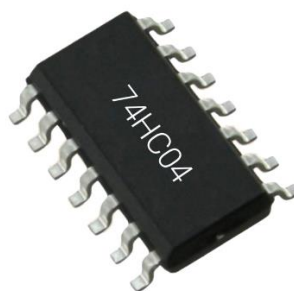


Рисунок 2.5 – Мікросхема 74НС04

Основні характеристики 74НС04:

- 74НС04 містить шість незалежних інверторів, що дозволяє використовувати її в різних цифрових і аналогових схемах;
- Працює в діапазоні напруги живлення від 2 В до 6 В, що забезпечує сумісність із багатьма мікроконтролерами та іншими цифровими компонентами;
- Швидша, ніж CD4069, завдяки технології High-Speed CMOS (час перемикання менший, ніж у традиційних КМОН – мікросхем);
- Низьке енергоспоживання, що робить її придатною для пристроїв з обмеженим живленням;
- Може працювати як генератор сигналів у нестабільному режимі за допомогою зворотного зв'язку;
- Сумісна з іншими логічними мікросхемами НС/TTL, що спрощує інтеграцію у складніші системи.

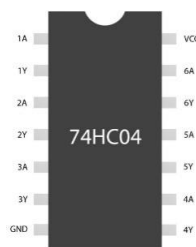


Рисунок 2.6 – Виводи мікросхеми 74HC04

Виводи живлення:

- VCC – використовується для подачі живлення на мікросхему;
- GND – загальний провід (земля).

Вхідні та вихідні виводи:

- A1–A6 – входи логічних інверторів;
- Y1–Y6 – відповідні виходи інверторів.

74HC04 є чудовою альтернативою CD4069 для застосувань, де потрібна вища швидкодія та сумісність із TTL-рівнями. Завдяки своїм характеристикам вона широко використовується в цифрових схемах, генераторах імпульсів та інших електронних пристроях.

2.3.2 SN74LS04

SN74LS04 (рисунок 2.7) – серія логічних інверторів із сімейства Low-Power Schottky TTL (LS-TTL). Вона широко використовується в цифрових схемах, генераторах тактових імпульсів, формувачах сигналів та інших електронних пристроях завдяки своїй високій швидкодії та низькому рівню споживаної потужності.



Рисунок 2.7 – Мікросхема SN74LS04

Основні характеристики SN74LS04:

містить шість незалежних інверторів, що дозволяє використовувати її у різних цифрових пристроях;

працює при живленні 5 В, що забезпечує сумісність із стандартною логікою TTL; швидша за CD4069, завдяки використанню технології Low-Power Schottky, що зменшує час перемикання та втрати потужності:

- має високий вихідний струм, що дозволяє безпосередньо керувати світлодіодами або іншими навантаженнями;
- не підтримує широкий діапазон напруги живлення, на відміну від CD4069, що слід враховувати при виборі;
- низьке споживання енергії у порівнянні з класичними TTL-серіями (завдяки Schottky-діодам).

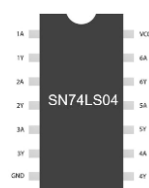


Рисунок 2.8 – Виводи мікросхеми SN74LS04

Виводи живлення:

- VCC – подається стандартне 5 В для роботи мікросхеми;
- GND – загальний провід (земля).

Вхідні та вихідні виводи:

- A1 – A6 – входи інверторів;
- Y1 – Y6 – відповідні виходи інверторів.

SN74LS04 є хорошим вибором для застосувань, де потрібна висока швидкодія та стандартна сумісність із TTL-логікою. Вона добре підходить для класичних цифрових схем та швидкісних систем, однак у випадку необхідності роботи з широким діапазоном напруги краще використовувати CD4069 або 74HC04.

З ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ І ПОПЕРЕДНЯ КОМПОНОВКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Генератор

Мікросхема CD4069

CD4069 (рис. 3.1) — це шестиканальний інвертор на основі КМОП – технології, що забезпечує низьке енергоспоживання та широкий діапазон робочої напруги. Випускається компаніями Texas Instruments, ON Semiconductor та іншими виробниками, широко використовується в цифрових схемах. Ось його основні характеристики і можливості:

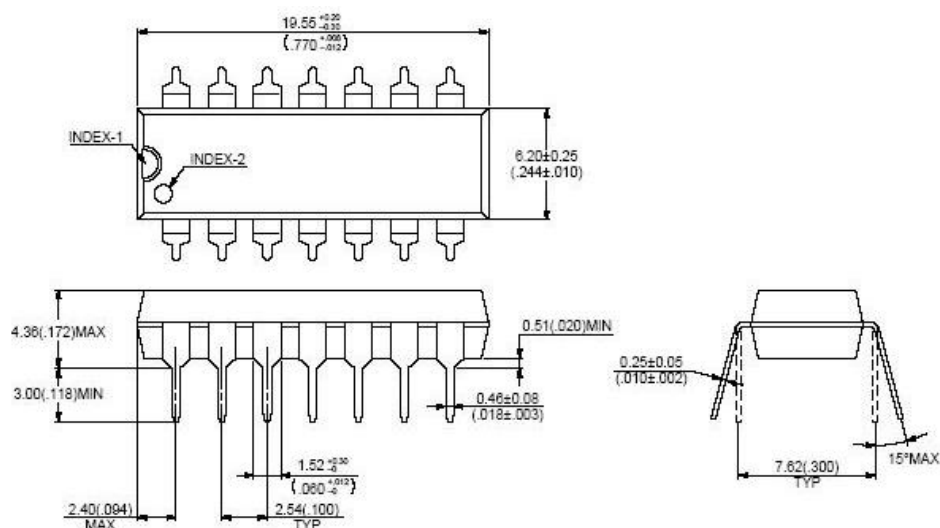


Рисунок 3.1 – Мікросхема CD4069

Основні характеристики:

- Тип: Шестиканальний інвертор на основі КМОП-логіки.
- Живлення: Працює в діапазоні напруги живлення від 3 В до 15 В.
- Час затримки: Середній час перемикання становить приблизно 50 нс при живленні 10 В.

- Швидкість перемикавання: Висока швидкодія, що забезпечує швидке перемикавання логічних рівнів.
- Вихідний струм: Може забезпечувати вихідний струм до ± 10 мА, що дозволяє керувати малопотужними навантаженнями.
- Вхідний опір: Високий вхідний опір і низький вихідний опір, що забезпечує стабільну роботу в логічних схемах.

Основні застосування:

- Висока швидкодія: Низька затримка перемикавання дозволяє використовувати CD4069 у високошвидкісних цифрових схемах.
- Гнучкість використання: Може застосовуватися як у стандартних цифрових схемах, так і в аналогових пристроях (наприклад, для побудови підсилювачів або генераторів сигналів).
- Низьке енергоспоживання: Завдяки КМОП-технології споживає мінімальний струм, що важливо для батарейних пристроїв.

Основні застосування:

- Логічні інвертори: Використовується у цифрових схемах для інверсії логічних рівнів.
- Генератори та осцилятори: На основі CD4069 можна створювати генератори тактових імпульсів, нестабільні мультивібратори та синусоїдальні генератори.
- Підсилювачі сигналу: За певних умов інвертори можна використовувати для побудови простих підсилювачів у аналогових схемах.
- Фільтри та частотні перетворювачі: Використовується у схемах активних фільтрів та частотних детекторів.

Переваги:

- низьке енергоспоживання — підходить для батарейних пристроїв;
- широкий діапазон живлення — забезпечує гнучкість у застосуванні;
- високий вхідний опір — дозволяє працювати з високочастотними сигналами без значного навантаження на джерело.

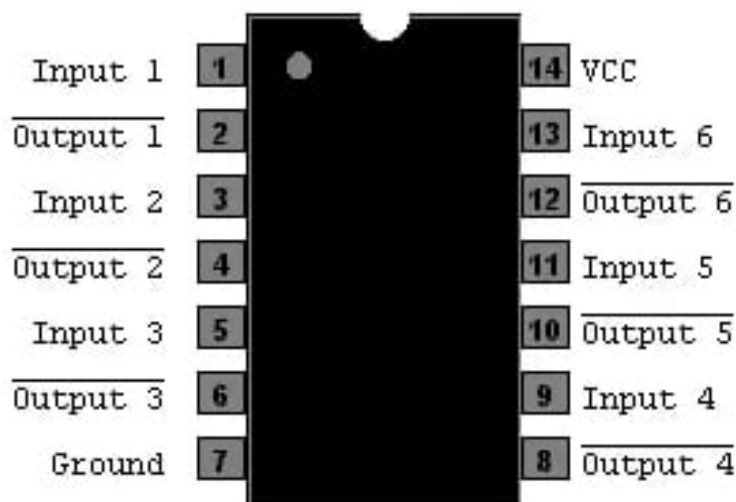


Рисунок 3.2 – Виводи мікросхеми CD4069

Таблиця 3.1 – Призначення виводів

Вивід	Призначення
Input 1	Вхід першого інвертора
Output 1	Вихід першого інвертора
Input 2	Вхід другого інвертора
Output 2	Вихід другого інвертора
Input 3	Вхід третього інвертора
Output 3	Вихід третього інвертора
Ground	Загальний (нуль живлення)
Output 4	Вихід четвертого інвертора
Input 4	Вхід четвертого інвертора
Output 5	Вихід п'ятого інвертора
Input 5	Вхід п'ятого інвертора
Output 6	Вихід шостого інвертора
Input 6	Вхід шостого інвертора
VCC	Живлення (від 3 В до 15 В)

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики мікросхеми CD4069

Параметр	Значення	Од. вим.
Довжина корпусу	19,3 мм	мм
Ширина корпусу	6,4 мм	мм
Висота корпусу	4,5 мм	мм
Кількість виводів	14	
Довжина виводів	3-4 мм	мм
Маса виробу, г	~0,5 г	г
Інтервал робочих температур	від -55 до +125	°C
Напруга живлення	від 3 до 15	В

Резистори R1 – R7

Резистори (R1 – R7) - пасивний елемент електричних ланцюгів, що володіє певним або змінним значенням електричного опору, призначений для лінійного перетворення сили струму в напругу і напруги в силу струму, обмеження струму, поглинання електричної енергії. Резистори R1 – R7 представлені на рис. 3.2. Основні параметри резистора R1 наведені в таблиці 3.3. Основні параметри резистора R2 наведені в таблиці 3.4. Основні параметри резистора R3 наведені в таблиці 3.5. Основні параметри резисторів R4 – R5 наведені в таблиці 3.6. Основні параметри резистора R6 наведені в таблиці 3.7. Основні параметри резистора R7 наведені в таблиці 3.8.



Рисунок 3.3 – Резистори R1 – R7

Таблиця 3.3 – Основні параметри резистора R1

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	10	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	50	В

Таблиця 3.4 – Основні параметри резистора R2

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	200	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	75	В

Таблиця 3.5 – Основні параметри резистора R3

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	820	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	50	В

Таблиця 3.6 – Основні параметри резисторів R4 – R5

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	2.2	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	50	В

Таблиця 3.7 – Основні параметри резистора R6

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний опір	100	МОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	50	В

Таблиця 3.8 – Основні параметри резистора R7

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний опір	6.2	МОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	75	В

Конденсатори C1– C3

Конденсатори (C1 – C3) – пасивні електронні компоненти, здатні накопичувати та зберігати електричний заряд у вигляді електричного поля. Вони використовуються для згладжування напруги, фільтрації сигналів, розділення змінного та постійного струму, формування часових затримок та інших

застосувань в електронних схемах. Конденсатор С1 – С3 представлені на рис. 3.4. Основні параметри конденсатора С1 наведені в таблиці 3.9. Основні параметри конденсатора С2 наведені в таблиці 3.10. Основні параметри конденсатора С3 наведені в таблиці 3.11.

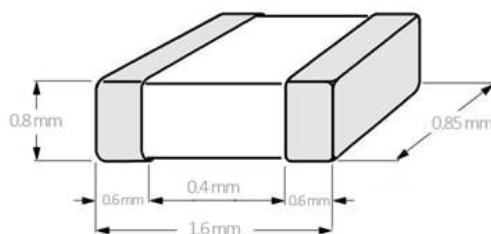


Рисунок 3.4 – Конденсатори С1 – С3

Таблиця 3.9 – Основні параметри конденсатора С1

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний ємність	1000	пФ
Нормований допуск	± 10	%
Максимальна робоча напруга	50	В
Робоча температура	від -55 до +125	°С
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.10 – Основні параметри конденсатора С2

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний ємність	100	нФ
Нормований допуск	± 10	%
Максимальна робоча напруга	50	В

Продовження таблиці 3.10

Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.11 – Основні параметри конденсатора СЗ

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний ємність	1	мкФ
Нормований допуск	±10	
Максимальна робоча напруга	50	В
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Діод 1N4148

1N4148 – це широко поширений кремнієвий малопотужний швидкодіючий діод, який часто використовується в електронних схемах для перемикання та захисту ланцюгів.

