

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки

Кафедра інформаційних технологій та програмування

## **Пояснювальна записка**

до магістерської дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Дослідження роботи пристрою безконтактного інфрачервоного  
вимикача світла»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕЛ-23дм  
171 «Електроніка»

(шифр і назва спеціальності)

Міроненко В.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник Самойлова Ж.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Захожай О.І.

(прізвище та ініціали)

# СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
 Кафедра інформаційних технологій та програмування  
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
 Спеціальність 171 «Електроніка»  
(шифр і назва спеціальності)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри ІТП  
\_\_\_\_\_ д.т.н., доц. Захожай О.І.  
(підпис)  
 «     »     2024 р.

## ЗАВДАННЯ

на магістерську дипломну роботу студенту  
Міроненко Володимир Свєновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження роботи пристрою безконтактного інфрачервоного  
 вимикача світла»

керівник роботи доцент, к.т.н. Самойлова Жанна Георгіївна,  
(вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом університету від « 06 » 12 2024 року №361/15.15-С

2. Строк подання студентом роботи: 15 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали науково-дослідної практики, науково-методична література; дані інтернет-мережі .

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

4.1 Вступ

4.2 Аналітичний огляд питання (огляд публічних джерел інформації)

4.3 Основна частина, в якій висвітлити методи, які будуть використовуватися для реалізації проекту.

4.4 Практична частина – розробка конструкції пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла

4.4 Висновки

4.5 Перелік використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

---



---

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 08 листопада 2024р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Одержання завдання на виконання роботи	08.11.2024	
2.	Укладання і погодження з керівником плану і етапів виконання роботи	11.11.2024	
3.	Узагальнення даних літературних джерел	12.11.2024	
4.	Аналіз шляхів виконання завдання. Вибір і погодження з керівником оптимального шляху виконання завдання	18.11.2024	
5.	Аналіз технічних засобів та існуючих систем	21.11.2024	
6.	Реалізація практичної частини завдання	29.11.2024	
7.	Укладання, оформлення та погодження пояснювальної записки з керівником	05.12.2024	
8.	Надання пояснювальної записки на кафедрі	06.12.2024	
9.	Підготовка доповіді та презентації	09.12.2024	

Студент Міроненко В.Є.  
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи Самойлова Ж.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:

77 сторінок , 26 рисунків, 17 таблиць, 12 джерел, мова - українська.

ІНФРАЧЕРВОНИЙ, СВІТЛОДІОД, СТРИЧКА, ПРИЙМАЧ,  
ЕЛЕКТРОРАДІОЕЛЕМЕНТ, РЕЗИСТОР, КОНДЕНСАТОР, МІКРОСХЕМА,  
ПОЛЬОВИЙ ТРАНЗИСТОР, ДРУКОВАНИЙ ПРОВІДНИК, МОНТАЖНИЙ  
ОТВІР, КОНТАКТНА ПЛОЩАДКА, КОНСТРУКЦІЯ, ТРАСУВАННЯ

Об'єкт розробки – дослідження пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла, топологічне проектування пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла.

Мета роботи - дослідити процес розробки пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла, спроектувати топологію плати пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла на основі схеми електричної принципової відповідно до вимог технічного завдання.

Метод дослідження - теоретичний із застосуванням комп'ютерної техніки.

У дипломній роботі досліджені процеси розробки пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла, розраховані показники безвідмовності та спроектована топологія плати пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла на основі схеми електричної принципової. Проведені конструктивні розрахунки, розрахунки по постійному та змінному струму. Проаналізовані та узагальнені отримані результати.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АНАЛОГІВ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ.....	8
1.1. Дистанційний вимикач світла за допомогою пульта дистанційного керування (ПДК).....	8
1.2. Дистанційний вимикач світла по бавовні.....	9
1.3. Дистанційний вимикач світла на основі лазера.....	11
1.4. Інфрачервоний вимикач.....	12
1.5. Схема інфрачервоного вимикача.....	15
2.АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	19
2.1. Аналіз схеми електричної принципової.....	19
2.2. Вибір елементної бази.....	22
3.РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ.....	52
3.1. Вибір конструкції друкованої плати.....	52
3.2. Конструктивно-технологічний розрахунок друкарського монтажу.....	56
3.3. Визначення мінімальної ширини друкованих провідників.....	57
3.4. Визначення діаметрів контактних майданчиків.....	60
3.5. Розрахунок сумарної потужності споживаної елементами схеми.....	63
3.6. Розрахунок надійності елементів друкованої плати з обліком пайки.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71
Додаток А.....	72
Додаток В.....	75

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЕРЕ - електрорадіоелемент;

НЕ - начіпний елемент;

ДП - друкована плата;

ІС - інтегральна схема;

РЕА - радіоелектронна апаратура;

УГП - умовне графічне позначення;

ДДП - двостороння друкована плата;

АЦП - аналого-цифрового перетворення;

МДН -метал-оксид-напівпровідник;

ІЧ- інфрачервоний.

## ВСТУП

Сучасні технології не стоять на місці, вони швидко змінюються та удосконалюються, змінюючи слідом і людину. І тому вже немає нічого дивного у появі у нашому побуті бездротових вимикачів. Для цього достатньо мати у своєму будинку зручний пристрій, який працює на основі радіо- або інфрачервоних хвиль.

Бездротовий вимикач освітлення - це невеликий механізм, і він влаштований досить просто. Передавачем сигналу служить вимикач, а приймачем – вбудоване в джерело світла. Встановлюється реле безпосередньо в близькості від світильника або в іншому місці, що входить в радіус дії передавача. Особливість передавача - наявність генератора енергії. При натисканні на кнопку посиляється імпульс, який переробляється в електричний сигнал, ловиться приймачем радіохвилі або інфрачервоні хвилі (залежно від моделі вимикача). Один від одного дальністю дії та можливістю керування світлом у сусідній кімнаті.

Особливість передавача – наявність генератора енергії. При натисканні на кнопку посиляється імпульс, який переробляється на електричний сигнал, ловиться приймачем. Такі моделі бездротових вимикачів дорогі, але є і бюджетніший варіант, що передбачає застосування міні-батареї. У системі відсутня електропроводка до вимикача, її замінили радіохвилі або інфрачервоні хвилі (залежно від моделі вимикача). Вони відрізняються один від одного дальністю дії та можливістю керування світлом у сусідній кімнаті.

У даній дипломній роботі досліджувався пристрій безконтактного інфрачервоного вимикача світла. В ході виконання роботи було зроблено аналіз вихідних даних на предмет оптимального вибору електричної принципової схеми та типу електронних компонентів, що входять до складу пристрою, розрахунок ланцюгів пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла та параметрів його компонентів.

Актуальність, теоретична та практична значущість проблеми, що вивчається, зумовили вибір теми дипломної роботи.

## 1.АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АНАЛОГІВ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

### 1.1. Дистанційний вимикач світла за допомогою пульта дистанційного керування (ПДК).

Це проста схема для дистанційного включення та вимикання будь-якого електричного пристрою за допомогою звичайного пульта дистанційного керування (ПДК).

Дальність дії дистанційного вимикача становить близько 10 метрів. Як датчик використовується 3-контактний інфрачервоний (ІЧ) -приймач (TSOP 1738 або його аналог), що працює на частоті 38 кГц. При виявленні ІЧ-випромінювання на виході датчика з'являється сигнал лог.0, який у свою чергу посилюється транзистором

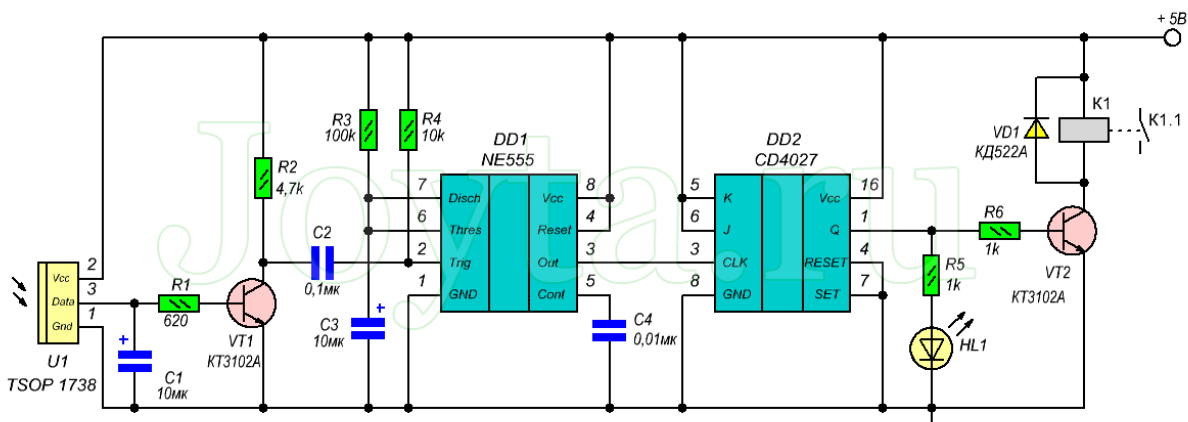


Рисунок 1.1. Схема дистанційного вимикача світла за допомогою пульта дистанційного керування

З виходу транзистора VT1 посилений сигнал запускає мультивібратор на таймері NE555 . Імпульс з виходу (3) таймера, що має тривалість в 1 секунду, перемикає JK-тригер, чий вихід (1) через транзистор (VT2) управляє електромагнітним реле. З кожним новим сигналом від NE555 вихід JK-тригера буде змінюватися на протилежний стан.



Світлодіод HL1 використовується для відображення стану вихідного каскаду під час роботи пристрою. Схема запитана від стабілізатора напруги 7805. Конденсатор C2 та резистор R4 призначені для запобігання помилковому спрацюванню таймера NE555.

## 1.2. Дистанційний вимикач світла по бавовні

### Варіант 1

Ця схема дистанційного акустичного вимикача призначена для дистанційного увімкнення/вимкнення світла або зміни швидкості обертання підлогового вентилятора. Особливість даного дистанційного вимикача в тому, що керування навантаженням відбувається за звуковим сигналом (бавовною). Так само дана схема може бути затребувана, з метою безпеки, для безконтактного включення та вимкнення електроприладів у приміщеннях з підвищеною вологістю.

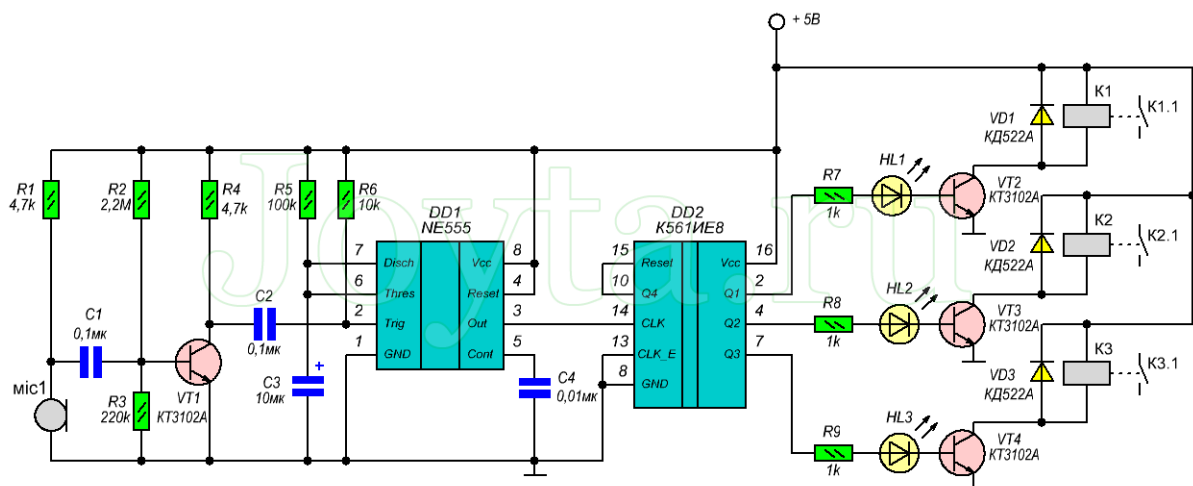


Рисунок 1.2. Схема дистанційного вимикача світла по бавовні

Пристрій має три канали керування, кожен із яких оснащений індикатором на світлодіоді. Основу схеми акустичного вимикача становлять дві мікросхеми: таймер NE555 та десятковий лічильник-дільник K561IE8 (аналог CD4017)

Мікросхема NE555 в цьому випадку підключена в режимі мультивібратора, що чекає. При зміні сигналу на вході 2 таймера NE555, на його виході 3 з'являється одиночний імпульс, після чого мультивібратор, що чекає, переходить у вихідний стан. За допомогою формули, наведеної нижче, можна розрахувати тривалість вихідного імпульсу:

$$T = 1,1 \times R5 \times C4 \quad (1.1.)$$

Коли хтось плескає в долоні, звуковий сигнал за допомогою конденсаторного мікрофона перетворюється на електричний. Потім цей сигнал надходить на базу транзистора VT1, який у свою чергу запускає мультивібратор, що чекає, на NE555.

Сигнал з виходу 3 таймера NE555 надходить на лічильний вхід (вивод 14) мікросхеми K561IE8. Після отримання сигналу тактової частоти рахунок починається з нуля. З кожним новим вхідним сигналом (бавовною) відбувається послідовна поява сигналу високого рівня на виходах K561IE8.

Оскільки схема має три канали для керування, то наступний вихід (вивод 10) підключений до виводу обнулення лічильника (вивод 15), і при появі на виводі 10 логічної 1 відбувається скидання лічильника, в результаті чого всі три канали обнуляються і починається рахунок знову.

При першій бавовні на виводі 2 буде логічна 1 - загориться світлодіод HL1 і ввімкнеться реле K1, при наступній бавовні логічна 1 з'явиться вже на виводі 4 - загориться світлодіод HL2 і ввімкнеться реле K2, при цьому на виводі 2 буде логічний 0 і світлодіод HL1 згасне (реле K1 відключиться) тощо.

## Варіант 2

Звуковий сигнал, прийнятий мікрофоном, посилюється мікрофонним підсилювачем на операційному підсилювачі (ОП) 741. З виходу ОП сигнал надходить на вхід десяткового лічильника K561IE8, робота якого була описана в схемі рисунку 1.2.

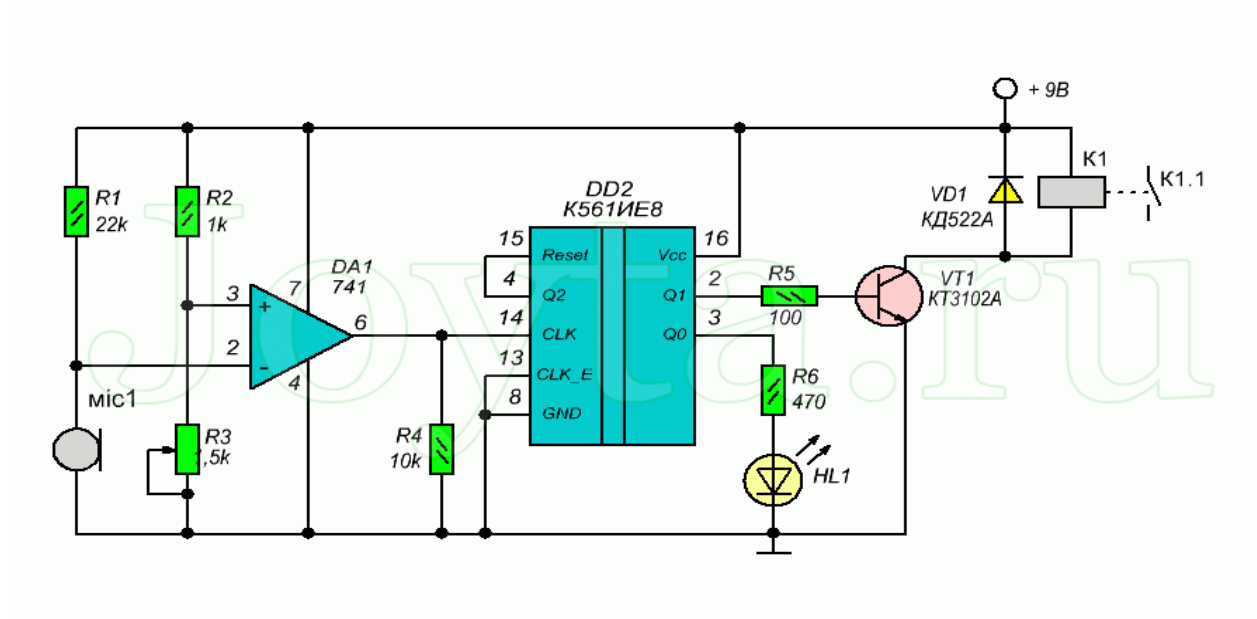


Рисунок 1.3. Друга схема дистанційного вимикача світла по бавовні

З допомогою резистора R3 регулюють чутливість ОП 741. Резистор R1 встановлює чутливість мікрофона. Резистор R4 призначений для виключення помилкових спрацьовувань лічильника K561IE8. Світло світлодіода HL1 вказує на вимкнений стан навантаження.

### 1.3. Дистанційний вимикач світла на основі лазера

Ця проста схема дистанційного вимикача побудована на таймері NE555. Як керуючий елемент використана лазерна указка. Ця схема була випробувана у роботі

з відстані 50 метрів і показала добрі результати. За великим рахунком дальність дії залежить від потужності та якості самого лазера.

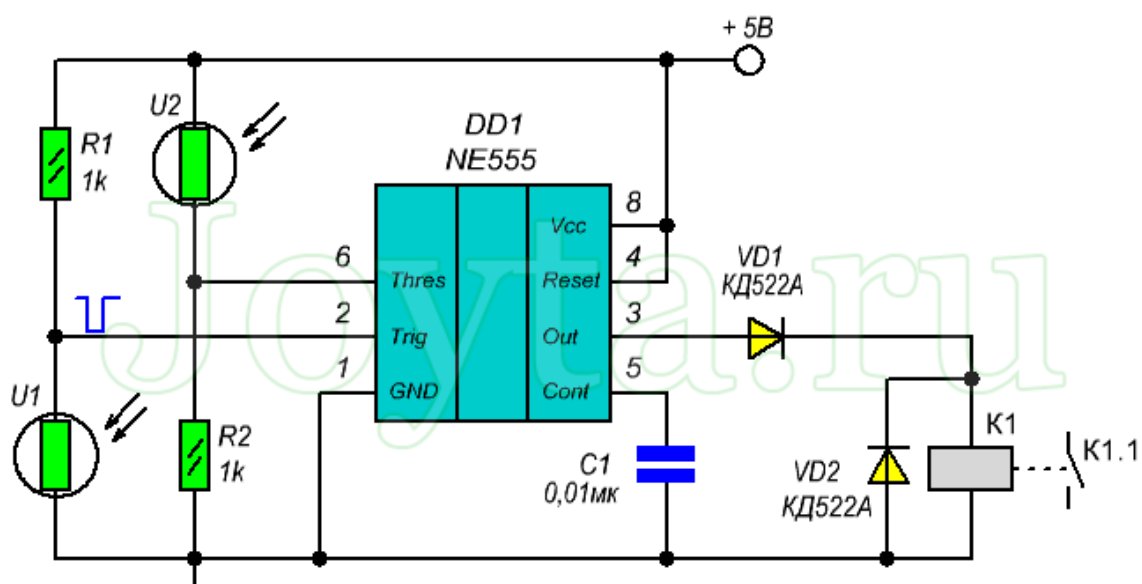


Рисунок 1.4. Електрична схема дистанційного вимикача

При наведенні лазерного променя на фоторезистор U1 відбувається включення навантаження через електромагнітне реле, а при фокусуванні лазерного променя на фоторезистор U2 вимкнення.

#### 1.4. Інфрачервоний вимикач

В основі схеми знаходиться тригер 561тм2 та операційний підсилювач LM358 як порівняч.

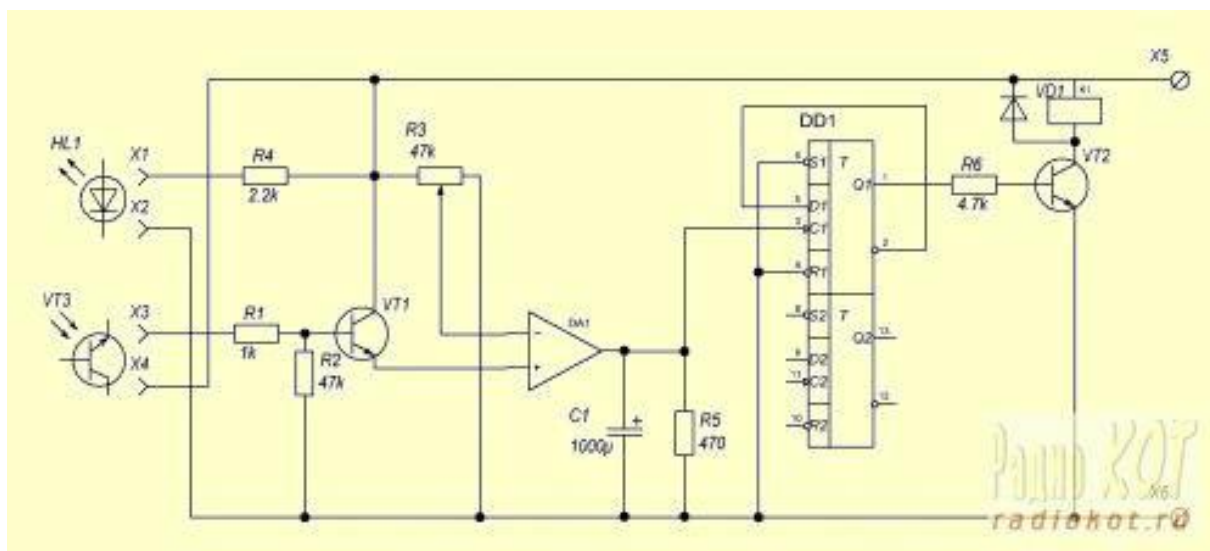


Рисунок 1.5. Схема інфрачервоного вимикача

ІЧ промені, відбиваючись від руки, потрапляють на фототранзистор. Відкривається VT1 і сигнал високого рівня надходить на вхід підсилювача, що не інвертує. Через змінний резистор (регулювання чутливості) на інвертуючий вхід також подається напруга. LM358 порівнює рівні сигналів на входах. На виході буде високий рівень, якщо рівень на вході, що не інвертує, вище, ніж на інвертуючому. Фототранзистор і VT1 включені із загальним колектором, тому чутливість оптимальна. Для усунення брязкоту тригера, встановлений конденсатор, шунтований резистором. Далі сигнал керує тригером, і після нього - пристрій, що виконує. У цьому випадку реле. На схемі реалізовано один канал. Т.к. в LM358 два підсилювачі і стільки ж тригерів 561TM2, то можна додати і другий канал.

Фототранзистор можна використовувати будь-який. Транзистори теж можна використовувати будь-які біполярні. Але, ІЧ світлодіод повинен бути з широким кутом променя, тому що їх більше потрапляє на фототранзистор. Або відстань між оптичними елементами треба зробити якомога мінімальною. В цьому випадку використовувався інфрачервоний діод з широким кутом і відстань між ними 5-6мм.

Принцип роботи беконтактного перемикача проста: інфрачервоний світлодіод випромінює невидимий сигнал, який у звичайних умовах не досягає.

Однак як тільки буде піднесена рука до перемикача, сигнал відбивається і його буде достатньо, щоб активувати прийомник, який, керує реле, що використовується для вмикання або вимкнення будь-якого електроприладу, наприклад настільної лампи.

Схема складається з двох частин: передавача і приймача. Для спрощення конструкції в схемі використаний стандартний модуль інфрачервоного приймача (IC2), який зазвичай використовується комплексно з інфрачервоним керуванням. Це триконтактний пристрій SFH5110-36 містить практично все необхідне для виявлення інфрачервоного сигналу.

Основа передавача - це високочастотна ІС-версія популярної і надійної мікросхеми HC4060 (IC1). Ця мікрохема об'єднує в собі схему генератора і 14-розрядного двійкового лічильника в 16-контактній корпусі. Щоб уникати проблем з калібруванням, схема була розроблена з використанням колірної резонатора Х1 (9,216 МГц).

На виході Q8 IC1 (вивод 14) ми знайдемо частоту генератора, поділену на 256, що становить рівно 36 кГц. ІЧ-приймач IC2 налаштований на прийом саме цієї частоти. При цьому треба врахувати, що SFH5110 також буває і з іншими робочими частинами, тому треба переконатися, що працює дійсно SFH5110-36 (з 36 кГц робочої частоти).

Сигнал з виводу 14 мікросхеми IC1 використовується для керування звичайним інфрачервоним світлодіодом (D2). Потенціометр P1 доданий для регулювання чутливості в цілому.