Основні характеристики:

- малопотужний сигнальний діод;
- кремнієвий;
- максимальна зворотна напруга до 100;
- максимальний постійний струм, що протікає через діод у прямому напрямку до 300 мА;
- падіння напруги у прямому напрямку приблизно 0,7 В при 10 мА струму;

- час відновлення близько 4 нс (нано-секунди), що робить його одним з найбільш швидкодіючих діодів.

Особливості:

- діод 1N4148 здатен дуже швидко перемикатися між станами, що робить його ідеальним для застосувань, де потрібна висока швидкість роботи, як, наприклад, в імпульсних схемах і цифрових системах;
- кремнієва основа забезпечує високу стабільність і довговічність навіть при регулярних циклах перемикавання;
- компактний, підходить для монтажу на друкованих платах;

Основні застосування:

- використовується для швидкого перемикавання в цифрових і аналогових пристроях;
- використовується для захисту компонентів у схемах від стрибків напруги та коротких імпульсів;
- використовується для швидких перемикань у високочастотних схемах, таких як генератори і таймери;
- присутній у блоках живлення, аудіосистемах, контролерах та інших електронних приладах.

Переваги:

- висока швидкодія;
- надійність і стабільність характеристик;
- широка доступність і низька вартість;
- підходить для роботи в широкому діапазоні частот.

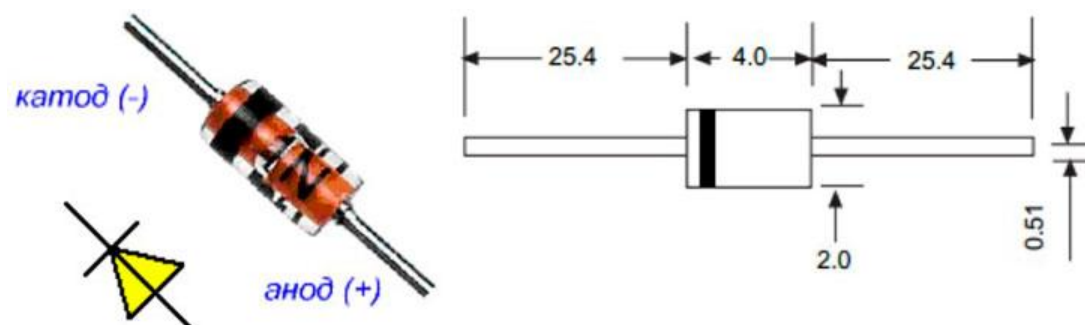


Рисунок 3.5 – Імпульсний діод 1N4148

Таблиця 3.12 – Технічні характеристики імпульсного діода 1N4148

Параметр	Значення	Од. вим.
Розсіювальна потужність	0,5	Вт
Тепловий опір перехід-повітря	300	°C/Вт
Робоча температура	-60 ... +175	°C
Максимальна пряма напруга	1	В
Максимальний зворотній струм	50	мкА
Загальна ємність	4	пФ
Час зворотнього відновлення	4	нс

Діод 1N4148 став стандартом у багатьох електронних пристроях через свою доступність, швидкодію та стабільні робочі параметри.

Світлодіод VD1

Світлодіоди (LED) — це напівпровідникові прилади, які випромінюють світло при протіканні електричного струму через матеріал. Вони використовуються в освітлювальних системах, індикаціях, дисплеях, а також для підсвічування в екранах. Світлодіоди мають високу ефективність, низьке енергоспоживання та тривалий термін служби. Світлодіод VD1 представлений на рис. 3.6. Основні параметри елементу VD1 наведені на табл. 3.13.

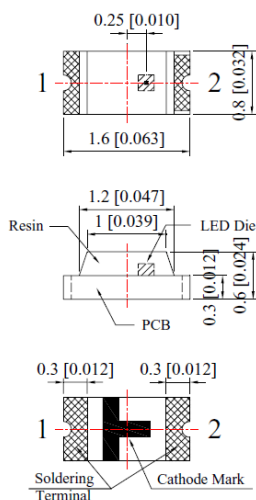


Рисунок 3.6 – Світлодіод VD1

Таблиця 3.13 – Основні параметри світлодіода VD1

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Довжина корпусу	1,6	мм
Ширина корпусу	0,8	мм
Висота корпусу	0,8	мм
Номінальний струм	30	мА
Потужність, що розсіюється	78	мВт
Робоча напруга	2,0 - 2,2	В
Робоча температура	від -40 до +85	°С
Довжина хвилі	625 - 630	нм
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Сила світла	90 - 100	мКд
Кут освітлення	120	°

Клемний блок Degson DG350

Клемний блок Degson DG350 – виріб, призначений для з'єднання проводів. Являє пару (або більше) металевих контактів з вузлами кріплення до них проводів в діелектричному корпусі. Клемний блок Degson DG350 представлений на рис. 3.7. Основні параметри елементу Degson DG350 наведені в табл. 3.14.

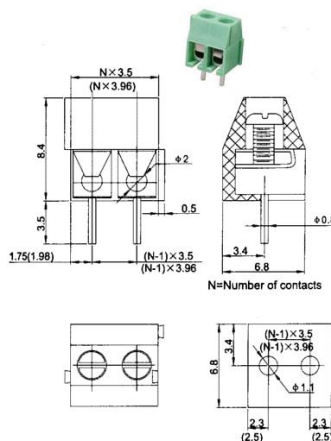


Рисунок 3.7 – Клемний блок Degson DG350

Таблиця 3.14 – Основні параметри клемного блока Degson DG350

Параметр	Значення	Од. вим.
Матеріал корпусу	PA66, UL94V-0	
Мінімальна робоча напруга	0,05	В
Максимальна робоча напруга	300	В
Робоча температура	від -40 до +105	°С
Шаг	3,5	мм
Матеріал контакту	Латунь	
Тип кріплення жили дроту	Гвинтовий	

Вимикач SW1

Вимикач SW1 є типом електричного перемикача, який використовується для керування одним окремим ланцюгом. Вимикач представлений на рис. 3.8. Основні параметри вимикача Degson DG350 наведені в табл. 3.15.

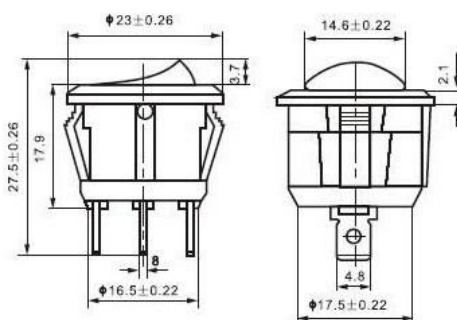


Рисунок 3.8 – Вимикач SW1

Таблиця 3.15 – Основні параметри перемикача SW1

Параметр	Значення	Од. вим.
Матеріал корпусу	PA66, UL94V-0	
Мінімальна робоча напруга	0,05	В

Продовження таблиці 3.15

Параметр	Значення	Од. вим.
Максимальна робоча напруга	250	В
Номінальна сила струму	6	А
Робоча температура	від -40 до +105	°С
Матеріал контакту	Мідь	
Фіксація положення	Так	
Тип кріплення жили дроту	Пайка	

3.2 Приймач**Резистори R1 – R3, R5 – R8**

Резистори (R1 – R3, R5 – R8) – пасивні елементи електричних ланцюгів, що володіють певними значенням електричного опору, призначені для лінійного перетворення сили струму в напругу і напруги в силу струму, обмеження струму, поглинання електричної енергії. Резистори R1 – R3, R5 – R8 представлені на рис. 3.9. Основні параметри резисторів R1 та R3 наведені в таблиці 3.17. Основні параметри резистора R2 наведені в таблиці 3.18. Основні параметри резистора R5 наведені в таблиці 3.19. Основні параметри резистора R6 наведені в таблиці 3.20. Основні параметри резистора R7 наведені в таблиці 3.21. Основні параметри резистора R8 наведені в таблиці 3.16.



Рисунок 3.9 – Резистори R1 – R3, R5 – R8

Таблиця 3.16 – Основні параметри резисторів R1, R3

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний опір	1	МОм
Нормований допуск	± 1	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +155	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	50	В

Таблиця 3.17 – Основні параметри резистора R2

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний опір	10	МОм
Нормований допуск	± 1	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +155	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	50	В

Таблиця 3.18 – Основні параметри резистора R5

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	10	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +155	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	75	В

Таблиця 3.19 – Основні параметри резистора R6

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	100	Ом
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +155	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	75	В

Таблиця 3.20 – Основні параметри резистора R7

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	39	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +155	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	75	В

Таблиця 3.21 – Основні параметри резистора R8

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний опір	1.5	кОм
Нормований допуск	± 5	%
Потужність, що розсіюється	0.1	Вт
Робоча температура	від -55 до +155	°C
Тип резистора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Максимальна робоча напруга	75	В

Потенціометр R4

Потенціометр R4 – є пасивним елементом електричних ланцюгів, що володіє регульованим значенням електричного опору від 0 до 10 кОм. Він призначений для налаштування рівня сигналу, регулювання струму або напруги,

а також калібрування електронних схем. Потенціометр R4 представлений на рис. 3.10. Основні параметри потенціометра R4 наведені в таблиці 3.22.

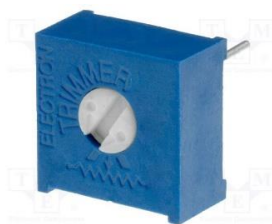


Рисунок 3.10 – Потенціометр R4

Таблиця 3.22 – Основні параметри резистора R8

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	1028	
Довжина	9,5	мм
Ширина	9,5	мм
Висота	5,5	мм
Номінальний опір	10	кОм
Нормований допуск	± 10	%
Потужність, що розсіюється	0.5	Вт
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип резистора	Металокерамічний	
Спосіб монтажу	Панельний або друкований (ТНТ)	
Максимальна робоча напруга	220	В

Конденсатори C1– C2, C4 – C7, C9

Конденсатори (C1– C2, C4 – C7, C9) – пасивні електронні компоненти, здатні накопичувати та зберігати електричний заряд у вигляді електричного поля. Вони використовуються для згладжування напруги, фільтрації сигналів,

розділення змінного та постійного струму, формування часових затримок та інших застосувань в електронних схемах. Конденсатори C1– C2, C4 – C7, C9 представлені на рис. 3.11. Основні параметри конденсатора C1 наведені в таблиці 3.23. Основні параметри конденсатора C2 наведені в таблиці 3.24. Основні параметри конденсатора C4 наведені в таблиці 3.25. Основні параметри конденсатора C5 наведені в таблиці 3.26. Основні параметри конденсатора C6, C9 наведені в таблиці 3.27. Основні параметри конденсатора C7 наведені в таблиці 3.23.

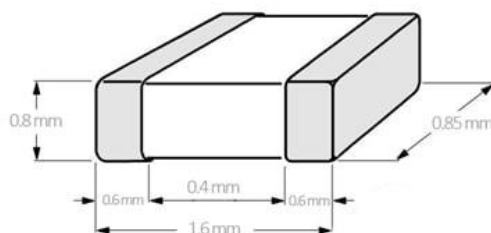


Рисунок 3.11 – Конденсатори C1– C2, C4 – C7, C9

Таблиця 3.23 – Основні параметри конденсатора C1

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний ємність	100	мкФ
Нормований допуск	± 10	%
Максимальна робоча напруга	50	В
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.24 – Основні параметри конденсатора C2

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний ємність	33	нФ
Нормований допуск	± 10	%
Максимальна робоча напруга	50	В
Робоча температура	від -55 до +125	°C
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.25 – Основні параметри конденсатора C4

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний ємність	10	мкФ
Нормований допуск	± 20	%
Максимальна робоча напруга	16	В
Робоча температура	від -55 до +85	°C
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.26 – Основні параметри конденсатора C5

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номинальний ємність	6,8	нФ
Нормований допуск	± 20	%

Продовження таблиці 3.26

Максимальна робоча напруга	10	В
Робоча температура	від -55 до +85	°С
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.27 – Основні параметри конденсаторів С6, С9

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний ємність	100	нФ
Нормований допуск	±10	%
Максимальна робоча напруга	16	В
Робоча температура	від -55 до +85	°С
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Таблиця 3.28 – Основні параметри конденсатора С7

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	0603	
Номінальний ємність	10	нФ
Нормований допуск	±10	%
Максимальна робоча напруга	10	В
Робоча температура	від -55 до +85	°С
Тип конденсатора	Керамічний	
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	

Електролітичні конденсатори С3, С8, С10, С11

Електролітичні конденсатори (С3, С8, С10, С11) – пасивні елементи електричних ланцюгів, що володіють певною ємністю та призначені для накопичення, зберігання й згладжування електричного заряду, фільтрації пульсацій напруги, блокування постійної складової сигналу, а також забезпечення стабільної роботи електронних пристроїв.

Електролітичні конденсатори мають полярність та здатні працювати при високих ємностях (від кількох мікрофарад до міліфарад) і напругах. Вони використовуються у блоках живлення, підсилювачах, фільтрах та імпульсних схемах.

Конденсатори С3, С8, С10, С11 представлені на рис. 3.12. Основні параметри конденсатора С1 наведені в таблиці 3.29.