Для того щоб зрозуміти навіщо в схемі діод D1 треба з'ясувати, що він з'єднує базу T1 з виходом Q14 (виводу 3) HC4060. Тут виявляється особливість фотодатчика IC2. Оскільки фотодатчик був спроектований для прийому інформації від пультів дистанційного керування, то він ігнорує безперервні немодульовані сигнали. Немодульований сигнал не містить ніякої інформації, тому інтерпретується як «відсутність сигналу» і обробляється відповідно.

Завдяки діоду D1 транзистор T1 вмикається і вимикається з частотою 562,5 Гц (9,216 МГц / 214), що знімається з виводу 3 HC4060. Це призводить до ідеального 50% модульованого сигналу, який не ігнорується фотодатчиком. Як тільки модуль приймача обладнає відбитий інфрачервоний світ від світлодіода D2, на його виході з'являється прямокутний сигнал з частотою 3.

Компоненти R8 і C5 діють як фільтр і створюють акуратний сигнал перемикачання, який керує транзистором T2 через дільник напруги R9 / R9. Дільник напруги знижує чутливість схеми на сигнали звичайних пультів дистанційного управління. Як T2 вибраний PNP транзистор, оскільки вихідний сигнал інфрачервоного модуль IC2 має високий рівень в стані спокою (коли інфрачервоний сигнал відсутній).

В цілях тестування можна підключити слабкодувальний світлодіод до виходу схеми через резистор з опором 1 кОм. Якщо ви хочете керувати TTL або CMOS логікою, ви можете підключити колектор транзистора T2 до землі через резистор 10 кОм і використовувати для керування вашою схемою.

### 1.5. Схема інфрачервоного вимикача

Пристрій призначений для включення/вимкнення будь-якого навантаження за допомогою будь-якого пульта дистанційного керування від побутової апаратури. За останні роки в радіоаматорській літературі запропоновано чимало подібних пристроїв, що об'єднує їх одне — фотоприймач побудований на основі фотодіода та мікросхеми КР1056УП1, а дешифратор команд — на мікросхемі К1506ХЛ2.

На сьогоднішній день це не лише застаріла елементна база, а й не дуже зручно. Тому що такий дистанційний вимикач керується лише за допомогою пульта дистанційного керування від телевізорів 3-УСЦТ, які вже багато років не випускаються.

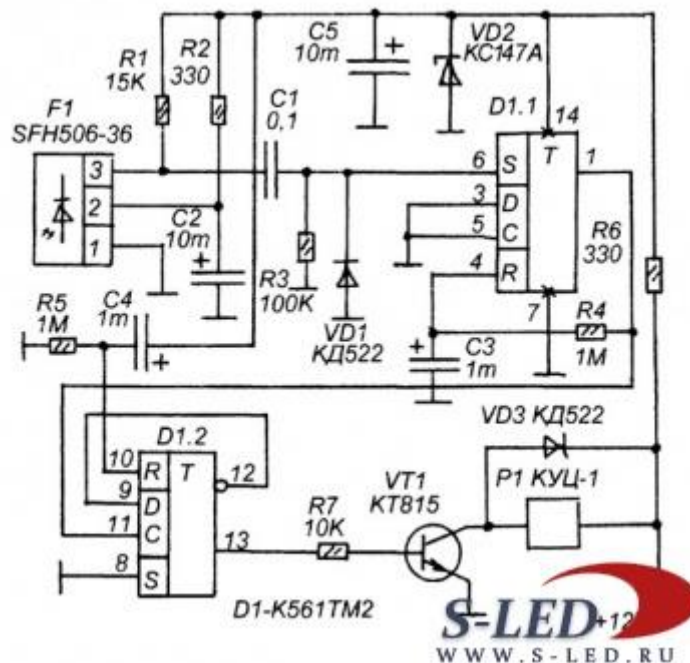


Рисунок 1.6. Схема дистанційного вимикача, керована будь-яким пультом дистанційного керування на ІЧ-променях

На рисунку 1.6. показана схема дистанційного вимикача, керована будь-яким пультом дистанційного керування на ІЧ-променях, і побудована на більш сучасній елементній базі.

Сигнал від пульта дистанційного керування (ДК) приймається фотоприймачем F1 - SFH506-36, що є інтегральною мікросхемою, що містить фотодіод, підсилювач фотоструму і формувач негативних логічних імпульсів. Такі фотоприймачі (ці або аналогічні) зараз застосовуються у всіх телевізорах, що випускаються нині. Фотоприймач SFH506-36 має прямокутний корпус з трьома виводами з одного торця, схожий на корпус транзистора або інтегрального стабілізатора.

Будь-який пульт дистанційного випромінювання випромінює імпульсно-модульоване ІЧ-випромінювання, тому, при прийомі сигналу від пульта на виході фотоприймача F1 буде якийсь імпульсний сигнал, що містить імпульсну



послідовність з імпульсів негативної полярності. Ці імпульси ланцюгом C1-R3 перетворюються на імпульси позитивної полярності, які надходять на одинвібратор, зібраний на тригері D1.1. З надходженням першого імпульсу одинвібратор формує імпульс значно більшої тривалості, який надходить на вхід С тригера D1.2 і переводить його в протилежний вихідний стан.

Спочатку в момент включення живлення цей тригер встановлюється в нульовий стан зарядним струмом конденсатора С4. Нуль з його прямого виходу закриває транзистор VT1, а одиниця з його інверсного виходу готує його до переходу в одиничний стан після надходження імпульсу на його вхід.

Тригер D1.1 необхідний щоб забезпечити одноразове перемикання тригера D1.2. Якщо сигнал з виходу F1 подати на вхід С тригера D1.2 безпосередньо, цей тригер буде працювати як лічильник, постійно змінюючи свій стан, з кожним з імпульсів, що надходять від F1. Оскільки еквівалентна частота цих імпульсів може досягати кількох кілогерц, це призведе до непрацездатності пристрою, тому що неможливо буде вгадати в якому стані в даний момент часу знаходиться D1.2. Наявність одинвібратора на D1.1 вирішує цю проблему, тому що, при подачі на його вхід будь-якої кількості імпульсів він формує один імпульс тривалістю близько однієї секунди, забезпечуючи одноразове перемикання тригера D1.2. Таким чином, пристрій перемикається при короткочасному натисканні на будь-яку з кнопок будь-якого пульта дистанційного керування на ІЧ-променях.

Діод VD1 служить для прискореної розрядки конденсатора С1 і захисту входу D1.1 від перепаду негативної напруги. Діод VD3 пригнічує негативну ЕРС самоіндукції обмотки реле Р1, виключаючи псування VT1 та збої в роботі тригерів у момент спрацьовування реле.

Можна використовувати будь-який фотоприймач від телевізорів, що живиться напругою 5 В (вони всі зазвичай живляться такою напругою). То якої полярності будуть вихідні імпульси істотного значення не має, тому що вхідний ланцюг D1.1 розв'язаний по постійному струму від F1 (ланцюг C1 R3).

Мікросхему K561TM2 можна замінити на K1561TM2 чи імпорнтним аналогом. Транзистор КТ815 можна замінити КТ503, КТ604, КТ817. Реле Р1 – КУЦ-1 від ДК телевізорів УСЦТ. Це реле можна замінити будь-яким іншим реле з обмоткою на 12 В і контактами, що допускають комутацію конкретного навантаження. Якщо потужне навантаження можна використовувати реле звукового сигналу від автомобіля ВАЗ-08 (у цьому випадку VT1 — КТ815, КТ817).

Стабілітрон КС 147 можна замінити на КС 156 або імпорнтний на 4,7-5.5 Ст. Можна замість нього використовувати інтегральний стабілізатор типу 7805, включивши його замість R6. Живиться пристрій від джерела постійного струму напругою 12 В (якщо джерело мережеве, то на виході його випрямляча повинен бути конденсатор, що пригнічує пульсації).

Більшість деталей змонтовано на одній друкованій платі з одностороннім розташуванням друкованих доріжок.

За умови правильного монтажу пристрій має бути одразу ж працездатним. Якщо від обмотки реле виникатимуть перешкоди, які викликатимуть збої в роботі тригерів, необхідно між виводами 7 і 14 мікросхеми D1 включити конденсатор на 0,01-0,1 мкФ.

## 2. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1. Аналіз схеми електричної принципової

Популярні інфрачервоні бар'єри реагують на перетині променя між передавачем та приймачем. Однак у деяких ситуаціях встановлення двох модулів навпроти один одного утруднене або навіть неможливе.

У цій роботі представлено пристрій, позбавлений цього недоліку. Цей безконтактний інфрачервоний вимикач буде корисним у місцях, де включення освітлення або вентиляції необхідно протягом короткого часу.

Схема розрахована на управління навантаженням, що живиться від електромережі 220 В. Безконтактний вимикач спрацьовує при виявленні інфрачервоного променя відбитого від об'єкта.

За функціональність інфрачервоного вимикача відповідає мікроконтролер Attiny13. Він періодично кожні 10 мс генерує 30 імпульсів, що подаються на ІЧ-діод. Ці імпульси мають частоту близько 36 кГц та заповнення 2%, завдяки чому витрата енергії невелика. Конденсатор С5 покращує швидкість зміни напруги на ІЧ-діоді, зокрема коли транзистор VT1 виходить зі стану насичення.

Якщо частина випромінюваного світла відбивається від об'єкта, що наближається, приймач TSOP4836 подає демодульований сигнал на вхід мікроконтролера. Одночасно з цим аналого-цифровий перетворювач (АЦП) мікроконтролера зчитує величину напруги з потенціометра (час включення) і живлення подається на світлодіод оптрона. Час увімкнення налаштовується з кроком в одну секунду в діапазоні  $10 \dots 10^{33}$  сек, тобто приблизно до 17 хвилин.

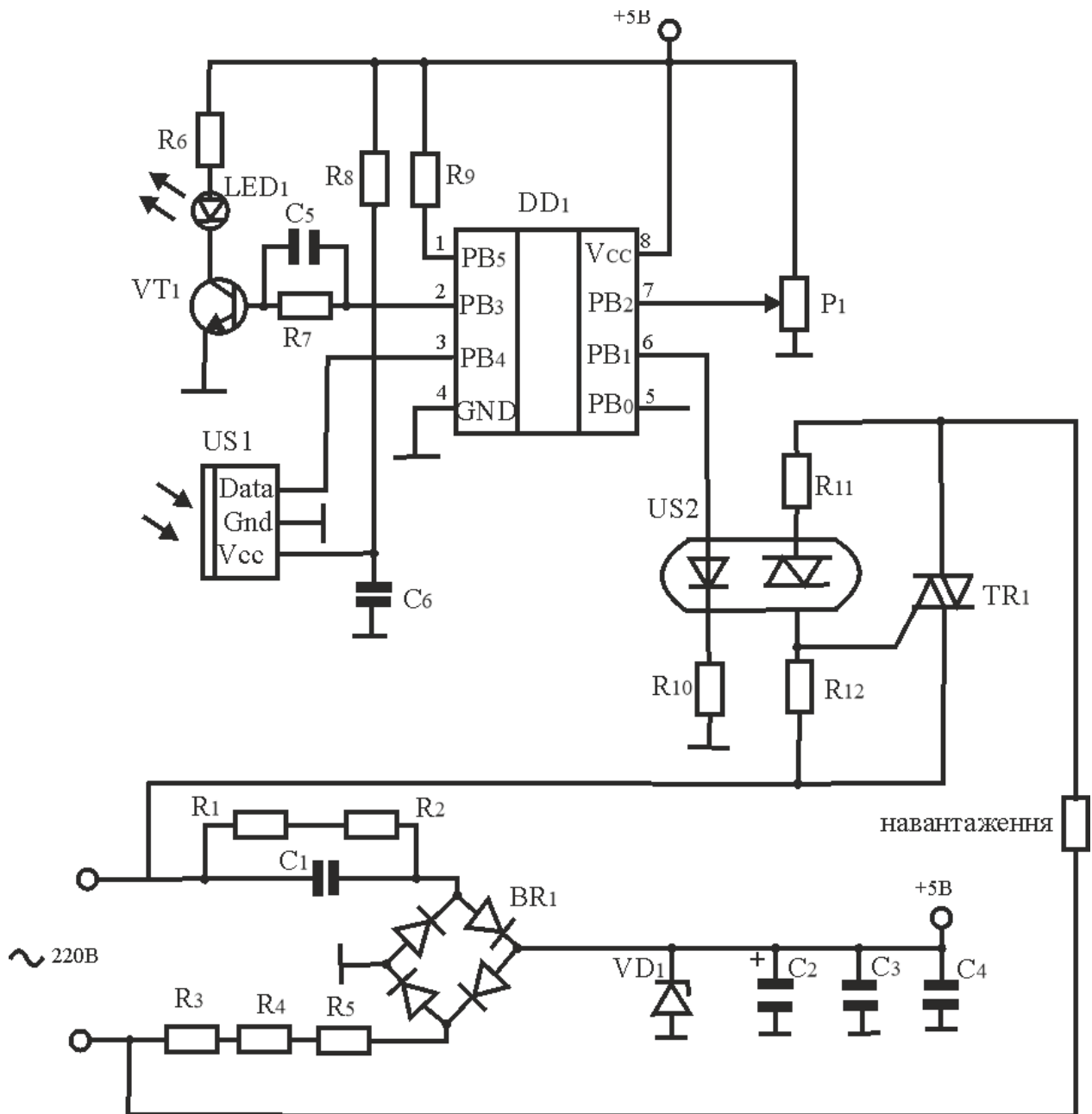


Рисунок 2.1. Принципова електрична схема проектованого пристрою

У цій схемі оптрон встановлений задля гальванічної розв'язки, оскільки вся схема однаково живиться від безтрансформаторного джерела живлення. Його роль - правильне керування тріаком VT137, а саме включення його в обох напівхвилях напруги.

Як оптрон обраний MOC3063, оскільки для його включення необхідний найменший (з усього сімейства) струм - 5 мА. Тести показали, що і з MOC3062 (необхідно 10 мА) схема працює добре.

Безтрансформаторне джерело живлення спроектоване таким чином, щоб забезпечити напругу близько 5В, необхідну для правильної роботи мікроконтролера. Резистори R1 і R2 розряджають конденсатор C1 після вимкнення живлення, тоді резистори R3... R5 обмежують струм, що протікає через конденсатор при включенні живлення.

Послідовне з'єднання резисторів забезпечує їхню нормальну роботу при високій напрузі. Крім того, у разі пробоя конденсатора C1 один з резисторів R3... R5 спрацює як запобіжник та перерве ланцюг. Випрямлена напруга з діодного моста стабілізується стабілітроном і згладжується конденсаторами.

При програмуванні мікроконтролера ATtiny13 ф'юзи необхідно залишити за замовчуванням, за винятком SKDIV8, який має бути вимкнений. ІЧ-діод і фотоприймач повинні бути розташовані зовні пристрою та ізольовані один від одного перегородкою, що запобігає засвітленню.

Варто відзначити, що великий номінал резистора R6, що обмежує струм світлодіода, був обумовлений обмеженням прямого впливу на фотоприймач. При даних значення елементів активація пристрою відбувається на відстані близько 15 см.

## 2.2. Вибір елементної бази

### Мікросхема ATTINY13A PU DIP-8

Технічні дані:

- Високопродуктивний 8-розрядний мікроконтролер AVR® з низьким енергоспоживанням
- Розширена архітектура RISC
- 120 потужних інструкцій – більшість виконання за один такт

- 32 x 8 робочих регістрів загального призначення
- Повністю статична робота
- Пропускна здатність до 20 MIPS на 20 МГц
- Сегменти енергонезалежної пам'яті високої витривалості
- 1 Кбайт внутрішньосистемної самопрограмованої флеш-пам'яті програм
- 64 байти EEPROM
- 64 байта внутрішньої SRAM
- Цикли запису/стирання: 10 000 Flash/100 000 EEPROM
- Зберігання даних: 20 років при 85°C/100 років при 25°C (див. стор. 6)
- Блокування програмування для захисту даних флеш-пам'яті та EEPROM із самопрограмуванням
- Периферійні функції
- Один 8-розрядний таймер/лічильник з попереднім дільником і двома ШІМ-каналами
- 4-канальний 10-розрядний АЦП із внутрішнім опорним напругою
- Програмований сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором
- Вбудований аналоговий компаратор
- Спеціальні функції мікроконтролера
- вбудована система налагодження debugWIRE
- Внутрішньосистемне програмування через порт SPI
- Зовнішні та внутрішні джерела переривань
- Режим холостого ходу з низьким енергоспоживанням, зменшення шуму АЦП і режими вимкнення живлення

- Покращена схема скидання при включенні
- Програмована схема виявлення затемнення
- Внутрішній калібрований осцилятор
- Введення/виведення та пакети
- 8-контактний PDIP/SOIC: шість програмованих ліній введення/виведення
- 20-pad MFL: шість програмованих ліній вводу/виводу
- Робоча напруга:
  - 1,8 - 5,5 В для ATtiny13V
  - 2,7 - 5,5 В для ATtiny13
- Оцінка швидкості
  - ATtiny13V: 0–4 МГц при 1,8–5,5 В, 0–10 МГц при 2,7–5,5 В
  - ATtiny13: 0–10 МГц при 2,7–5,5 В, 0–20 МГц при 4,5–5,5 В
- Промисловий температурний діапазон
- Низьке енергоспоживання
  - Активний режим:
    - 1 МГц, 1,8 В: 240 мкА
  - Режим вимкнення живлення:
    - < 0,1 мкА при 1,8 В

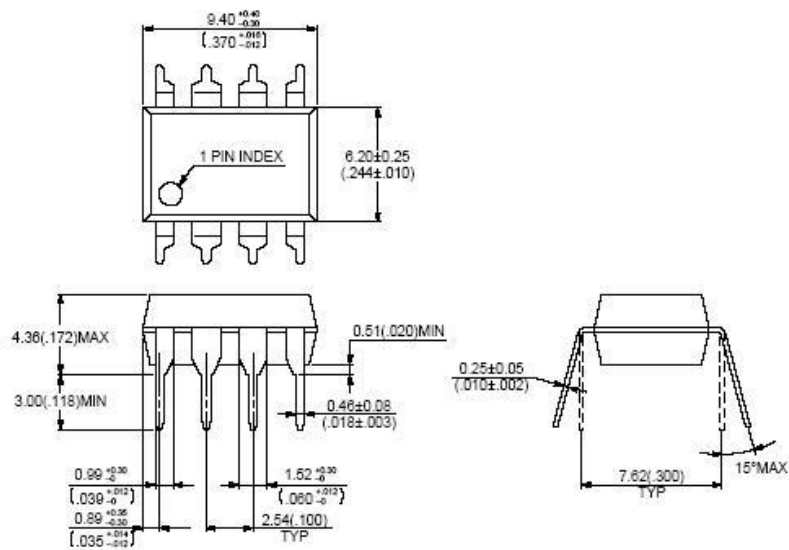
8-pin plastic DIP  
(DIP-8P-M01)

Рисунок 2.2. Мікросхема АТТІNY13А PU DIP-8

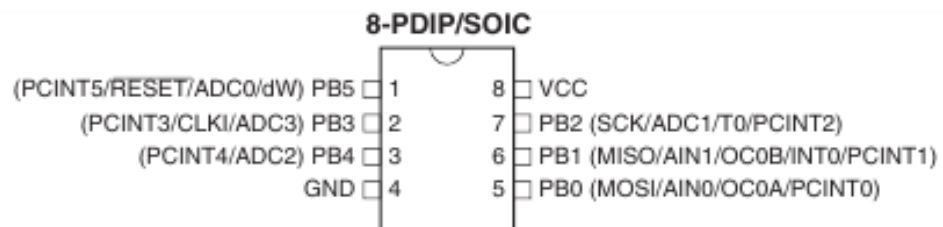


Рисунок 2.3. Розпинування мікросхеми АТТІNY13А PU DIP-8

## Інфрачервоний приймач (ІЧ) TSOP4836

ІЧ-приймач дистанційний, 36кГц 45м



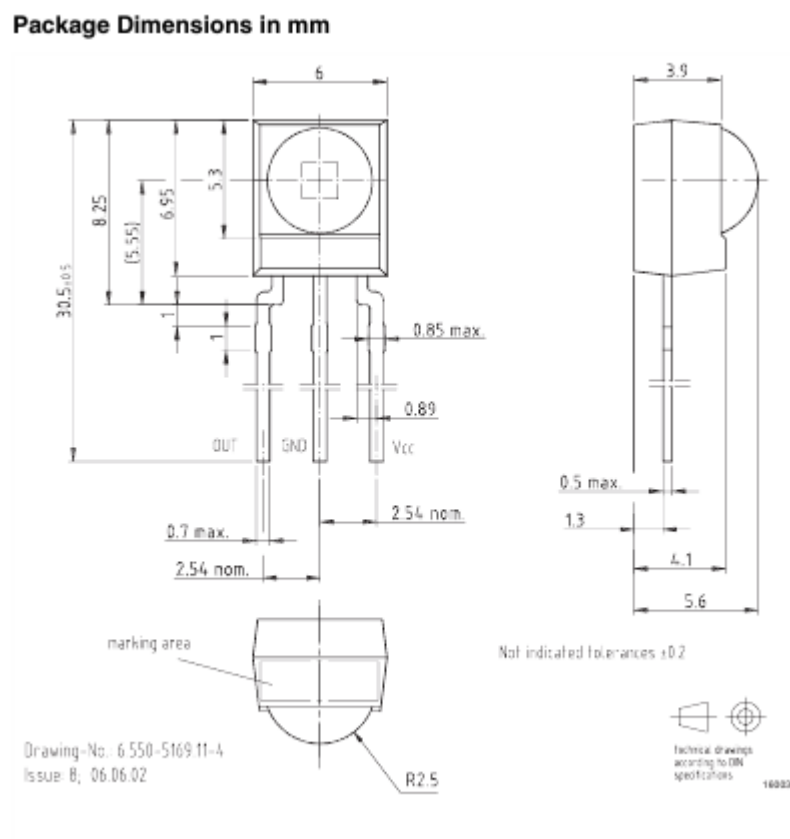


Рисунок 2.4. Інфрачервоний приймач (ІЧ) TSOP4836

Таблиця 2.1. Технічні параметри

Кут променя	45 deg
Бренд	Vishay Semiconductors
Несуча частота	36 kHz
Швидкість передачі даних	800 bits/s
Заводська упаковка	90
Висота	6.95 mm
Довжина	6 mm

Виробник	Vishay
Максимальна робоча температура	+85 C
Мінімальний високий рівень вихідної напруги	100 mV
Мінімальна робоча температура	-25 C
Стиль монтажу	Through Hole
Робочий струм живлення	850 uA
Робоча напруга живлення	2.7 V to 5.5 V
Вихідний струм	5 mA
Упаковка / Кейс	Side Looker
Упаковка	Tube
Pd - Розсіювання потужності	10 mW
Серія	TSOP
Відстань передачі	45 m
Кут огляду	45 deg
Ширина	5.6 mm

Вихідна напруга,В	-0.3...6.3
Діапазон робочих температур, °С	-25...85
Напруга живлення,В	2.7-5.5
Несуча частота, кГц	36
Робоча відстань, м	45
Вага, г	1

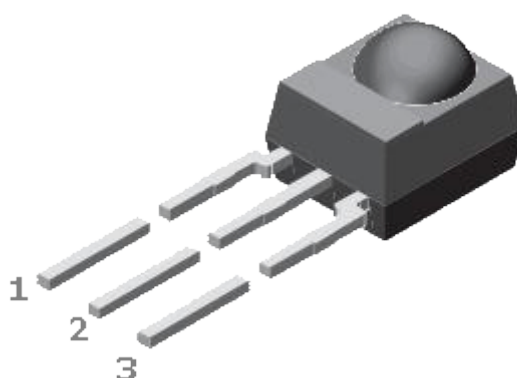


Рисунок 2.5. Розпинування інфрачервоного приймача TSOP4836: 1-Вихід 2-Загальний 3-Живлення

### **Оптопара із симісторним виходом МОС3063**

МОС3063 - оптопара (оптрон) з симісторним виходом. Відноситься до серії оптосимісторів із вбудованою "Zero crossing circuit" - схемою, що дозволяє відкриття симістора тільки в момент проходження напругою "0", що значно знижує перешкоди, що виникають при включенні потужних навантажень.