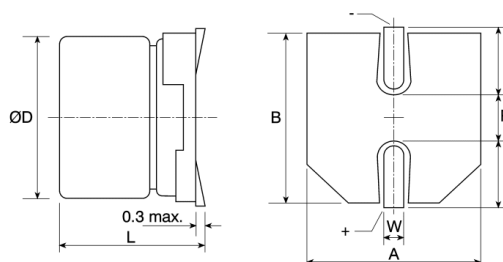


Рисунок 3.12 – Електролітичний конденсатори С3, С8, С10, С11

Таблиця 3.29 – Основні параметри конденсатора С3, С8, С10, С11

Параметр	Значення	Од. вим.
Корпус	Low ESR	
Номінальний ємність	100	мкФ
Нормований допуск	±20	%
Робоча напруга	16	В
Робоча температура	від -40 до +105	°С
Спосіб монтажу	Поверхневий (SMD)	
Діаметр	10	мм
Висота корпусу	10,2	мм

Транзистор 2N5457

2N5457 – це N-канальний JFET (польовий транзистор з керуючим переходом), який широко використовується в електронних схемах для підсилення, комутації та керування сигналами низької напруги. Транзистор Q1 представлений на рис. 3.13. Основні параметри транзистора Q1 наведені в таблиці 3.30.



Рисунок 3.13 – Транзистор 2N5457

Таблиця 3.30 – Основні параметри транзистора 2N5457

Параметр	Значення	Од. вим.
Полярність	N	
Тип корпусу	TO-92	
Максимальна розіювана потужність	0.625	Вт
Гранично допустима напруга сток-джерело	25	В
Гранично допустима напруга затвор-джерело	2.5	В
Мінімальна напруга відсічення	0.5	В
Максимально допустимий струм стоку	0.005	А
Максимальна температура каналу	150	°C

Особливості:

- високий вхідний опір забезпечує мале навантаження на попередні каскади;
- низький рівень шуму ідеально підходить для підсилювачів сигналів.
- лінійна характеристика підсилення корисно для аудіо та радіочастотних схем;

- не потребує значного струму затвора оскільки JFET керується напругою.

Основні застосування:

- використовується в аудіотехніці, передпідсилювачах та ВЧ-фільтрах;
- застосовується в аналогових ключах та селекторах сигналів;
- використовується в схемах стабільних коливань;
- включається у схеми підсилення високочастотних сигналів.

Переваги:

- високий опір входу, що мінімізує навантаження;
- низький рівень шуму, важливий для якісного передавання сигналу;
- широка доступність та низька вартість;
- економічне споживання енергії через малий струм затвора.

Транзистор BC846

BC846 – це біполярний NPN-транзистор загального призначення, який використовується в електронних схемах для підсилення, комутації та цифрових застосувань. Транзистор Q2 представлений на рис. 3.14. Основні параметри транзистора Q2 наведені в таблиці 3.31.

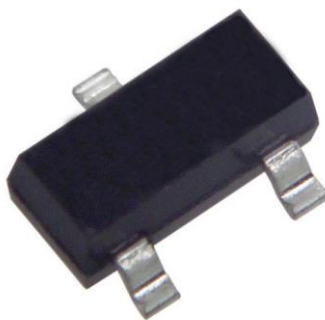


Рисунок 3.14 – Транзистор BC846

Таблиця 3.31 – Основні параметри транзистора Q2 BC846

Параметр	Значення	Од. вим.
Полярність	NPN	
Тип корпусу	SOT23	
Максимальна розсіювана потужність	0.25	Вт
Максимально допустима напруга колектор-база	80	В
Максимально допустима напруга колектор-емітер	65	В
Максимально допустима напруга емітер-база	6	В
Максимальний постійний струм колектора	0.1	А
Гранична температура PN-переходу	150	°С
Гранична частота коефіцієнта передачі струму	100	МГц
Ємність колекторного переходу	6	пФ
Статичний коефіцієнт передачі струму	100	

Особливості:

- компактний корпус SOT-23 підходить для поверхневого монтажу (SMD);
- швидке перемикання підходить для цифрових схем і імпульсних перетворювачів;
- висока стабільність параметрів, добре працює в широкому температурному діапазоні;
- мала потужність розсіювання, до 0.25 Вт.

Основні застосування:

- підсилювачі сигналів у малопотужних аудіо- та ВЧ-схемах;
- цифрові ключі у логічних схемах, керуванні реле та світлодіодами;
- використовується в генераторах і таймерах;
- захист ланцюгів у стабілізаційних та обмежувальних схемах.

Переваги:

- вомпактний розмір, зручний для SMD-монтажу;
- висока частота роботи, що дозволяє використовувати в ВЧ-схемах;
- надійність і стабільність у широкому діапазоні напруг і температур;
- доступність і низька вартість.

Мікросхема LM386

LM386 – це низьковольтний аудіопідсилювач, який широко використовується в малопотужних звукових системах, радіоприймачах, електронних іграшках і портативних аудіопристроях.

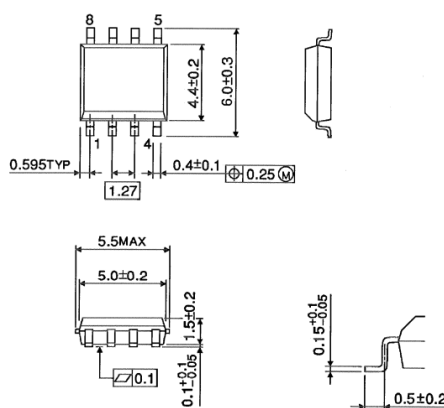


Рисунок 3.15 – Мікросхема LM386

Основні характеристики:

- малопотужний низьковольтний аудіопідсилювач;
- напруга живлення від 4 В до 12 В;
- вихідна потужність до 1 Вт при навантаженні 8 Ом;
- посилення напруги стандартне, 20х (можна збільшити до 200х за допомогою зовнішніх компонентів);
- висока чутливість входу, працює з низькорівневими аудіосигналами без попереднього підсилення;
- низьке споживання струму, типовий споживаний струм – 4 мА при 6 В живлення;
- малий рівень гармонійних спотворень, $\approx 0,2\%$ при 6 В живлення.

Особливості:

- для роботи мікросхеми потрібно мінімум додаткових деталей.
- підсилення може змінюватися від 20х до 200х за допомогою конденсатора та резистора між виводами 1 і 8.
- мікросхема має вбудовану теплову та струмову захист.
- завдяки низькому енергоспоживанню ідеально підходить для портативних пристроїв.

Основні застосування:

- використовується в радіоприймачах, гучномовцях, інтеркомах, електронних іграшках;
- підходить для батарейних колонок та підсилювачів для навушників.
- застосовується в сигналізаціях та аудіосистемах;
- використовується в комунікаційних пристроях та електронних музичних інструментах.

Переваги:

- потребує мінімум зовнішніх компонентів;
- низьке споживання енергії;
- доступний у корпусах DIP-8 і SMD;
- може працювати з різними рівнями сигналу та навантаженням.

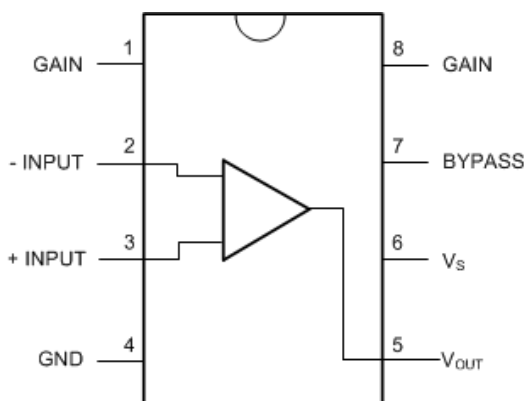


Рисунок 3.16 – Виводи мікросхеми LM386

Таблиця 3.32 – Призначення виводів мікросхеми LM386

Вивід	Призначення
1	Регулювання коефіцієнта підсилення (GAIN)
2	Інверсний вхід (- INPUT)
3	Неінверсний вхід (+ INPUT)
4	Земля (GND)
5	Вихід (VOUT)
6	Живлення (VS)
7	Вхід для байпасного конденсатора (BYPASS)
8	Регулювання коефіцієнта підсилення (GAIN)

Таблиця 3.33 – Технічні характеристики мікросхеми LM386

Параметр	Значення	Од. вим.
Довжина корпусу	9.6 мм	мм
Ширина корпусу	4.0 мм	мм
Висота корпусу	1.75 мм	мм
Кількість виводів	8	
Довжина виводів	3-4 мм	мм
Маса виробу	0,3 г	г
Інтервал робочих температур	від -40 до +85	°C
Напруга живлення	4 – 12	В

Клемний блок Degson DG350

Клемний блок Degson DG350 - виріб, призначений для з'єднання проводів. Являє пару (або більше) металевих контактів з вузлами кріплення до них проводів в діелектричному корпусі. Клемний блок Degson DG350 представлений на рис. 3.17. Основні параметри елементу Degson DG350 наведені в табл. 3.34.

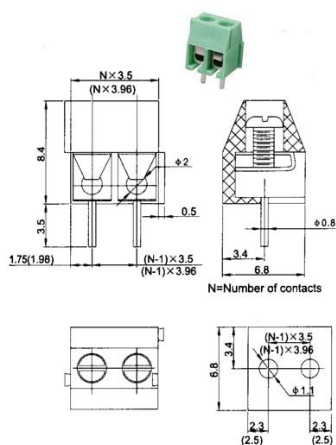


Рисунок 3.17 – Клемний блок Degson DG350

Таблиця 3.34 – Основні параметри клемного блока Degson DG350

Параметр	Значення	Од. вим.
Матеріал корпусу	PA66, UL94V-0	
Мінімальна робоча напруга	0,05	В
Максимальна робоча напруга	300	В
Робоча температура	від -40 до +105	°С
Шаг	3,5	мм
Матеріал контакту	Латунь	
Тип кріплення жили дроту	Гвинтовий	

Вимикач SW1

Вимикач SW1 є типом електричного перемикача, який використовується для керування одним окремим ланцюгом. Вимикач представлений на рис. 3.18. Основні параметри вимикача Degson DG350 наведені в табл. 3.35.

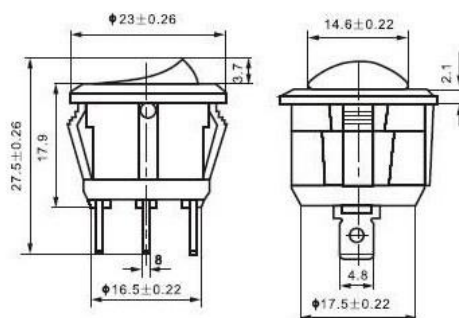


Рисунок 3.18 – Вимикач SW1

Таблиця 3.35 – Основні параметри перемикача SW1

Параметр	Значення	Од. вим.
Матеріал корпусу	PA66, UL94V-0	
Мінімальна робоча напруга	0,05	В
Максимальна робоча напруга	250	В
Номінальна сила струму	6	А
Робоча температура	від -40 до +105	°С
Матеріал контакту	Мідь	
Фіксація положення	Так	
Тип кріплення жили дроту	Пайка	

4. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Розробка конструкції друкованої плати має такі основні стадії:

- вибір і обґрунтування типу друкованої плати;
- вибір і обґрунтування класу точності друкованої плати;
- вибір матеріалу, габаритних розмірів і конфігурації друкованої плати;
- попереднє розміщення навісних елементів;
- трасування провідників і розміщення елементів;
- розробка конструкторської документації друкованої плати.

У даному пристрої використовується двостороння друкована плата.

Відповідно до ГОСТ 23751-86 друковані плати за точністю виконання елементів діляться на п'ять класів точності.

В даному курсовому проекті обраний другий клас точності, так як плати другого класу точності більш надійні і мають меншу вартість, ніж класи вищих рівнів. Плати другого класу точності мають наступні конструктивні параметри:

- мінімальне значення ширини провідника $t = 0,45$ мм;
- мінімальне значення відстані між провідниками $S = 0,45$ мм;
- гарантований поясok $b = 0,2$ мм;
- граничне відхилення діаметра отвору $\Delta d = \pm 0,15$ мм;
- граничне відхилення ширини друкованого провідника $\Delta t = \pm 0,1$ мм;
- допуск на розташування осей отворів $T_d = 0,15$ мм;
- допуск на розташування центрів контактних площадок $T_D = 0,25$ мм.

4.1 Генератор

В якості матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, облицьований мідної оксидованою фольгою (СФ-2). Товщина фольги – 35 мкм. Товщина плати - 1,6 мм. Робочий діапазон температур: від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Габаритні розміри друкованої плати – 55 мм на 30 мм.