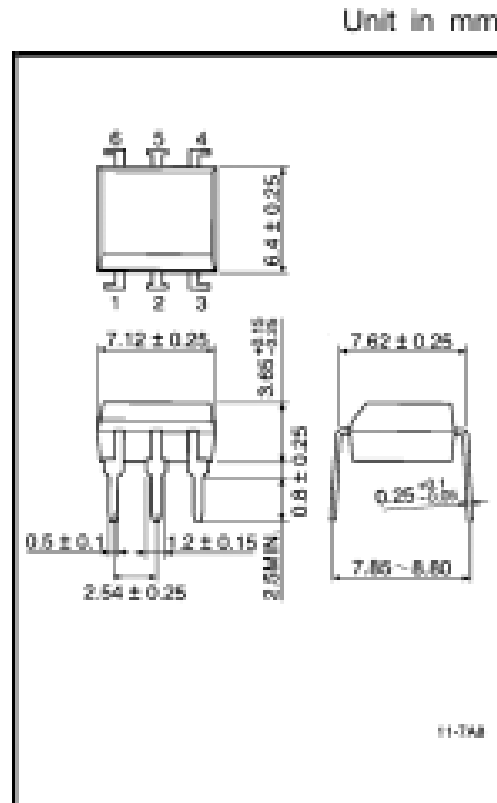


Рисунок 2.6. Оптопара із симісторним виходом MOC3063

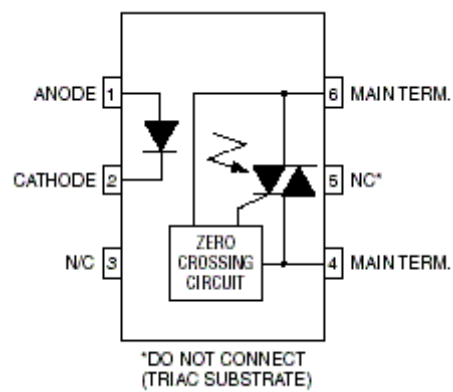


Рисунок 2.7. Розпинування оптопара із симісторним виходом MOC3063

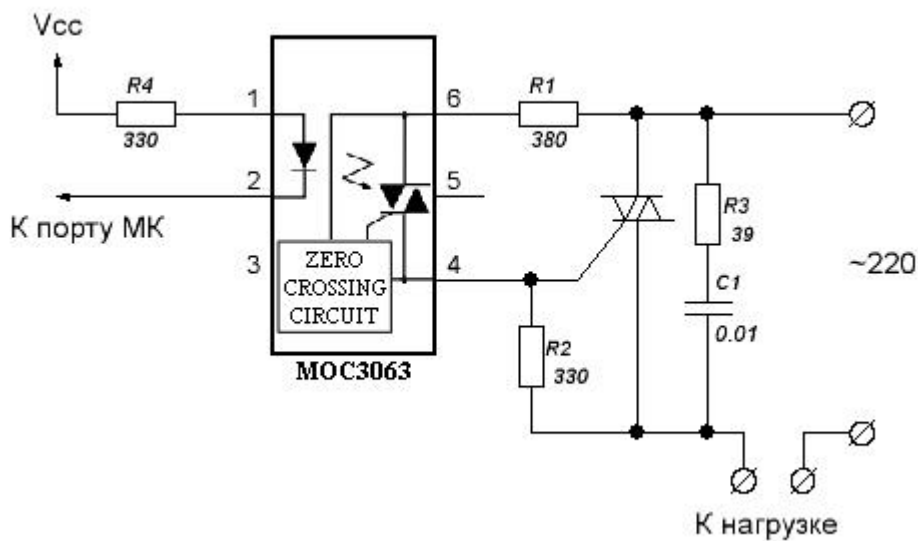


Рисунок 2.8. Стандартна схема включення MOC3063

Таблиця 2.2. Технічні характеристики

Івх.(max)	60mA
Івх.відкриваючий	5mA
Uвх.прям.	1,3V(тип.)
Uвх.зв.(max)	6V
Uвих.закр.(max)	600V
Івих.імп.(max)	1A (T=100μS)
Uізол.(max)	7500V
Uвих.відкр.	1,8V(тип.)
Івих.утримання	250μA
Допустима швидкість наростання вихідної напруги	1500V/μS (типова)
Діапазон робочих температур	-40°C...+85°C

Діод триністор ВТ137-800 від виробника WeEn Semiconductors є високоякісним симистором, призначеним для використання в системах управління потужністю. Пристрій має монтаж ТНТ (наскрізний отвір), що спрощує його інтеграцію до друкованих плат. Корпус ТО220АВ забезпечує надійну тепловіддачу та довговічність в експлуатації. Цей триністор є відмінним рішенням регулювання струму в різних електронних схемах.

Таблиця 2.3. Технічні параметри

Серія	BT137
Тип сімістора	Logic-Sensitive Gate
Конфігурація	single
Максимальна напруга у закритому стані, В	800
Максимально допустимий струм у відкритому стані, А	8
Ударний струм у відкритому стані, А	65
Постійна напруга управління, що відмикає, В	1.5
Постійний струм управління, що відмикає, мА	10
Струм утримання, мА	20
Робоча температура, °С	-40...+125
Корпус	ТО-220АВ

Максимальна зворотна напруга $U_{обр.}, В$	800
Макс. напр., яка повторюється у закритому стані $U_{зс.повт.макс.}, В$	800
Макс. середнє за період значення струму у відкритому стані $I_{ос.ср.макс.}, А$	8
Макс. короткочасний імпульсний струм у відкритому стані $I_{кр.макс.}, А$	65
Макс. напр. у відкритому стані $U_{ос.макс.}, В$	1.65
Найменший струм управління, необхідний включення тиристора $I_{у.от.мин.}, А$	0.025
Напруга, що відмикає $U_{у.от.}, В$	1.5
Критична швидкість наростання напруги у закритому стані $dU_{зс.}/dt, В/мкс$	20
Критична швидкість наростання струму у відкритому стані $dI/dt, А/мкс$	50
Час увімкнення $t_{вкл.}, мкс$	2
Робоча температура, $С$	-40...125
Вага, г	2

Размеры корпуса TO-220AB

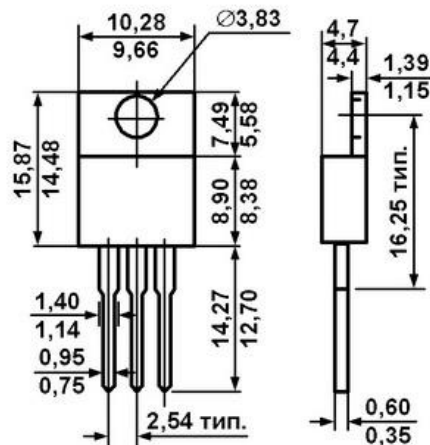


Рисунок 2.9. Сімістор ВТ137-800

**Біполярний транзистор BC847.**

Найменування виробника: BC847

Маркування: 1F

Тип матеріалу: Si

Полярність: NPN

Максимальна потужність, що розсіюється ( $P_c$ ): 0.2 W

Максимальна допустима напруга колектор-база ( $U_{cb}$ ): 50 V

Максимально допустима напруга колектор-емітер ( $U_{ce}$ ): 45 V

Максимально допустима напруга емітер-база ( $U_{eb}$ ): 6 V

Максимальний постійний струм колектора ( $I_c$ ): 0.1 A



Гранична температура переходу PN ( $T_j$ ): 150 °C

Гранична частота коефіцієнта передачі струму ( $f_t$ ): 100 МГц

Місткість колекторного переходу ( $C_c$ ): 4.5 pF

Статичний коефіцієнт передачі струму ( $h_{fe}$ ): 200

Корпус транзистора: SOT23

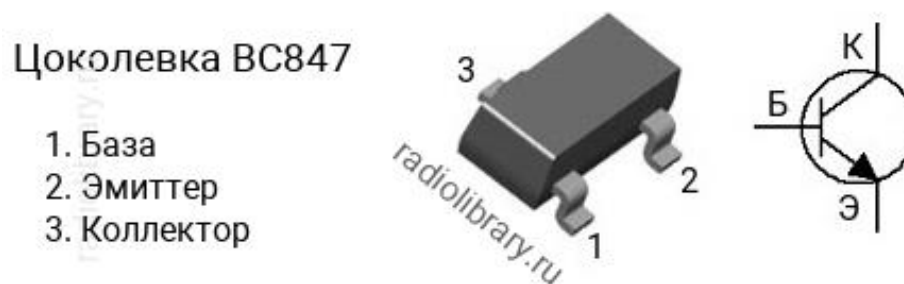


Рисунок 2.10. Цоколевка транзистора BC847

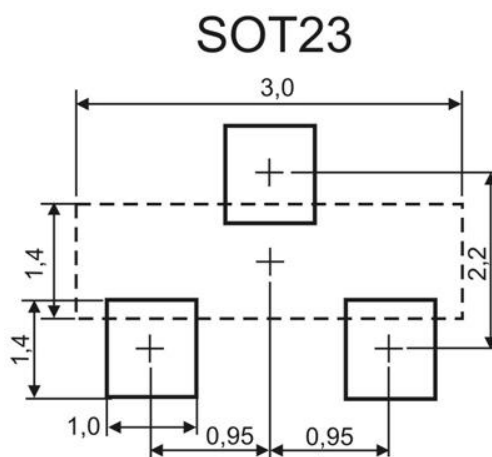


Рисунок 2.11. Розміщення контактних майданчиків транзистора

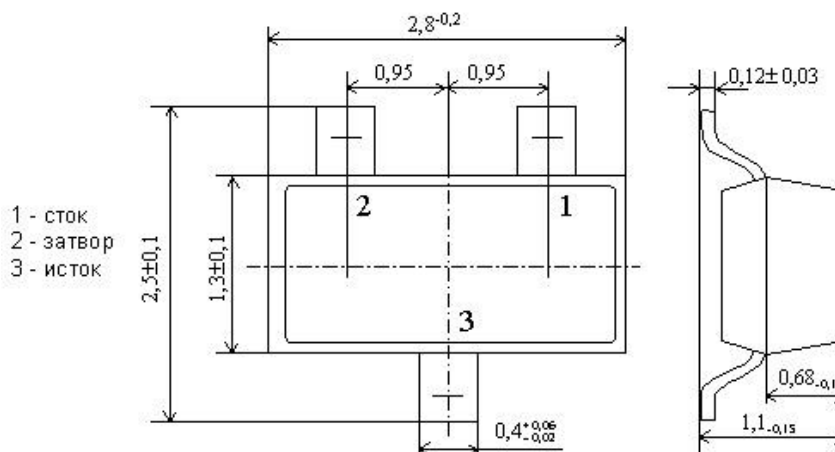


Рисунок 2.12. Корпус транзистора BC847

SOT (small outline transistor) – це сімейство малогабаритних дискретних для поверхневого монтажу транзисторів (SMD), які зазвичай використовуються в побутовій електроніці. Найбільш поширеними є варіанти SOT23, також виробники пропонують майже ідентичний тонкий малогабаритний транзистор (TSOT), де важлива менша висота.