Діаметр отвору під висновок вибирають з умови отримання зазору між висновком і стінкою отвори, що забезпечує капілярний проникнення припою в процесі пайки. Мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору з відомим діаметром d визначається за формулою (4.1).

$$D = d + \Delta d_{\text{в.о}} + 2b_{\text{н}} + \Delta t_{\text{в.про}} + 2\Delta d_{\text{тр}} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{н.о}}^2)^{0,5} \quad (4.1)$$

де $\Delta d_{\text{в.о}}$ – верхнє граничне відхилення діаметра отвору – 0,15 мм;

$b_{\text{н}}$ – гарантійний пояс на зовнішньому шарі – 0,2 мм;

$\Delta t_{\text{в.о}}$ та $\Delta t_{\text{н.о}}$ – верхнє і нижнє положення граничні відхилення ширини провідника – 0,1 мм;

$\Delta d_{\text{тр}}$ – значення підщавлювання діелектрика (для двосторонніх плат = 0,03);

T_d – допуск на розташування осей отворів для відповідного класу точності і розмірів плати – 0,15 мм;

T_D – допуск на розташування контактних площадок для відповідного класу точності і розмірів плати – 0,25 мм.

Діаметр висновків мікросхеми $\approx 0,6$ мм

$$d_{\text{отв}} = 0,6 + (0,1 - 0,4) = 0,7 - 1,1 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_1 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Діаметр висновків діодів = 0,5 мм

$$d_{\text{отв}} = 0,5 + (0,1 - 0,4) = 0,6 - 0,9 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_2 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Діаметр ніжок клемного блоку = 0,4 мм

$$d_{\text{отв}} = 0,4 + (0,1 - 0,4) = 0,5 - 0,8 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_3 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Правила виконання креслень друкованої плати як деталі встановлені ГОСТ 2.417-91. Розміри на кресленні друкованої плати вказані за допомогою координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 1,27 мм.

Координатна сітка нанесена на частину поверхні друкованої плати. За початок відліку прийнятий лівий нижній кут друкованої плати. Діаметр отвору,

його умовний знак, діаметр контактної площадки, наявність металізації, кількість отворів об'єднані в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри монтажних отворів і контактних площадок.

Умовне позначення контактних площадок	Діаметр отворів, мм	Наявність металізації в отворі	Кількість отворів	Мінімальний діаметр контактної площадки, мм
	1	без металізації	6	2
	0,7	без металізації	99	1,7
	5	без металізації	4	-

4.2 Приймач

В якості матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, облицьований мідної оксидованою фольгою (СФ-2). Товщина фольги – 35 мкм. Товщина плати – 1,6 мм. Робочий діапазон температур: від -55 ° С до + 125 ° С. Габаритні розміри друкованої плати – 55 мм на 30 мм.

Діаметр отвору під висновок вибирають з умови отримання зазору між висновком і стінкою отвори, що забезпечує капілярний проникнення припою в процесі пайки. Мінімальний діаметр контактної площадки D навколо монтажного отвору з відомим діаметром d визначається за формулою (4.2).

$$D = d + \Delta d_{\text{в.о}} + 2b_{\text{н}} + \Delta t_{\text{в.про}} + 2\Delta d_{\text{тр}} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{н.о}}^2)^{0,5} \quad (4.2)$$

де $\Delta d_{\text{в.о}}$ – верхнє граничне відхилення діаметра отвору – 0,15 мм;

$b_{\text{н}}$ – гарантійний поясок на зовнішньому шарі – 0,2 мм;

$\Delta t_{B.O}$ та $\Delta t_{H.O}$ – верхнє і нижнє положення граничні відхилення ширини провідника – 0,1 мм;

$\Delta d_{тр}$ – значення підщавлювання діелектрика (для двосторонніх плат = 0,03);

T_d – допуск на розташування осей отворів для відповідного класу точності і розмірів плати – 0,15 мм;

T_D – допуск на розташування контактних площадок для відповідного класу точності і розмірів плати – 0,25 мм.

Діаметр висновків мікросхеми $\approx 0,5$ мм

$$d_{отв} = 0,5 + (0,1 - 0,4) = 0,6 - 0,9 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_1 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Діаметр висновків транзистора = 0,5 мм

$$d_{отв} = 0,5 + (0,1 - 0,4) = 0,6 - 0,9 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_2 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Діаметр ніжок змінного резистору = 0,5 мм

$$d_{отв} = 0,5 + (0,1 - 0,4) = 0,6 - 0,9 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_3 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Діаметр ніжок клемного блоку = 0,4 мм

$$d_{отв} = 0,4 + (0,1 - 0,4) = 0,5 - 0,8 \approx 0,7 \text{ мм}$$

$$D_4 = 0,7 + 0,15 + 0,4 + 0,1 + (\sqrt{0,15^2 + 0,25^2 + 0,1^2}) + 0,06 = 1,7 \text{ мм}$$

Правила виконання креслень друкованої плати як деталі встановлені ГОСТ 2.417-91. Розміри на кресленні друкованої плати вказані за допомогою координатної сітки в прямокутній системі координат. Крок сітки 1,27 мм.

Координатна сітка нанесена на частину поверхні друкованої плати. За початок відліку прийнятий лівий нижній кут друкованої плати. Діаметр отвору, його умовний знак, діаметр контактної площадки, наявність металізації, кількість отворів об'єднані в див. таблицю 4.1.

5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

Основними складовими друкованого вузла є друкована плата, навісні і настановні елементи. На складальному кресленні вузла електрорадіоелементи допускається зображати спрощено зовнішніми обрисами. При нанесенні позиційних позначень на кресленні для складових частин, що є елементом принципової електричної схеми, наноситься позиційне позначення, присвоєної цьому елементу в схемі.

Установка навісних елементів на друкованій платі відповідно до ДСТУ 2779-94 здійснюється в отвори друкованої плати. Стандарт при установці резисторів, конденсаторів, напівпровідникових приладів, інтегральних мікросхем і інших елементів на друкованих платах передбачає наступні параметри формованих висновків:

- мінімальний розмір від корпусу елемента до центру кола вигину при формуванні висновків - 1 мм;

При розміщенні елементів на друкованій платі слід дотримуватися таких правил:

- кожен висновок елемента слід встановлювати в окремий монтажний отвір;
- елементи, що встановлюються в монтажні отвори, переважно розташовуються з одного боку друкованої плати.

Складальне креслення пристрою розташовується в графічній частини проекту.

5.1 Генератор

Складальне креслення пристрою показаний на рис. 5.1, друкована плата (сторона 1) – рис. 5.2 і друкована плата (сторона 2) – рис. 5.3

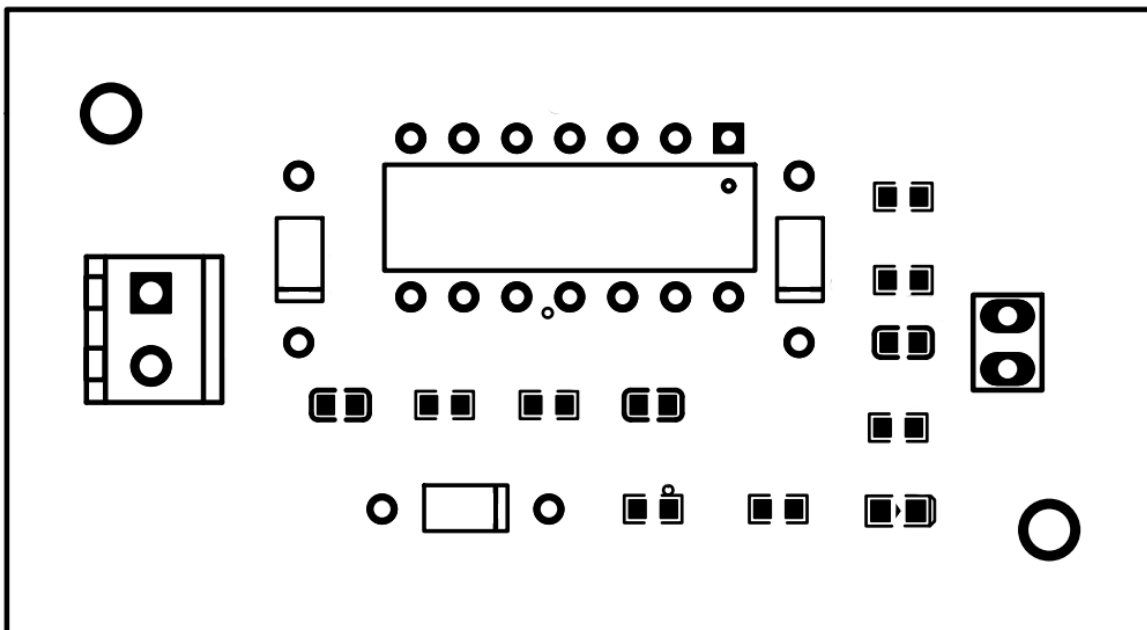


Рисунок 5.1 – Складальне креслення пристрою

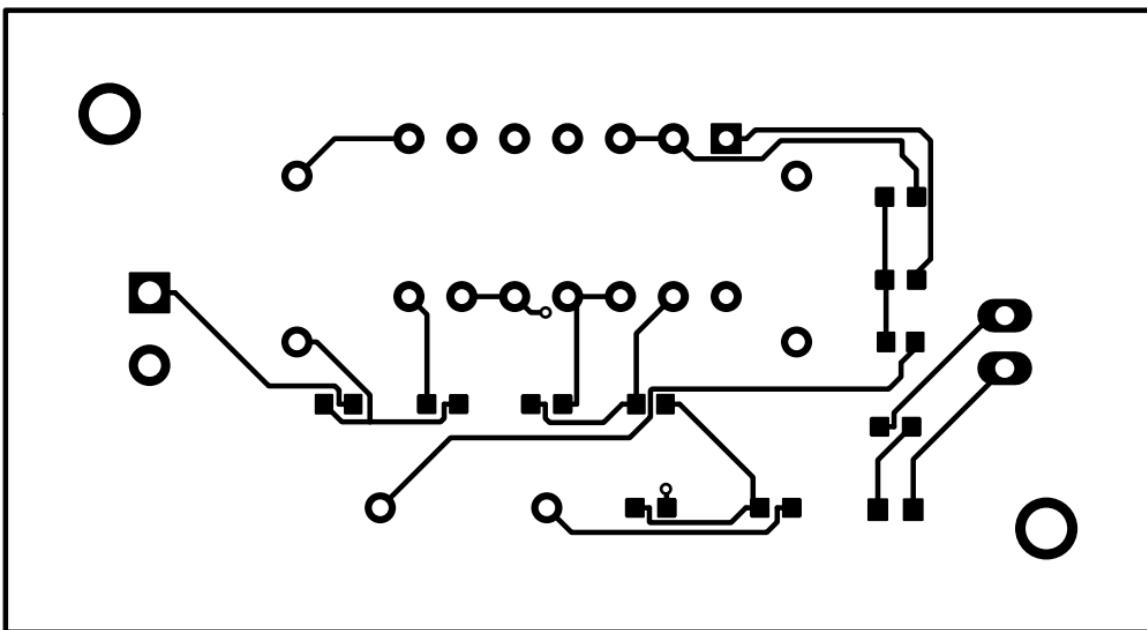


Рисунок 5.2 – Друкована плата (сторона 1)

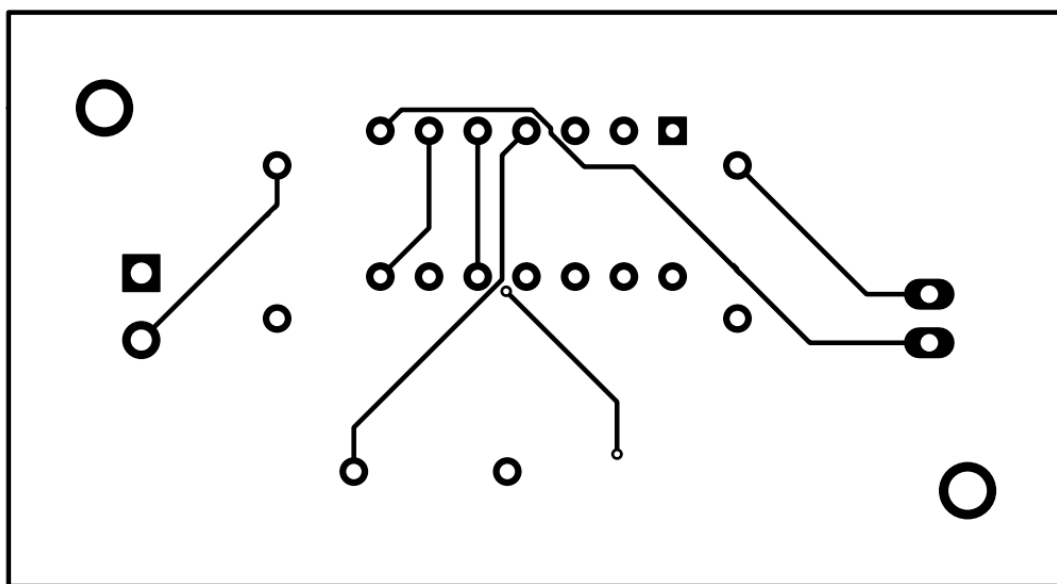


Рисунок 5.3 – Друкована плата (сторона 2)

5.2 Приймач

Складальне креслення пристрою показаний на рис. 5.4, друкована плата (сторона 1) – рис. 5.5 і друкована плата (сторона 2) – рис. 5.6

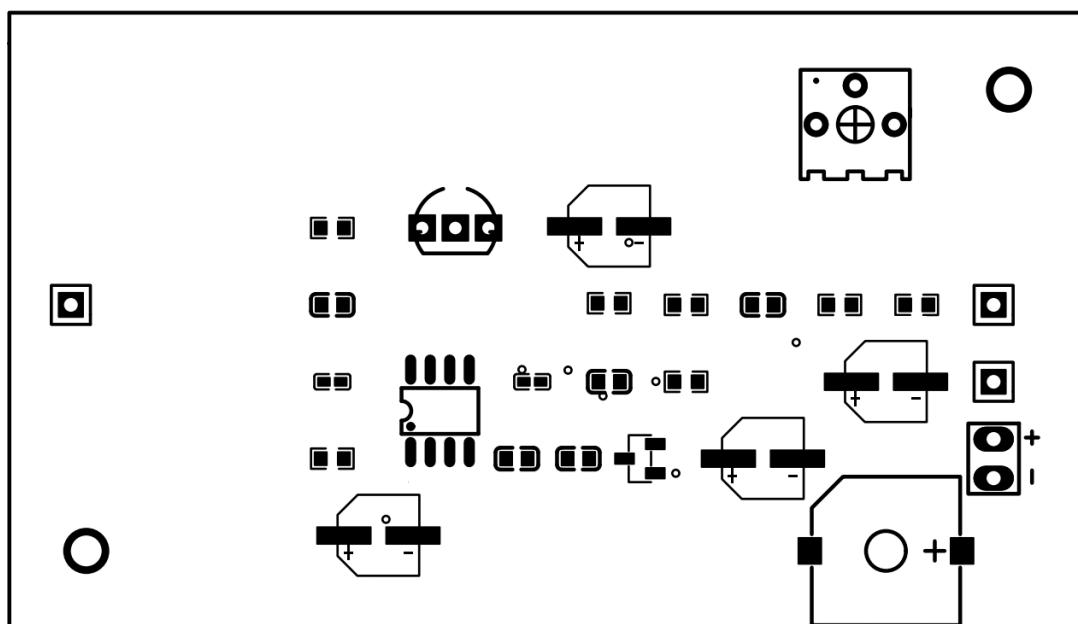


Рисунок 5.4 – Складальне креслення пристрою

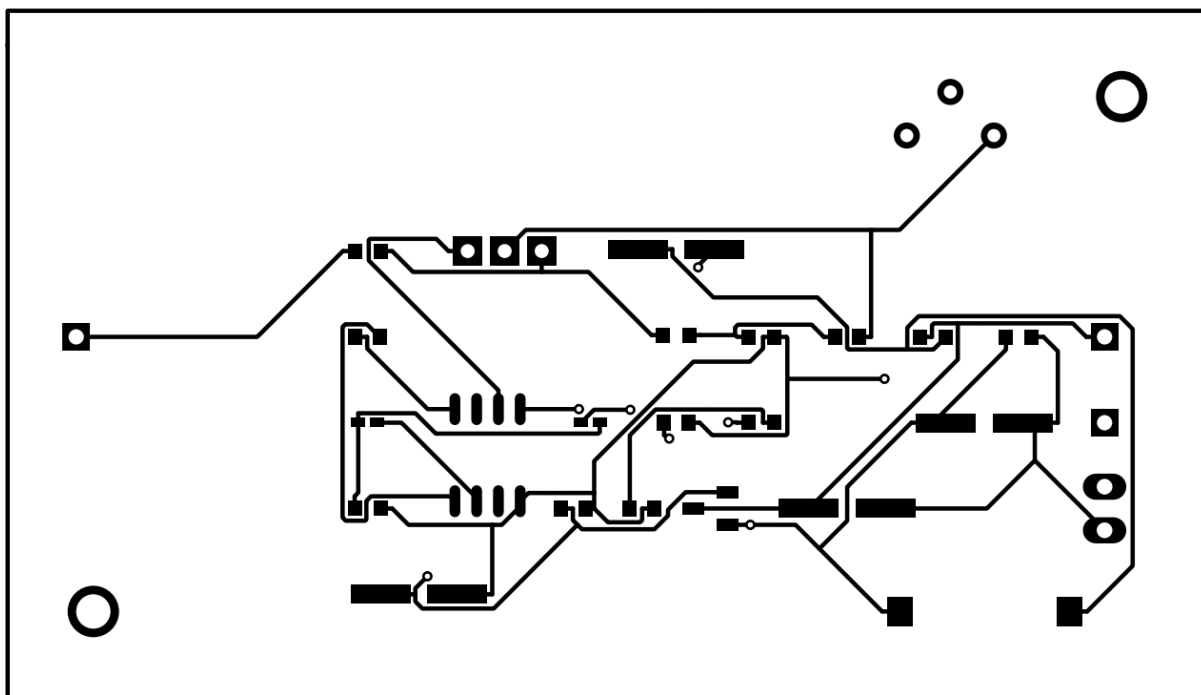


Рисунок 5.5 – Друкована плата (сторона 1)

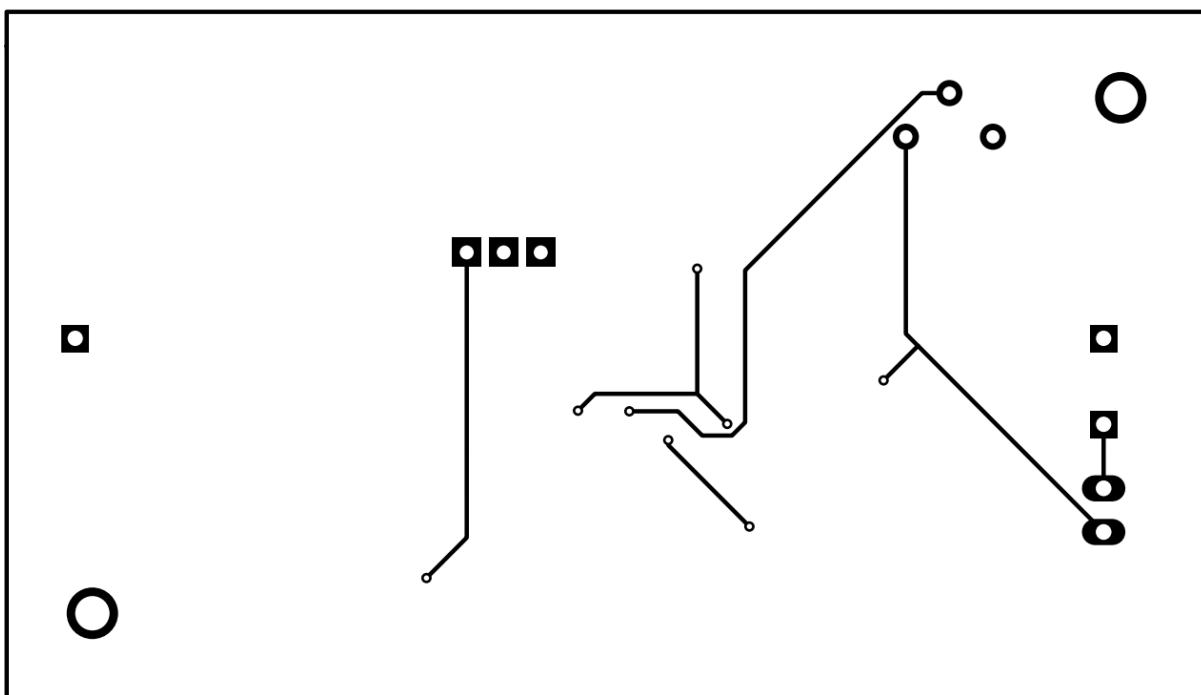


Рисунок 5.6 – Друкована плата (сторона 2)

6 ВИБІР УМОВ ОХОЛОДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ

В процесі роботи електронного пристрою температура нагріву його елементів не повинна перевищувати допустимих технічними умовами значень. При конструюванні необхідні температурні умови досягаються застосуванням відповідних умов охолодження і раціональною компоновкою при конструюванні.

Попередній вибір системи охолодження проводиться за допомогою графіків, що характеризують область доцільного застосування різних способів охолодження.

6.1 Генератор

Оцінка проводиться на підставі попередніх даних по величині теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну згідно з формулою (6.1).

$$p = P \cdot k_p / S_n \quad (6.1)$$

де P – сумарна розсіювальна потужність електронного пристрою;

k_p – коефіцієнт, що враховує тиск повітря ($k_p = 1$);

S_n – поверхня теплообміну, що визначається геометричними розмірами корпусу електронного пристрою.

$$P = \sum p_i \quad (6.2)$$

де p_i – потужність кожного елементу окремо.

$$P = 0,06 + (7 \cdot 0,125) + (3 \cdot 0,015) + (3 \cdot 0,7) + 0,04 + 0,078 = 3,2 \text{ Вт.}$$

Корпус проектного пристрою прямокутної форми з розмірами:

65 × 40 × 20 мм (0,065 × 0,040 × 0,02 м).

Коефіцієнт заповнення обсягу $K_3 = 0,51$.

Поверхня теплообміну

$$S_n = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3 \cdot k_1] \quad (6.3)$$

$$S_n = 2 \cdot [0,065 \cdot 0,04 + (0,065 + 0,04) \cdot 0,5 \cdot 0,02] = 0,026 \text{ м}^2$$

Величина теплового потоку на одиницю площі

$$p = (3,2 \cdot 1) / 0,026 = 123$$

$$Lgp = 2,09$$

Другим параметром оцінки є величина мінімально допустимого перегріву елементів пристрою

$$T_{\text{ПЕР}} = T_{\text{min}} - T_c \quad (6.4)$$

де T_{min} – допустима температура корпусу найменш теплостійкого елемента.

$$T_{\text{min}} = 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

T_c – температура навколишнього середовища. $T_c = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$T_{\text{ПЕР}} = 85 - 23 = 62 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Найбільш доцільно застосовувати природне повітряне охолодження.

Площа поверхні корпусу пристрою визначається за формулою (6.5).

$$S_k = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3] \quad (6.5)$$

$$S_k = 2 \cdot [0,065 \cdot 0,04 + (0,065 + 0,04) \cdot 0,05] = 0,0157 \text{ м}^2$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$P_k = P / S_k \quad (6.6)$$

$$P_k = 3,2 / 0,0157 = 203 \text{ Вт/м}^2$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$P_3 = P / S_n \quad (6.7)$$

$$P_3 = 3,2 / 0,026 = 123 \text{ Вт/м}^2$$

6.2 Приймач

Оцінка проводиться на підставі попередніх даних по величині теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну згідно з формулою (6.8).

$$p = P \cdot k_p / S_n \quad (6.8)$$

де P – сумарна розсіювальна потужність електронного пристрою;

k_p – коефіцієнт, що враховує тиск повітря ($k_p = 1$);

S_n – поверхня теплообміну, що визначається геометричними розмірами корпусу електронного пристрою.

$$P = \sum p_i \quad (6.9)$$

де p_i – потужність кожного елементу окремо.

$$P = 0,08 + (8 \cdot 0,125) + (7 \cdot 0,015) + (4 \cdot 0,0125) + 0,5 + 0,0625 + 0,25 = 2,77 \text{ Вт.}$$

Корпус проектуваного пристрою прямокутної форми з розмірами:

80 × 50 × 20 мм (0,08 × 0,05 × 0,02 м).

Коефіцієнт заповнення обсягу $K_z = 0,56$.

Поверхня теплообміну

$$S_n = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3 \cdot k_1] \quad (6.10)$$

$$S_n = 2 \cdot [0,08 \cdot 0,05 + (0,08 + 0,05) \cdot 0,5 \cdot 0,02] = 0,01 \text{ м}^2$$

Величина теплового потоку на одиницю площі

$$p = (2,77 \cdot 1) / 0,01 = 277$$

$$Lgp = 2,44$$

Другим параметром оцінки є величина мінімально допустимого перегріву елементів пристрою

$$T_{\text{ПЕР}} = T_{\text{min}} - T_c \quad (6.11)$$

де T_{min} – допустима температура корпусу найменш теплостійкого елемента.

$$T_{\text{min}} = 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

T_c – температура навколишнього середовища. $T_c = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$T_{\text{ПЕР}} = 85 - 23 = 62 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Найбільш доцільно застосовувати природне повітряне охолодження.

Площа поверхні корпусу пристрою визначається за формулою (6.16).

$$S_k = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3] \quad (6.12)$$

$$S_k = 2 \cdot [0,08 \cdot 0,05 + (0,08 + 0,05) \cdot 0,05] = 0,021 \text{ м}^2$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$P_k = P / S_k \quad (6.13)$$

$$P_k = 2,77 / 0,021 = 132 \text{ Вт/м}^2$$

Питома потужність розсіювання блоку пристрою

$$P_3 = P / S_n \quad (6.14)$$

$$P_3 = 2,77 / 0,1 = 277 \text{ Вт/м}^2$$

7 РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

Визначення надійності пристрою здійснюється за методикою розрахунку за раптовими експлуатаційними відмовами по відомим показникам надійності елементів пристрою з урахуванням наступних припущень: відмови елементів статистично незалежні і відмова будь-якого елемента призводить до відмови всього пристрою.