### Діодний міст DF08

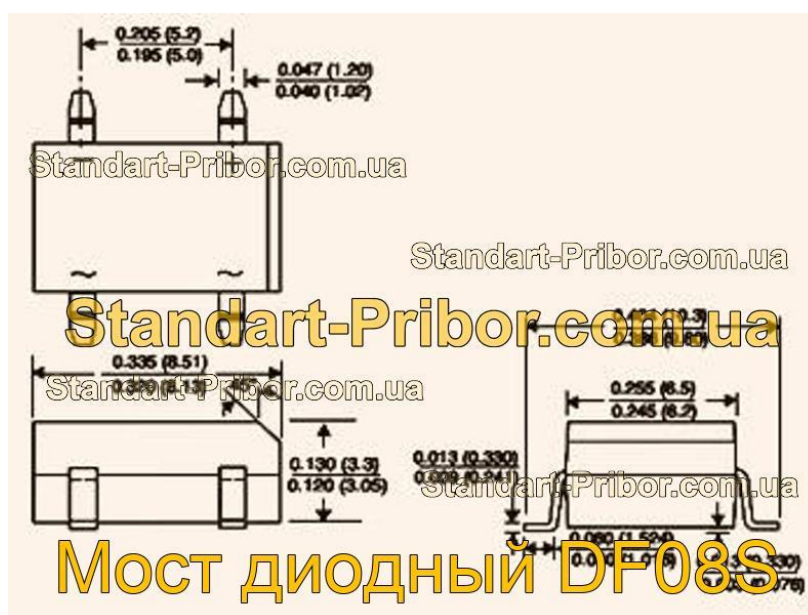


Рисунок 2.13. Міст діодний DF08S

Таблиця 2.4. Технічні параметри

Корпус	DB
Діапазон робочих температур	-55...+150°C
Конфігурація	1 фазний
Максимальний прямий струм, А	1
Падіння напруги, В	1.1
Повторювана імпульсна зворотна напруга, В	800
Розмір, мм	8.4x6.2x3.2
Тип	Діодний міст
Тип монтажу	Наскрізний
Ударний прямий струм, А	50
Середній випрямлений струм (I <sub>o</sub> )	1А
Пряма напруга (V <sub>f</sub> @I <sub>f</sub> )	1.1V@1A
Робоча температура	-55°C~+150°C@(T <sub>j</sub> )
Піковий прямий імпульсний струм	50А
Зворотний струм витоку (I <sub>r</sub> )	5uA@800V
Зворотна напруга (V <sub>r</sub> )	800V
Вага, г	0.66

**Стабілітрон 1N4733A.113**

Таблиця 2.5. Технічні параметри

Монтаж	ТНТ
Виробник	NEXPERIA
Тип діода	стабілітрон
Втрати потужності	1Вт
Напруга стабілізації	5,1В
Корпус	DO41
Похибка	±5%
Конструкція діода	одиначный диод
Струм витоку	10мкА
Падіння напруги макс.	1,2В
Прямий струм макс.	0,5А

Вага стабілітрона становить 0,340 грам. Максимальна температура паяння +260°C протягом 30 секунд відповідно до JEDEC J-STD-020

Матеріал корпусу – формований пластик, рейтинг горючості UL 94V-0

Клеми: покриття – матові луджені виводи, які можна спаювати відповідно до MIL-STD-202, метод 208

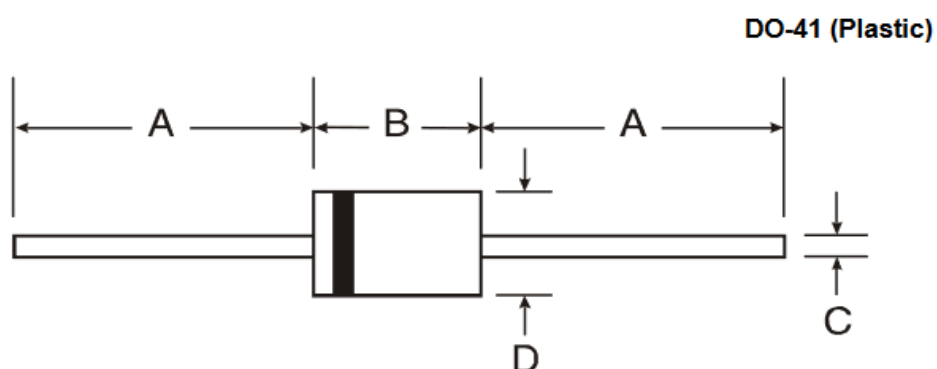


Рисунок 2.14. Розміри DO-41

Таблиця 2.5. Розміри DO-41 в мм

Dim	Min	Max
A	25.40	–
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72

## Інфрачервоні випромінюючі діоди АЛ118, 3Л118, 3Л129

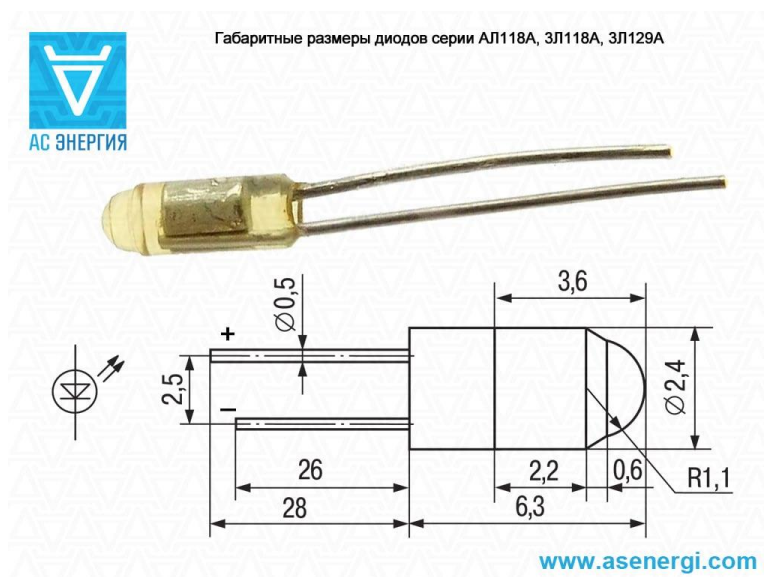


Рисунок 2.15. Інфрачервоні випромінюючі діоди АЛ118, 3Л118, 3Л129

Короткий технічний опис на діод випромінюючий АЛ118А:

Інфрачервоні випромінюючі діоди АЛ118А, арсенідогалієві, імпульсні, мезаепітаксальні. Призначені для використання в апаратурі як джерела ІЧ випромінювання. Випускаються у пластмасовому корпусі.

Маса не більше 0,2 г

Тип корпусу: КДІ-7.

Вид кліматичного виконання: "УХЛ2.1".

Технічні умови: аА0.336.308ТУ.

Деякі електричні та випромінювальні параметри:

Потужність випромінювання при  $I_{пр} = 50$  мА, щонайменше ..... 2 мВт

Імпульсна потужність випромінювання при  $I_{пр} = 500$  мА і  $t_i = 50$  мкс, не менше ...  
10 мВт

Довжина хвилі випромінювання у максимумі спектральної площини ... 0,9..1 мкм

Ширина спектру випромінювання ..... 0,04 мкм

Час наростання імпульсу випромінювання, не більше ..... 100 нс

Час спаду імпульсу випромінювання, не більше ..... 150 нс

Постійна пряма напруга при  $I_{пр} = 50$  мА, не більше ... 1,7 В

Граничні експлуатаційні дані:

Постійна зворотна напруга ..... 1 В

Постійний прямий струм ..... 50 мА

Імпульсний прямий струм при  $t_i=50$  мкс і  $Q=20$ :

- При  $T = +35$  °С ... .. 500 мА

- При  $T = +85$  °С ... .. 350 мА

Температура довкілля: -40..+85°С

### **Конденсатор Теаро**

Конденсатор електролітичний алюмінієвий 220 мкФ, 160, 105°С.

Алюмінієві електролітичні конденсатори, завдяки електрохімічному принципу роботи, мають такі переваги:

- висока питома ємність, що дозволяє виготовляти конденсатори ємністю понад 1Ф;
- найвищий максимально допустимий струм пульсації;
- висока надійність.

Пропоновані алюмінієві електролітичні конденсатори Jamicon є аналогами вітчизняних конденсаторів: К50-16, К50-35, К50-38, К50-40, К50-46.

Технічні параметри:

Робоча напруга, 160

Номінальна ємність, мкФ 220

Робоча температура, З -25 ... 105

Виводи/корпус радіал. пров.

Таблиця 2.6. Технічні характеристики

Ємність, мкФ	220
Напруга, В	160
Температура, С	105



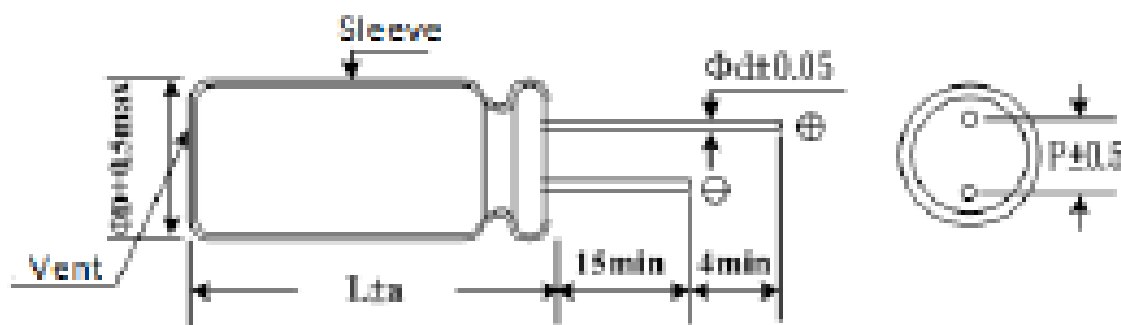


Рисунок 2.16. Конденсатор Теаро

Таблиця 2.6. Розміри корпусу конденсатора Теаро

$\Phi_D$	5	6,3	8	10	13	16	18
P	2,0	2,5	3,5	5,0	5,0	7,5	7,5
$\Phi_d$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8
a	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0

### Конденсатор K73-17

Конденсатор металоплівковий 0.47 мкФ, 630 В, 5%. K73-17 поліетилентерефталатні захищені конденсатори. Призначені для роботи вбудованих елементів усередині комплектних виробів у ланцюгах постійного, змінного струму та в імпульсному режимі.

### Основні параметри:

Номінальні ємності: 0,001-10 мкФ

Проміжні значення номінальних ємностей соотв. ряду Е6

Номінальна напруга: 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1500 В

Допуски:  $\pm 5\%$ ;  $\pm 10\%$ ;  $\pm 20\%$

Тангенс кута втрат, не більше: 0,015

Діапазон робочих температур:  $-60 \dots +125 \text{ }^\circ\text{C}$

Таблиця 2.7. Технічні параметри

Тип	поліестер
Робоча напруга змінна,	630
Робоча напруга постійна, В	630
Номінальна ємність мкФ	0.47
Допуск номінальної ємності, %	5
Робоча температура,	$-60 \dots 125$
Відстань між выводами F, мм	20
Висота корпусу H, мм	24
Товщина корпусу T, мм	14

Довжина корпусу L, мм	27
Тангенс кута втрат	0.008
Вага, г	7

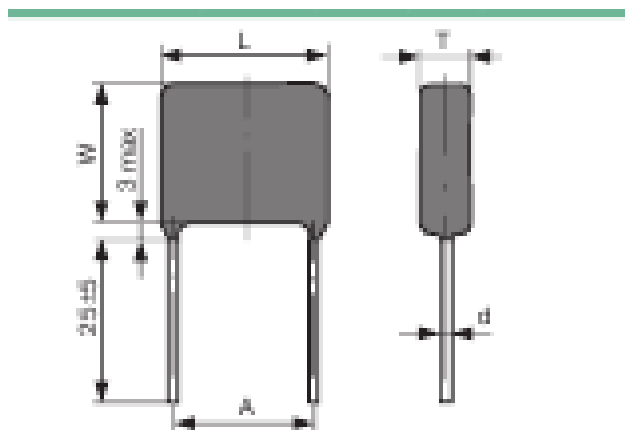


Рисунок 2.17. Габарітні розміри конденсатора K73-17

Таблиця 2.7. Габарітні розміри конденсатора K73-17

Номінальна напруга, В	Номінальна ємність, мкФ	Розміри, мм					Вага, г		
		L	T	W	A±0,8	d±0,1			
63	0,18	12	6,0	10	10	0,6	1,4		
	0,22								
	0,33							6,3	13
	0,47							8,0	15
	0,68	18	6,3	13	15	3,5			

	1,0		8,0	15			4,0
	1,5		8,5	19			5,5
	2,2	23	8,5	19	20		7,0
	3,3		10,5	21			9,0
	4,7	24	12,0	25		1,0	12,0
160	1,5		12,0	25			12,0
	2,2		16,0	28			14,0
250	0,047	12	6,3	11	10	0,6	1,4
	0,068		6,0	14			
	0,1		8,0	15			2,5
	0,15		6,0	13		0,8	3,0
	0,22	18	7,0	14	15		3,5
	0,33		8,5	16			4,0
	0,47	23	7,5	18	20		5,5
	0,68		9,0	19			7,0
	1,0		10,5	21			9,0
400	0,022	12	6,0	10,5	10	0,6	12,0
	0,033		6,0	13			12,0
	0,047		7,0	15		0,8	14,0
	0,068		5,0	13			5,5
	0,1	18	6,0	14	15		7,0

	0,15		8,0	15			9,0
	0,22	23	7,0	18	20		12,0
	0,33		8,5	19		12,0	
	0,47		10,0	21		14,0	
	0,68	24	11,0	24		1,0	5,5
	1,0		14,0	27		5,6	

### **Резистор підстроювальний 3296W-500K**

Резистор змінний - Опір: 500 кОм: Допуск:  $\pm 10\%$ : Монтаж: вивідний:  
 Потужність: 500 мВт: Кількість обертів: 28: Напрацювання: 200

Тип корпусу: 3296W-1-504

Виробник: BOCHEN

Резистор підстроювальний 500K 3296W керамічний - незамінний елемент  
 будь-якого сучасного електронного приладу.