Інтенсивність відмов пристрою визначиться за формулою (7.1).

$$\lambda_c = k_\lambda \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda_{0i} \quad (7.1)$$

де:

λ_{0i} – інтенсивність відмови i -го елемента;

a_i – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження приладу;

$k_\lambda = k_{\lambda 1} \cdot k_{\lambda 2} \cdot k_{\lambda 3}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації пристрою;

$k_{\lambda 1}$ – вплив механічних чинників ($k_{\lambda 1} = 1,07$);

$k_{\lambda 2}$ – вплив кліматичних факторів ($k_{\lambda 2} = 1$);

$k_{\lambda 3}$ – умови роботи при зниженому атмосферному тиску. ($k_{\lambda 3} = 1$).

7.1 Генератор

Резистори постійні металооксидні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/г}$.

Коефіцієнт навантаження $k_n = 0,5$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,95$.

Кількість елементів – 7.

Конденсатори металоплівкові.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Коефіцієнт навантаження $k_n = 0,5$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,98$.

Кількість елементів – 4.

Діоди імпульсні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Коефіцієнт навантаження $k_n = 0,5$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,9$.

Кількість елементів – 2.

Світлодіоди.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Коефіцієнт навантаження $k_n = 0,5$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,9$.

Кількість елементів – 1.

Мікросхеми інтегральні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,95$.

Кількість елементів – 1.

Вимикачі.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Кількість елементів – 1.

Акумулятор.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Кількість елементів – 1.

Елементи кріпильні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Кількість елементів – 1.

Плата друкована

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г .}$

Кількість елементів – 1.

Пайка сполучна.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,04 \cdot 10^{-6} \text{ 1/г}$.

Кількість елементів – 44.

Визначимо інтенсивність відмови пристрою:

$$\lambda_c = 1,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot (0,1 \cdot 0,95 \cdot 7 + 0,5 \cdot 0,98 \cdot 4 + 1 \cdot 0,9 \cdot 2 + 7 \cdot 0,9 \cdot 1 + 3 \times \\ \times 0,95 \cdot 1 + 1,8 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1 + 0,04 \cdot 44) = 2,96 \cdot 10^{-5} \text{ 1/г}$$

Середній наробіток на відмову всього пристрою розраховуємо за формулою (7.2)

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} \quad (7.2)$$

$$T_c = 1 / (2,96 \cdot 10^{-5}) = 33783 \text{ г} = 3,86 \text{ роки}$$

7.2 Приймач

Резистори постійні металооксидні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/г}$.

Коефіцієнт навантаження $k_n = 0,5$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,95$.

Кількість елементів – 8.

Конденсатори металоплівкові.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/г}$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,98$.

Кількість елементів – 11.

Мікросхеми інтегральні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/г}$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,95$.

Кількість елементів – 1.

Транзистори.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Поправочний коефіцієнт $\alpha = 0,95$.

Кількість елементів – 2.

Вимикачі.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Кількість елементів – 1.

Системи акустичні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Кількість елементів – 1.

Акумулятор.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Кількість елементів – 1.

Елементи кріпильні.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Кількість елементів – 1.

Плата друкована

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Кількість елементів – 1.

Пайка сполучна.

Інтенсивність відмов $\lambda_0 = 0,04 \cdot 10^{-6} \text{ 1/Г}$.

Кількість елементів – 44.

Визначимо інтенсивність відмови пристрою:

$$\lambda_c = 1,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \cdot (0,1 \cdot 0,95 \cdot 8 + 0,5 \cdot 0,98 \cdot 11 + 3 \cdot 0,95 \cdot 2 + 1,8 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1 + 0,04 \cdot 58) = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ 1/Г}$$

Середній наробіток на відмову всього пристрою розраховуємо за формулою (7.3)

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c} \quad (7.3)$$

$$T_c = 1 / (3,9 \cdot 10^{-5}) = 25641 \text{ г} = 2,93 \text{ роки}$$

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

8.1 Характеристика діляниці

Діляниця призначена для контролю кабельного тестера-трасошукача.

На діляниці виконують наступні операції:

- перевірка напруги;
- перевірка частоти;
- перевірка присутності сигналу

На діляниці встановлене устаткування:

- осцилограф TDS500;
- мультиметр DT9502A;
- вольтметр AoKoZo 21D;
- частотомір MG328

Робота середньої точності, найменший розмір розпізнавання об'єкту від 0,5 до 1 мм, IV розряд зорової роботи.

На діляниці проводяться роботи, що по енергетичних витратах організму відносяться до легких фізичних робіт (менше 628 кДж/год) – до категорії I_б.

8.2 Організація виробничої безпеки

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів спрямованих на збереження здоров'я і працездатність людини в процесі трудової діяльності.

Техніка безпеки – це система технічних заходів, що забезпечують здорові і безпечні умови праці.

На діляниці можливі організаційні та технічні причини травматизму.

До організаційних причин травматизму відносяться:

- відсутність або неякісне проведення інструктажу і навчання;
- відсутність необхідної технічної документації, інструкцій з охорони праці;
- порушення правил проведення робіт, також режимів праці і відпочинку, незадовільна організація і утримання робочих місць, включаючи незабезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов праці, недостатній контроль охорони праці;
- порушення правил безпеки руху, технічної і лінійної експлуатації транспорту; - незастосування засобів індивідуального захисту, недоліки в навчанні й інструктуванні працюючих. До технічних причин травматизму відносять:
- невідповідність нормам безпеки конструкції технологічного устаткування, технологічного оснащення, ручного механізованого інструмента (відсутність, недостатня надійність захисних пристроїв, наявність небезпечних зон);
- невідповідність конструкції устаткування ергономічним вимогам (нераціональне компонування посади керування, незручність обслуговування);
- неправильний вибір устаткування, оснащення, методів, режимів обробки, складання і транспортування;
- відсутність вказівок про способи і засоби безпечного виконання роботи;
- недотримання термінів ремонту;
- несправність технологічного устаткування, оснащення підйомів транспортних пристроїв, ручного інструменту.

Для запобігання перерахованих вище причин травматизму, на ділянці проводяться інструктажі, а також передбачається навчання безпечним методам праці навчальним програмам в системі вищої і середньої фахової освіти і також на виробництві. Теми охорони праці включені в програму загальноосвітніх шкіл, технікумів, професійно-технічних училищ. Для вивчення охорони праці існує

спеціальна література. Навчання техніці безпеки проводяться під час підвищення кваліфікації працівників.

Основними видами контролю охорони праці є: оперативний контроль керівника робіт та інших посадових осіб; адміністративно-громадський контроль; паспортизація умов праці; контроль вимог безпеки труда при атестації робочих місць; контроль що виконується службою охорони праці підприємства; відомчий контроль вищих органів; контроль, що здійснюється органами державного надзору та технічною інспекцією праці.

Для покращення умов праці, введено оперативний контроль який здійснюється адміністрацією на всіх рівнях кожен день в масштабах підрозділів, яку підпорядковуються їй.

Перший ступінь контролю здійснює кожен день майстер із громадським інспектором з охорони праці на ділянці, перевіряючи перед початком роботи стан обладнання, інструменту, робочих місць та готовність працівників до виконання своїх службових обов'язків.

Другий ступінь контролю проводить начальник цеху зі старшим громадським інспектором з ВП цеху разом із технологом, механіком та енергетиком цеху. Один раз на тиждень у встановлений наказом на підприємстві день вони перевіряють на всіх дільницях цеху роботу їх керівників та громадських інспекторів з охорони праці, профгруп, а також ефективність контролю першого ступеня та виконання заходів, передбачених колективною угодою.

Виявлені недоліки при першому та другому ступенях контролю, які не можна відразу виправити, записуються в «Журнал пропозицій з охорони праці на ділянці, цеху». У разі неможливості виправити їх силами відповідних служб ділянки або цеху, про це повідомляють керівництву підприємства для вжиття заходів, та роблять запис до «Журналу пропозицій з охорони праці підприємства».

Третій ступінь контролю проводить головний інженер, старший

громадський інспектор ВП підприємства, начальник відділу ВП, голова комісії ВП профкому заводу, головний механік, головний енергетик та головний технолог, а також представник держнагляду. Один чи два рази на місяць, у наказі по підприємству, вони перевіряють роботу керівників та старших громадських інспекторів охорони праці підрозділів по поліпшенню умов праці, а також виконання плану оздоровчих заходів та ефективність контролю першого та другого ступеню.

Відомчий контроль вищих органів реалізується у вигляді цільових та комплексних перевірок виробничого обладнання та технологічних процесів, що проводяться комісією на чолі з головними спеціалістами міністерств та територіальних управлінь. Такі самі комісії здійснюють відомчий контроль за впровадженням та дотриманням стандартів ССБП.

Державний нагляд за виконанням вимог охорони праці здійснюється спеціальними органами: інспекцією санітарно-епідеміологічної службою МОЗ, Державний пожежний наглядом, Держпромгірнаглядом.

Інспекція санітарно-епідеміологічної служби МОЗ здійснює перевірку виконання підприємствами та організаціями санітарно-гігієнічних та санітарно-протиепідеміологічних норм і правил.

Пожежний нагляд контролює питання профілактики при проектуванні та експлуатації промислових приміщень та споруд в цілому.

Держпромгірнагляд України забезпечує проведення державної експертизи умов праці із залученням служб санітарно-епідеміологічного нагляду, визначає порядок та здійснює контроль якості проведення атестації робочих місць щодо їх відповідності нормативно-правовим актам з охорони праці.

Підвищення знань з питань охорони праці у працюючих на підприємстві досягається систематичним веденням пропаганди, що полягає в ознайомленні робітників з правилами безпеки, виробничою санітарією свідомого ставлення до виконання. Найбільш розповсюджені такі методи:

- проведення інструктажів;

- проведення навчання при відділі підготовки проведення масово-роз'яснювальної роботи;
- проведення заходів загального порядку;
- інструктування.

Обов'язковими інструктажами безпеки праці є: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий.

За невиконання питань з охорони праці на порушників накладаються наступні міри відповідальності:

- адміністративна (штраф, попередження, позбавлення окремих прав);
- дисциплінарна (догана, звільнення з роботи);
- матеріальна (розмір виплати не більше ніж місячна ставка);
- кримінальна (максимальний термін позбавлення свободи 7 років);
- заходи суспільної дії (збори колективу);

Загальними вимогами до засобів попередження травматизму є:

- імовірність запобігання впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працюючих;
- облік індивідуальних особливостей устаткування, інструмента чи пристосовувань технологічних процесів, для яких вони призначені;
- надійність, міцність, зручність обслуговування машин і механізмів у цілому, включаючи засоби захисту.

Огороджувальні пристрої - засоби захисту, що перешкоджають попаданню людини в небезпечну зону. На робочому місці огорожені усі струмоведучі частини приладів. Усі прилади мають плавкі запобіжники для захисту ланцюга від короткого замкнення. Застосовується електричне блокування на електроустаткуванні з напругою від 250 В і вище, що забезпечує ввімкнення устаткування тільки при наявності огороження.

Пристрої попереджувальної сигналізації призначені для попередження про виникнення небезпеки. Найчастіше в них використовують світлові і звукові сигнали, що надходять від різних приладів, що реєструють хід процесу, у тому числі рівень небезпечних і шкідливих факторів.

До технічних засобів попередження відносяться плакати «Не вмикати - працюють люди», «Не заходити», «Не відкривати - висока напруга».

Устаткування повинне розміщуватись так, щоб воно не закривало проходи і зберігався інтервал між сусіднім устаткуванням.

Проїзди повинні бути виконані так, щоб вони могли забезпечити легкий під'їзд до споруди(не менше 3 м).

Між сусідніми спорудами повинні бути розриви, вони повинні бути безпечними і враховуються при будівництві споруд.

Кожному працівнику видається спецодяг: білий халат, біла шапочка, тапочки.

Робоче місце обладнане двома розетками на 220 В та 36 В, у яких різна конструкція і є надпис напруги, металеві корпуси електроустановок заземлені.

До частин, що підлягає заземленню, відносяться:

- корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, і тд.;
- металеві частини обладнання;
- каркаси щитів управління, шаф, щитків;
- металеві корпуси пересувних і переносних електроприладів.

Захисне заземлення застосовується:

- при напрузі від 380 В при змінному струмі, від 440 В при постійному струмі у всіх випадках в будь-яких приміщеннях;
- при напрузі 42 - 380 В при змінному струмі, 110 - 440 при постійному струмі в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і зовнішніх установках;
- при будь-якій напрузі будь-якого струму - у вибухонебезпечних приміщеннях.

Послідовне підключення до заземлюючого провідника декількох частин установки – забороняється.

Заземлення використовується для підвищення техніки безпеки на випадок короткого замикання.

8.3 Гігієна праці та виробнича санітарія

На ділянці дотримані нормальні умови праці згідно з вимогами санітарно-гігієнічних норм для нормальної роботи працівників і запобіганню профзахворювань. По характеру навколишнього середовища приміщення ділянки сухе.

Таблиця 8.1 – Параметри мікроклімату

Параметри мікроклімату	Теплий період року	Холодний та перехідний період року
Температура повітря, °C	20-25	20-23
Відносна вологість, %	60-40	60-40
Швидкість переміщення повітря, м/с	не більше 0,2	Не більше 0,1

Для забезпечення даного мікроклімату ділянка облаштована водяною системою опалення, застосовується загально обмінна і місцева вентиляція.

Стіни приміщення мають помірний зелений колір, підлога паркетна.

Шум на ділянці не перевищує 75дБ, щільність потоку електромагнітного поля не перевищує 10мкВт/см².

Діляниця освітлюється штучним та природним джерелом. Штучне (люмінесцентні лампи) – загальне (з стелі) та місцеве. Перевага такого типу освітлення в тому що такі лампи досить економічні у витратах електроенергії. Але є й недоліки: містять ртуть або ядовиті гази та потрібна спеціальна утилізація. Природне – бічне (з вікон). Загальне освітлення не менше 200 лк.

Діляниця контролю параметрів пристрою кабельного тестера-трассошукача відноситься до екологічно чистого виробництва.

Каналізаційні ходи ділянки підключені до низьких очисних споруд.

8.4 Пожежна безпека

Дільниця контролю параметрів пристрою за пожежо- та вибухопожежною небезпекою відноситься до категорії D.

На дільниці можливі причини пожеж неелектричного й електричного характеру.

До причин неелектричного характеру відносяться:

- необережне і халатне використання вогню ;
- несправність вентиляційної системи;
- самозаймання речовин і матеріалів.

До причин електричного характеру відносяться:

- короткі замикання;
- несправність, перевантаження електроустаткування й електромереж;
- іскріння й електричні дуги;
- загорання внаслідок грозових розрядів, розрядів статичної електрики;
- великі перехідні опори в місцях з'єднань, відгалужень у контактах електромашин і апаратів, що приводять до локального перегріву.

Для запобігання пожежі не електричного характеру проводяться заходи які мають: організаційний, технічний, експлуатаційний і режимний характер.

До організаційних заходів відносяться навчання робітників та службовців пожежної безпеки, проведення бесід, лекцій, інструктажу. Організація пожежної охорони підприємства відбувається з широким залученням робочих та інженерно – технічних робітників шляхом комплектування добровільної пожежної охорони (ДПО).

Члени ДПО сприяють проведенню пожежно-профілактичної роботи та тушать початкові пожежі, причому члени ДПО мають строго визначені обов'язки.

До технічних заходів відносяться дотримання протипожежних правил і норм при проектуванні будинків і споруд, пристроїв електричних мереж і електроустаткування, систем освітлення, вентиляції, опалення, кондиціонування.

До заходів режимного характеру відносяться заборона проведення електрогазозварювальних і інших вогнебезпечних робіт в приміщеннях, заборона

паління в невстановлених місцях.

Експлуатаційні заходи передбачають правильну експлуатацію устаткування, своєчасні регулярні огляди установок, ремонт і їх випробування, правильне розташування будинків і територій.

На ділянці встановлений пожежний щит, що за кількістю задовольняє вимогам ППЗ: 1 щит на 200 м². Він укомплектований різними засобами пожежогасіння та інструментами: ручним вогнегасником ВВК-8, сокирою, азбестовим покривалом 2 на 2 м, багром. Мається ручна система сигналізації.

Ділянці обладнана датчиками теплової дії. Двері приміщення відкриваються назовні, мається запасний евакуихід. Застосовується звукова сигналізація, що оповіщає про пожежу, на будинку цеху мається блискавковідвід.

Усунення причин пожежі електричного характеру проводиться по-різному. Попередження короткого замикання здійснюється правильним вибором, монтажем і експлуатацією мереж, електроустановок, застосуванням захисту схем у виді швидкодіючих реле, вимикачів, безконтактних автоматичних схем захисту, плавких запобіжників.

Для захисту електромережі від перевантажень застосовуються автоматичні вимикачі, теплові реле, запобіжники.

Зменшення контактного опору досягається збільшенням площі контактів, застосуванням нероз'ємних з'єднань проводів – пайкою, зварюванням.

На підприємстві проводиться протипожежні інструктажі та заняття. Протипожежний інструктаж проводиться в два етапи. На першому етапі інструктор місцевої пожежної охорони проводить первинний протипожежний інструктаж з працівниками та службовцями, наново прийнятими на роботу.

Повторний інструктаж прийнятого робочого проводить начальник цеху (відділу, лабораторії) на місці майбутньої роботи.

На ділянках, де технологічний процес має підвищену пожежну небезпеку, крім протипожежного інструктажу проводиться заняття по пожежно – технічному мінімуму з усіма працівниками.

Відповідальність за пожежну безпеку на підприємстві покладена на директора підприємства.

8.5 Розрахунок заземлення

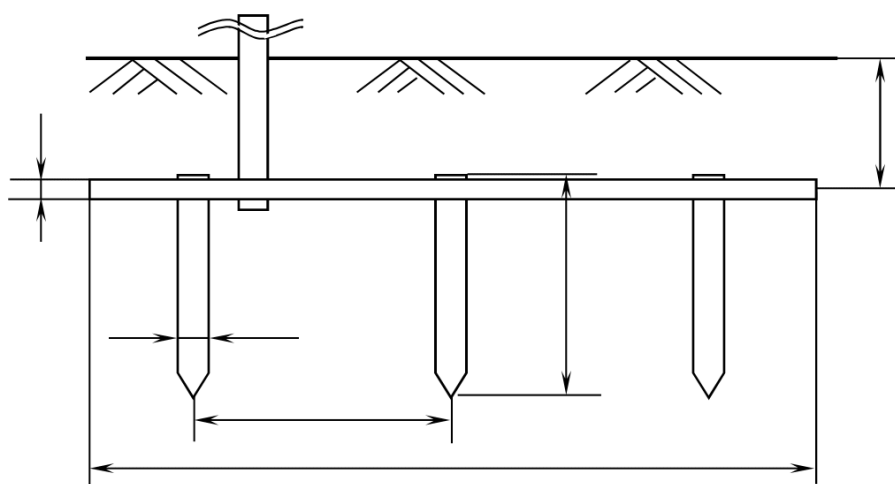
Розрахунок заземлюючого пристрою на ПЕОМ

Початкові дані:

1. Питомий опір ґрунту,	$r = 25 \text{ Ом} \cdot \text{м}$
2. Довжина вертикального стрижня,	$L = 2,7 \text{ м}$
3. Глибина залягання горизонтального заземлювача,	$t_0 = 0,7 \text{ м}$
4. Діаметр вертикального стрижня (ширина полки),	$D(B) = 40,0 \text{ мм}$
5. Ширина горизонтального заземлювача,	$b = 25,0 \text{ мм}$
6. Відстань між стрижнями,	$S = 8,1 \text{ м}$
7. Коеф. сезонності для вертикальних стрижнів,	$\gamma_B = 1,1$
8. Коеф. сезонності горизонтального смугового електрода,	$\gamma_r = 1,2$

Результати розрахунку:

1. Опір одиночного вертикального заземлювача,	$R_0 = 8,51 \text{ Ом}$
2. Опір горизонтального смугового електрода,	$R_{\text{смуг}} = 2,73 \text{ Ом}$
3. Опір групового заземлювача,	$R_{\text{гр.}} = 1,49 \text{ Ом}$
4. Дійсна кількість вертикальних електродів,	$N = 3 \text{ шт.}$
5. Довжина смугового електрода,	$L_{\text{смуг.}} = 17,01 \text{ м.}$



Рисунок

Схема заземлюючого пристрою

Висновок: Опір групового заземлювача $R_{\text{гр.}} = 1,49 \text{ Ом}$, що відповідає вимогам ПУЕ, так як одержана величина $R_{\text{гр.}} < 4 \text{ Ом}$.

ВИСНОВКИ

У межах виконання дипломного проєкту було спроектовано та розроблено кабельний тестер-трасошукач на основі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елемента CD4069. Основною метою розробки було створення доступного, автономного та ефективного пристрою для діагностики прихованої електропроводки та пошуку обривів або коротких замикань у кабельних мережах.

У ході реалізації поставлених завдань було здійснено аналіз існуючих рішень на ринку трасошукачів, виявлено їх недоліки та сформульовано вимоги до нового пристрою. Розроблена принципова електрична схема генератора тестового сигналу та приймача, що дозволило досягти стабільної та точної роботи пристрою. Здійснено вибір елементної бази, виконано попередню компоновку та розробку конструкції друкованих плат. Особливу увагу приділено надійності та енергоефективності пристрою.

Було враховано кліматичні та експлуатаційні умови, що забезпечує працездатність пристрою в межах температур від -10 до $+40$ °C при відносній вологості до 75 %. Завдяки використанню доступних компонентів та програмного середовища EasyEDA було оптимізовано процес трасування плат і виготовлення дослідного зразка.

Оцінка економічної доцільності показала, що вартість пристрою у рази нижча за більшість аналогів, представлених на ринку, що робить його вигідним для побутового та навчального використання. Перспективи подальшого вдосконалення полягають у додаванні цифрового індикатора, змінних режимів роботи та покращенні ергономіки корпусу.

Таким чином, розроблений кабельний тестер-трасошукач відповідає заданим технічним вимогам, є надійним, економічно доцільним, технологічним у виробництві та може бути рекомендований до серійного впровадження або використання в навчальному процесі.

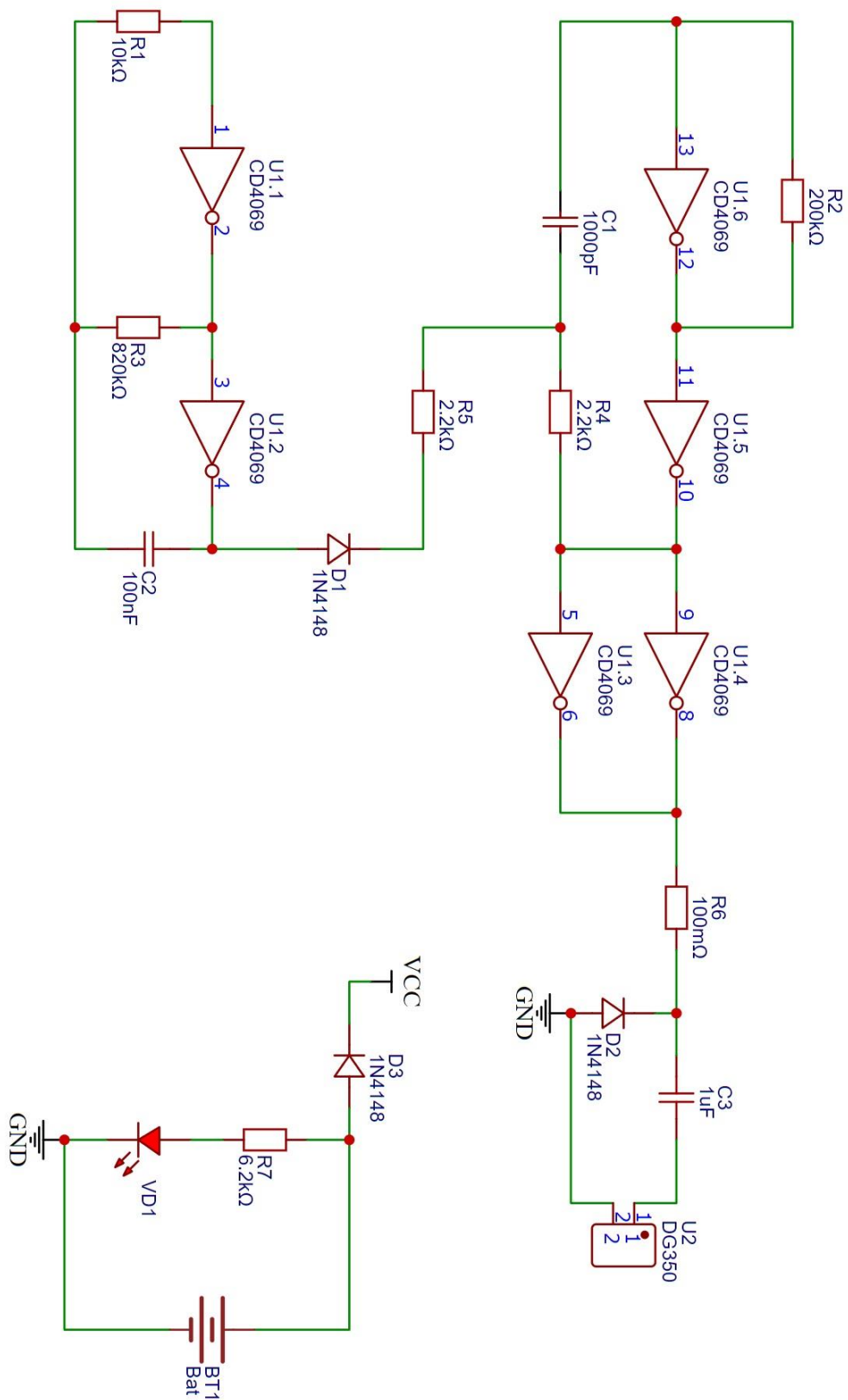
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бойчик І. М. Економіка підприємства: Навч. посібник. — К.: Атіка, 2004г- 480 с.
2. Васильков В.Г. Організація виробництва: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. —524 с.
3. EasyEDA Навчальний посібник: 2020. — 266 с.
4. ДСТУ 3008-95 Документація, звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. 1995
5. Методичний посібник по виконанню курсового та дипломного проєкту. Укладач Васильченко І.А. 2017. — 49с.
6. Методичний посібник по виконанню курсового та дипломного проєкту. Укладач Дишук Л.Г. 2020. — 30с.
7. Методичні рекомендації по виконанню розділу «Охорона праці» в дипломних проєктах. Укладач Куксенко О.І. 2019. — 32с.
8. Охорона праці в галузі зв'язку: Навчальний посібник / І.Д. Коваленко, Т.В.
9. Булгач, П.В. Слободянюк, Р.В. Уваров, - К.:, 2005.-404 с. :іл..
- 10.Методичний посібник для виконання економічного розділу дипломної роботи з теми «Експлуатаційні витрати на перевірку пристрою». 2021. — 12с.
- 11.Дипломна робота Левченко А.С. 2022. — 42 с.
- 12.Курсовий проєкт Левченко А.С. 2024. — 40 с.
- 13.М.І. Хіль, О.П. Арушанов, С.М. Ганжа, Є.П.Герасименко. Навчальне проектування радіоелектронних апаратів. Навчальний посібник. — Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. — 201 с.
- 14.Методичні вазівки до викоання курсового проєкту з дисципліни «Основи конструювання і технології електронних пристроїв» / Упоряд.: Ю.Е. Паеранд – Алчевськ: ДГМІ, 2003. — 38 с.