Технічні характеристики:

- Серія 3296W
- Номінальний опір 500 кОм
- Нормований допуск  $\pm 10\%$
- Розсіювана потужність 0.5 Вт
- Робоча температура  $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$
- Тип резистора Керамічний
- Спосіб монтажу виводів: В отвори

- Максимальна робоча напруга 300 В
- Кількість каналів 1
- Характеристика резистора Лінійна
- Кут повороту 10800°
- Вимикача немає
- Тип осі Циліндрична
- Орієнтація осі Вертикальна
- Довжина осі 1.5 мм
- Діаметр осі 2.2 мм
- Матеріал осі Метал

Таблиця 2.8. Технічні характеристики

Серія (типорозмір)	3296W-a
Номінальний опір	500 ком
Нормований допуск	±10%
Розсіювана потужність	0.5 Вт
Робоча температура	-55°C ... +125°C
Тип резистора	Керамічний
Спосіб монтажу виводів	В отвори
Спосіб механічного монтажу	Пайка в отвори
Максимальна робоча напруга	300 V

Кількість каналів	1
Характеристика резистора	Лінійна
Кут повороту	10800°
Вимикач	Ні
Тип осі	Зірка
Орієнтація осі	Вертикальна
Довжина осі	8.7 мм
Діаметр осі	3.9 мм
Матеріал осі	Латунь
різьблення	Не має
Маркування	504

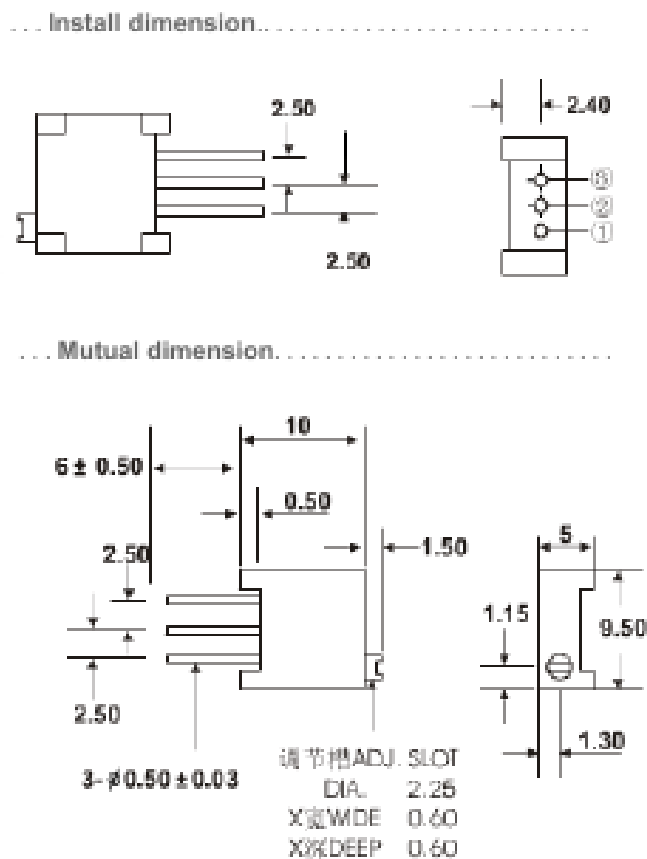


Рисунок 2.18. Габаритні розміри резистор підстроювальний 3296W-500K

### Резистори серія MFR (Metal Film Resistors)

Постійні недротяні резистори серії MFR (metal film resistors – металопленочні резистори) застосовуються для навісного монтажу, призначені для роботи в електричних ланцюгах постійного, змінного струмів та імпульсних режимах. Резистори виготовляються відповідно до технічних умов ШКАБ.434110.047 ТУ (стандарт).



Таблиця 2.9. Технічні характеристики

Вид резисторів	Номінальна потужність розсіювання резистора, Вт	Діапазон номінальних опорів по рядах E24, E96, Ом	Відхилення опору, що допускається, %	Гранична робоча напруга, В	ТКО, $\cdot 10^6$ , 1/°C	Робоча температура середовища, °C
MFR-1/6	1/6	От 1 до $4,7 \cdot 10^6$ вмик.	$\pm 0,5$ ; $\pm 1$ ; $\pm 2$ ; $\pm 5$	200	$\pm(50; 100)$	від мінус 55 до плюс 155
MFR-1/4	1/4			250		
MFR-1/2	1/2			350		
MFR-1	1			1500		
MFR-2	2			500		

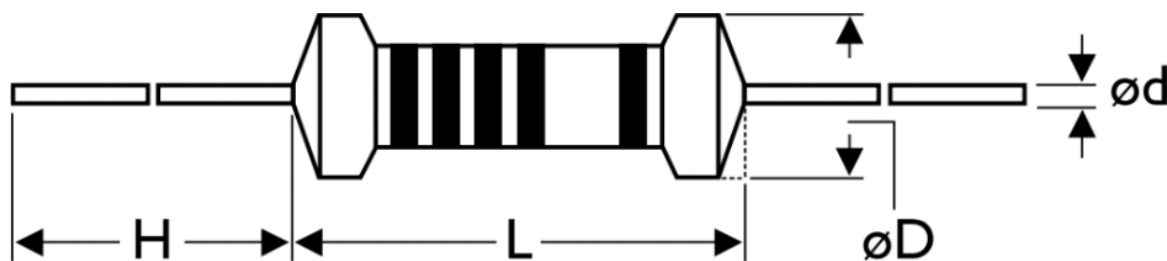


Рисунок 2.19. Загальний вигляд резистора

Таблиця 2.10. Розміри резисторів

Розміри				
Вид резисторів	L	ØD	H	Ød
MFR1/6	3,4±0,3	1,9±0,2	28±2,0	0,45±0,05
MFR1/4	6,3±0,5	2,4±0,2	28±2,0	0,55±0,05
MFR1/2	9,0±0,5	3,3±0,3	26±2,0	0,55±0,05
MFR1	11,5±1,0	4,5±0,5	35±2,0	0,80±0,05
MFR2	15,5±1,0	5,0±0,5	33±2,0	0,80±0,05

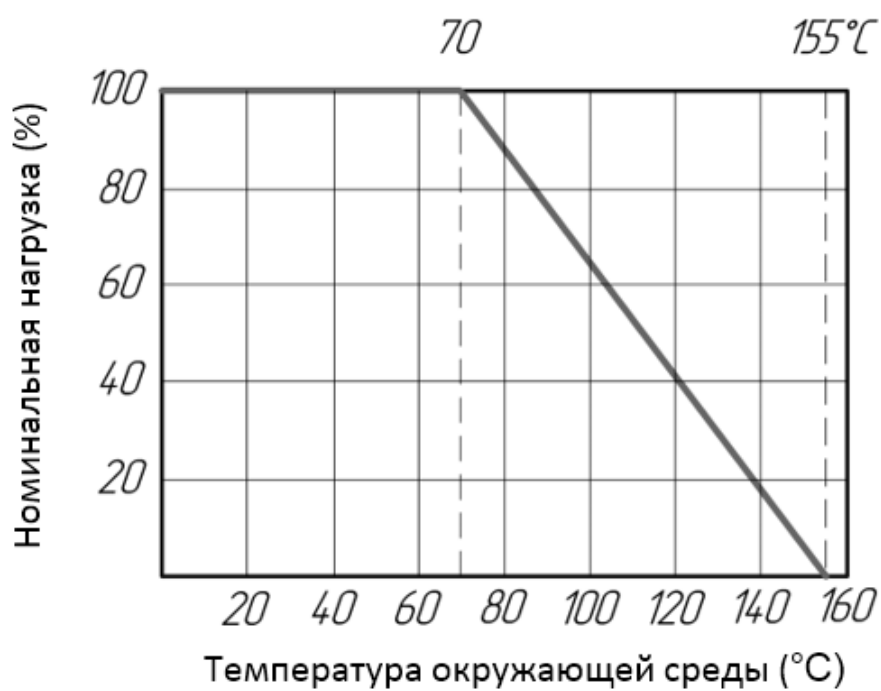


Рисунок 2.20. Залежність потужності розсіювання від температури

Таблиця 2.11. Випробувальні характеристики

Найменування випробувань	Метод випробування	Норма
Короткочасне навантаження	ІЕС 60115 І 4.13 $U_{исп.} = 2,5 U_{номін.}$ протягом 5 сик.	$\pm 0,25\% + 0,05 \text{ Ом}$
	(Не більше граничної робочої напруги)	
Електрична міцність ізоляції	ІЕС 60115 І 4.7 Протягом 60 сек.,	Відсутність електричного пробую
	випробувальна напруга – гранична робоча	
Температурний коефіцієнт опору	ІЕС 60115–І 4.8 В інтервалі температур від мінус 55 до плюс 155 °С	За типом
Опір ізоляції ІЕС 6011	5–І 4.6 Протягом 60 сек.	$> 10\,000 \text{ МОм}$
Випробування на паяння	ІЕС 60115І 4.17 $245 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом $3 \pm 0,5$ сек.	95% покриття
Контроль міцності маркування	ІЕС 60115 І 4.30 Протягом $5 \pm 0,5$ хв. ультразвуком	Міцна, розбірлива
Міцність висновків	ІЕС 60115 І 4.16 Пряме навантаження на 10 сек	$\geq 2,5 \text{ кг (24,5 Н)}$
	у напрямку вздовж осі виводу	
Імпульсне навантаження ІЕС 60115–	І 4.39 $U_{исп.} = 4 U_{номін.}$ 10000 циклів: 1 сек. "Увімк." 25 сек. "Вимк."	$\pm 1,0\% + 0,05 \text{ Ом}$
Випробування на вологу	ІЕС 60115 І 4.24 Температура $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , відносна вологість 90–95%	$\pm 1,5\% + 0,05 \text{ Ом}$
	під постійним навантаженням	
Строк служби при 70 °С	ІЕС 60115 І 4.25 Температура $70 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ при $U_{вик.} = U_{номін.}$	$\pm 1,5\% + 0,05 \text{ Ом}$
	1 000 годин: 1,5 год «Увімк.» 0,5 год «Вимк.»	
Зміна температури середовища	ІЕС 60115 І 4.19 Температура від мінус 55 до плюс 155 °С, 5 циклів $\pm 0,75\% + 0$	$,05 \text{ Ом}$
Теплостійкість при паянні	ІЕС 60115 І 4.18 $260 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом $10 \pm 1$ сек.	$\pm 0,25\% + 0,05 \text{ Ом}$
	Занурення на відстані $3 \pm 0,5 \text{ мм}$ від тіла резистора	
U номін. = P x R або гранична робоча напруга, залежно від того, що менше.		

### 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІ ПРИБОРУ

### 3.1. Вибір конструкції друкованої плати

Фізико-механічні властивості матеріалів повинні задовольняти встановленим ТУ та забезпечувати якісне виготовлення друкованої плати (ДП) відповідно до типових технічних умов (ТУ). Для виготовлення плат застосовують шаруваті пластики, у тому числі фольговані діелектрики, плаковані електролітичною мідною фольгою товщиною 5, 20, 35, 50, 70 та 105 мкм з чистотою міді не менше 99,5 %, шорсткістю поверхні не менше 0,4-0,5 мкм, які постачаються у вигляді листів розмірами 500×700 мм та товщиною 0,06-3 мм.

Як основу в шаруватих пластиках використовують склотекстоліти - спресовані шари склотканини, просочені епоксифенольною смолою та інші матеріали (таблиця 3.1.). Вони відрізняються широким діапазоном робочих температур, низьким (02-08%) водопоглинанням, високими значеннями об'ємного і поверхневого опорів, стійкістю до короблення. Смоли визначають практично всі електричні та механічні характеристики матеріалу (межа міцності, вологопоглинання, опір ізоляції, електрична міцність, діелектрична проникність, втрати тощо). Вибір матеріалу ДП також залежить від технології виготовлення ДП.

Характеристики деяких діелектриків наведені нижче.

Загальні характеристики ламінатів FR4:

- клас вогнестійкості 94V-0;
- весь матеріал поставляється з ультрафіолетовим блокуванням;
- можлива товщина фольги – від 18 до 105 мкм;
- стандартний розмір листа 1041x1245 мм. На замовлення можуть постачатися аркуші інших розмірів.

СЕМ-1 – ламінат на основі композиції целюлозного паперу та склотканини з епоксидною смолою. Застосовується під час виробництва плат, у яких не потрібні високі властивості склотекстоліту FR4.