- 15.Тарасенко, С. В. Електронні пристрої та системи / С. В. Тарасенко. – Київ: Вища школа, 2019. – 315 с.
- 16.Глушков, В. М. Основи електротехніки та електроніки / В. М. Глушков. – Харків: Харківський університет, 2018. – 270 с.
- 17.Петренко, А. А. Аналіз і проектування радіоелектронних пристроїв / А. А. Петренко. – Львів: ЛДУ, 2020. – 395 с.
- 18.Микитенко, І. В. Основи проектування електричних схем / І. В. Микитенко. – Київ: НТУУ «КПІ», 2017. – 450 с.
19. Ковальчук, О. М. Сучасні методи трасування кабелів та діагностики електричних мереж / О. М. Ковальчук. – Черкаси: Черкаський національний університет, 2021. – 298 с.

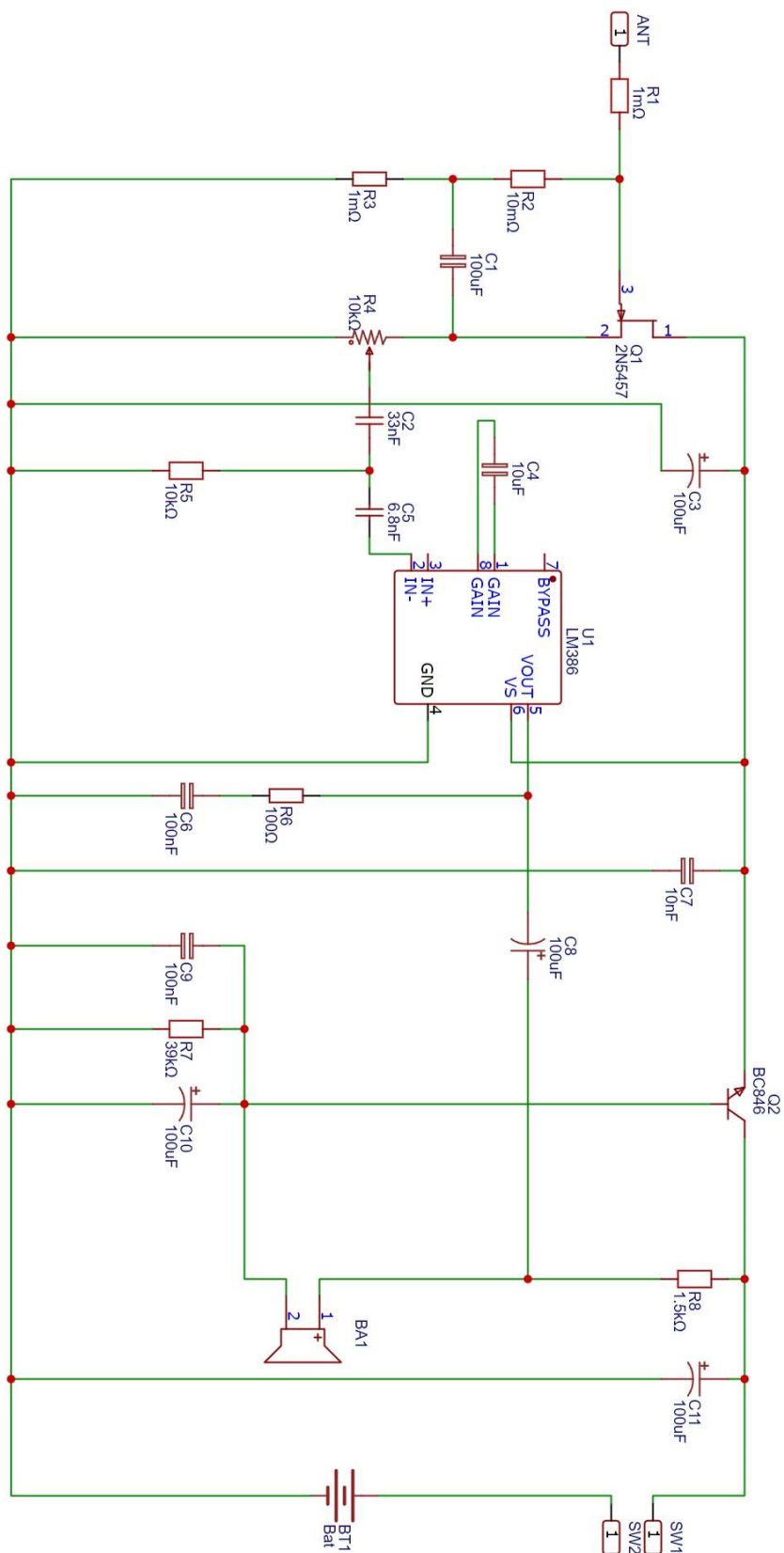
ДОДАТОК А

Схема електрична принципова генератора



ДОДАТОК В

Схема електрична принципова приймача



ДОДАТОК С

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки

Кафедра електронних апаратів

Спеціальність 171 «електроніка»

ДИПЛОМНА РОБОТА

На тему: «Кабельний тестер-трассошукач на базі мікросхеми підсилювача низької частоти

LM386 та логічного елементу CD4069»

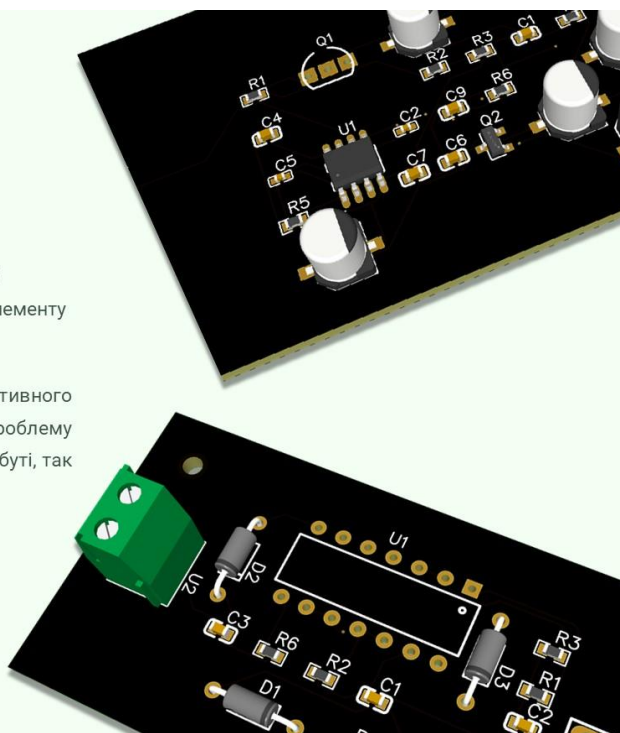
Студент: Левченко А.С., 4 курс, група ЕЛ-216д

Керівник роботи: тюндер І.С.

Вступ

Тема дипломної роботи – кабельний тестер-трассошукач на базі мікросхеми підсилювача низької частоти LM386 та логічного елементу CD4069.

Ця дипломна робота присвячена розробці доступного та ефективного кабельного тестера-трассошукача. Він покликаний вирішити проблему пошуку прихованої проводки, що є актуальною задачею як у побуті, так і в професійній діяльності.



Аналітичний огляд існуючих тестерів

Типи пристроїв

- Континьюїті-тестери (прозвонювачі)
- Активні трасошукачі з генератором
- Індуктивні пошукові пристрої

Недоліки

- Прості прозвонювачі не ідентифікують провід
- Дорога професійна апаратура
- Деякі прилади вимагають використання третьої особи

Наше рішення поєднує функції простого генератора та підсилювача, дозволяючи самостійно знайти відповідний провід. Найближчим аналогом є набори типу «BENETECH GM60», але наша відмінність у застосуванні недорогих елементів (LM386 і CD4069) в умовах обмеженого бюджету.

Загальна структура пристрою



Генератор сигналу

На мікросхемі CD4069 формує прямокутні імпульси (1,5 кГц).



Захисна ланка

Діоди обмежують напругу та захищають генератор від перевантажень.



Підсилювач звуку

На LM386 підсилює слабкий прийнятий сигнал для прослуховування.



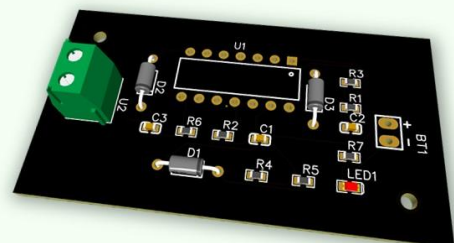
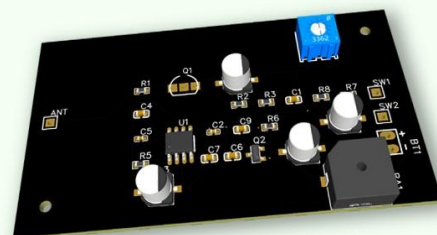
Динамік

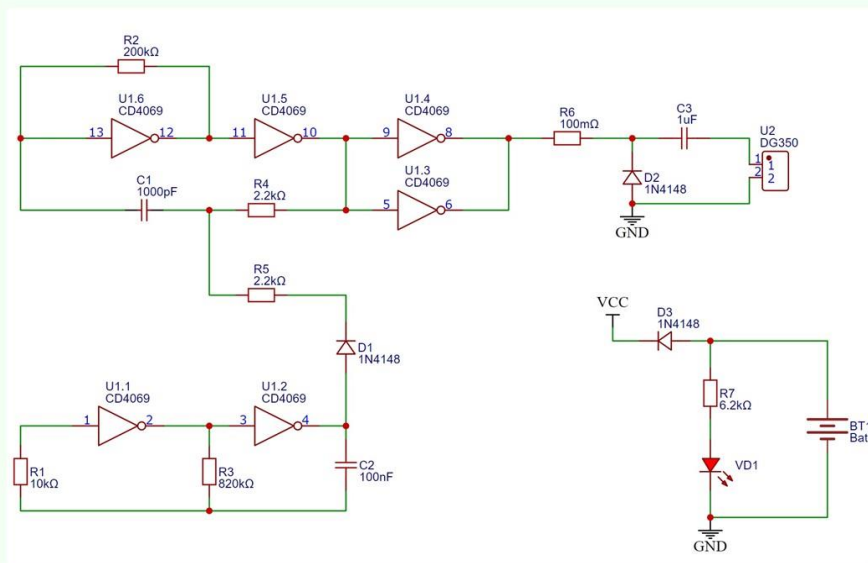
Підключається або наближається до кабелю для уловлювання сигналу.



Джерело живлення

Батарейка «Крона» (9 В) з простою схемою включення.





Технічні особливості та експлуатація

Живлення	9 В батарейка («Крона»), 10–15 годин автономної роботи
Робоча частота генератора	1500 Гц (оптимально для слуху)
Коефіцієнт підсилення LM386	20х (з можливістю збільшення)
Вихідна потужність	0,5–1 Вт на 8 Ω
Портативність	Компактний корпус, невелика вага
Діапазон температур	+5 °С до +40 °С

Умовою безпечної експлуатації є обов'язкове відключення електроенергії на тестованому кабелі. Пристрій розраховано на роботу з різними типами багатожильних кабелів.