КВ 2150 GC (FR-2) – фольгований гетинакс (основа з целюлозного паперу, просоченого фенольною смолою), широко застосовується при виготовленні друкованих плат для побутової електроніки, аудіо-, відео техніки, в автомобілебудуванні. Маючи всі властивості FR2, даний матеріал має підвищені показники жаро- і вологостійкості. Не містить галогенів та сурми.

Таблиця 3.1. Основні матеріали виготовлення плат

Матеріал	Марка	Товщина		Область Застосування
		фольги, мкм	матеріалу, мм	
Склотекстоліт:				
Який травиться	ФТС-1(2)	18;35	0,08-0,5	БДП, ДДП
з адгезійним шаром	СТЭК		1,0-1,5	ДДП
Фольгований діелектрик (ламінати та препреги): ламінат	GFN PND 39	18;35	0,8-3	ДДП
ламінат	СЕМ-1,СЕМ-3	18;35	0,8-3	ДДП
ламінат	FR-1,FR-2	18;35	0,8-3	ДДП
ламінат	FR-4LamPlex	18;35	0,8-3	ДДП
ламінат	FR-5	18;35	0,8-3	ДДП
Тонкий	ФДТ-1	50	0,5	БДП
для БДП	ФДМ-1(2)	35	0,2-0,35	БДП

Склотканина прокладна	ССП-1-0,0025	-	0,0025	БДП
	СП-2-0,1	-	0,1	БДП

Для захисту контактних майданчиків та кінцевих ламелей ПП від зовнішніх впливів нині використовують різні конструктивні покриття (таблиця 3.2.).

Таблиця 3.2. Товщина різних фінішних покриттів

Тип покриття (мкм)	Товщина (мкм)
ПОС-61 оплавленням (маска по ППС)	10-15 допускаються напливи
ПОС-63 методом HAL (hot air leveling – вирівнювання гарячим повітрям) (маска по міді)	12-18 не допускаються напливи
Hard Gold	2,5-5 – Ni / 0,025-0,4 – Au
Immersion Gold	2,5-5 – Ni / 0,076-0,25 – Au
Gold Fingers	2,5-5 – Ni / 0,127-0,76 – Au
Ni	2,54-7,6

У технічних вимогах до плати друкованої вказуються позначення лише конструктивних покриттів, наприклад, Хим.М.М24 О-С(61) 10-15 опл.

При використанні покриття драг-металів необхідно вказувати масу покриття.

Зверху на ДП для захисту провідників від замикань під час паяння тощо, наносять шар діелектричного захисту (лак, емаль, плівкові резисти тощо) (таблиця 5).

Таблиця 3.3. Захисні паяльні маски

Тип покриття, виробник	Характеристики, сфера застосування
------------------------	------------------------------------

<p>TAMURA FINEDEL DSR-2200TT 19G (Японія)</p>	<p>рідка двокомпонентна фоточутлива паяльна захисна маска зеленого кольору. Стійка до розчинників та очисників</p>
<p>FSR 8000-8G UNION SOLTEK GROUP (Тайвань)</p>	<p>Маска має високі адгезійні властивості, низький запах, технологічна, стійка до процесів електролітичної металізації (нікелювання, золочення), гарячого лудіння (HAL). Покриття глянсове</p>
<p>FSR 8000-11G UNION SOLTEK GROUP (Тайвань)</p>	<p>Маски даної серії утворюють матове покриття з яскраво вираженими антивідблисками. Маска стійка до процесів електролітичної металізації (нікелювання, золочення), гарячого лудіння (HAL)</p>
<p>FSR 8000-10W UNION SOLTEK GROUP (Тайвань)</p>	<p>Маска білого кольору. Придатна як захисний паяльний резист, так і для нанесення маркування під час виробництва одиничних та дрібносерійних партій друкованих плат. Стійка до процесів нікелювання, золочення, гарячого лудіння (HAL)</p>
<p>Поліуретановий лак URETHAN clear (аналог лаку UP-231)</p>	<p>спеціально розроблений для друкованих плат, електронних компонентів та електротехніки. Використовується як міцне захисне покриття.</p>

### 3.2. Конструктивно-технологічний розрахунок друкарського монтажу

Обираємо третій клас точності виготовлення друкованої плати.

Конструктивні обмеження відповідають третьому класу точності:

- мінімальне значення номінальної ширини провідника  $b = 0,45$  мм;
- номінальна відстань між провідниками  $S = 0,45$  мм;
- відношення діаметра отвору до товщини плати  $\gamma \geq 0,5$ ;
- допуск на отвори  $\Delta d = \pm 0,1$  мм;
- допуск на ширину провідника  $b = \pm 0,1$  мм;
- допуск на розташування отворів  $d = 0,15$  мм;
- допуск на розташування провідників на двосторонній друкованій платі (ДДП)  $\delta_1 = 0,1$  мм;
- відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної майданчика  $b_m = 0,045$  мм;

### 3.3 Визначення мінімальної ширини друкованих провідників

Ширина друкованих провідників визначатиметься трьома факторами: максимальним струмом, що протікає провідником – для ланцюгів живлення та шин заземлення, допустимим падінням напруги – для сигнальних ланцюгів,



можливостями обраного методу виготовлення та класом точності плати – для всіх з'єднань на платі.

Визначаємо мінімальну ширину  $b_{\min I}$ , мм, друкарського провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та шин заземлення за формулою

$$b_{\min I} = I_{\max} / I_{\text{доп}} h_{\phi}, \quad (3.1.)$$

де  $I_{\max}$  - максимальний постійний струм у провідниках, А;

$I_{\text{доп}}$  - допустима щільність струму, А/мм<sup>2</sup>;

$h_{\phi}$  – товщина друкарського провідника (товщина фольги), мм.

$$b_{\min I} = 0,1 / (20 \cdot 0,035) = 0,14.$$

За формулою, яка наведена нижче можна визначити мінімальну ширину  $b_{\min U}$ , мм, друкованого провідника, якщо знати допустиме падіння напруги на ньому:

$$b_{\min U} = \rho I_{\max} / h_{\phi} U_{\text{доп}}, \quad (3.2.)$$

де  $\rho$  – питомий опір фольги, Ом·мм<sup>2</sup>/м;  $l$  - максимальна довжина сигнального друкарського провідника на платі, м;  $U_{\text{доп}}$  - падіння напруги, яке допускається, В.

$$b_{\min U} = 0,05 \cdot 0,1 \cdot 0,126 / 0,035 \cdot 0,1 = 0,18$$

Мінімальна ширина друкованих провідників для ДДП, виготовлених хімічним методом, визначається за формулою

$$b_{\min} = b + 1,5h_{\phi} + (0,03 \dots 0,08) = 0,45 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,53$$

Вибираємо ширину друкованих провідників у сигнальних ланцюгах із умови

$$b \geq b_{\min}, \quad (3.3.)$$

у ланцюгах живлення та шинах заземлення з умови

$$b \geq \max \{ b_{\min}, b_{\min I}, b_{\min U} \}.$$

$0,5 \geq \max \{ 0,53; 0,14; 0,18 \}$ , обираємо  $b=0,53$

Перевіряємо провідники з обраною шириною 0,53 мм на допустимий струм при вибраній товщині фольги 0,35.

$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}},$$

$$0,1 \leq 0,35$$

Номінальне значення діаметрів  $d$ , мм монтажних отворів за групами виводу елементів визначається за формулою

$$d = d_e + |\Delta d_{\text{н.о.}}| + r, \quad (3.4.)$$

де  $d_e$  – максимальне значення діаметру виводу елемента, яке можна встановити на плату, мм;

$\Delta d_{\text{н.о.}}$  – нижнє граничне відхилення номінального діаметра монтажного отвору, мм;

$r$  - різниця між мінімальним діаметром отвору та максимальним діаметром виводу елемента (в межах 0,1...0,4 мм).

Розраховані значення діаметрів  $d$  округляють до найближчого більшого значення ряду: 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 ...

Оскільки елементи мають різні діаметри виводів, їх можна розділити на дві групи:

$$d_0 = 0,5 \text{ мм}$$

$$d_0 = 1,5 \text{ мм}$$

$$d_1 = 0,5 + |0,15| + 0,4 = 1,05 \text{ мм}$$

$$d_2 = 1,5 + |0,15| + 0,4 = 2,05 \text{ мм}$$

Перевіряємо найменше значення діаметра монтажного отвору на відповідність

$$d \geq d_{\min} = H \times \gamma. \quad (3.5.)$$

де  $H$  - товщина друкованої плати, мм;  $\gamma$  – конструктивне обмеження, яке пов'язує з розсіювальною здатністю електролітів розсіювати потужність, якщо для монтажних та перехідних отворів використовують гальванічну металізацію;  $d_{\min}$  – мінімальний діаметр перехідного отвору, мм.

$$1,5 \geq 1,5 \cdot 0,5 = 0,75$$

Якщо виконується умова (3.5.), то можна зробити висновок, що діаметри монтажних отворів обрані правильно.

### 3.4 Визначення діаметрів контактних майданчиків

Надійний електричний контакт між ланцюгами, які розташовуються на різних сторонах плати забезпечує пайка виводів навісних елементів на контактну площадку отвору в друкованій платі. Дійсні розміри друкованого рисунка можуть бути зменшені через особливості процесу травлення фольги. Це відбувається за рахунок того, що бічне підтравлювання зменшує і частково руйнує адгезійний шар між діелектриком і фольгою. Бічне підтравлювання може призвести до відшаровування тонких елементів друкованого рисунка. Величина діаметру контактної площадки повинне перевищувати мінімальний діаметр  $D_{\min}$ , мм. Метод виготовлення друкованої плати обумовлює величину мінімального діаметру контактної площадки.

За формулою, яка наведена нижче, визначається максимальний діаметр просвердленого отвору  $d_{\max}$ , мм:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0.1 \dots 0.15), \quad (3.6.)$$

де  $\Delta d$  – допуск на отвір.

$$d_{\max 1} = 0,9 + 0,15 + 0,1 = 1,15 \text{ мм}$$

$$d_{\max 2} = 1,5 + 0,15 + 0,1 = 1,75 \text{ мм}$$

За формулою, яка наведена нижче, визначається мінімальний ефективний діаметр контактної площадки  $D_{1\min}$ , мм:

$$D_{1\min} = 2 / (b_{\text{м}} + d_{\max} / 2 + \delta d + \delta p), \quad (3.7.)$$

$$D_{1\min 1} = 2(0,045 + 1,15 / 2 + 0,15 + 0,25) = 2,39 \text{ мм}$$

$$D_{1\min 2} = 2(0,045 + 1,75 / 2 + 0,15 + 0,25) = 2,74 \text{ мм}$$

Мінімальний діаметр контактної площадки для ДДП, яку виготовляють хімічним методом визначають за формулою, яка наведена нижче:

$$D_{\min} = D_{1\min} + h_{\phi}, \quad (3.8.)$$

$$D_{\min 1} = 2,39 + 0,035 = 2,425 \text{ мм}$$

$$D_{\min 2} = 2,74 + 0,035 = 2,775 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної майданчика  $D_{\max}$ , мм визначається за формулою:

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06) \quad (3.9.)$$

$$D_{\max 1} = 2,425 + 0,06 = 2,485 \text{ мм}$$

$$D_{\max 2} = 2,775 + 0,06 = 2,835 \text{ мм}$$

Якщо порахувати мінімальні відстані між елементами провідного рисунка, то можна отримати результати, які наведено нижче.

За наведеною формулою можна порахувати мінімальні відстані між контактним майданчиком та провідником:

$$S_{1 \min} = L_0 - [(D_{\max} / 2 + \delta_p) + (b_{\max} / 2 + \delta_l)], \quad (3.10.)$$

де  $\delta_l$  – допуск на розташування провідників

$L_0$  – відстань між центрами елементів рисунка на кресленні, мм.

$$S_{1 \min} = 2,5 - [(2,485/2 + 0,3) + (1,15/2 + 0,1)] = 0,2 \text{ мм}$$

Між двома контактними майданчиками можна визначити мінімальні відстані:

$$S_{2 \min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \delta_p) \quad (3.11)$$

$$S_{2 \min} = 2,5 - (2,775 + 2 * 0,3) = 0,325 \text{ мм}$$

Якщо треба вирахувати мінімальну відстань між двома провідниками, то:

$$S_{3 \min} = L_0 - (b_{\max} + 2\delta). \quad (3.12.)$$

$$S_{3\min} = 2,5 - (1,15 + 2 \cdot 0,3) = 0,75 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між центрами двох контактних майданчиків під час прокладання між ними  $N$  друкованих провідників визначається за формулою:

$$S_{4\min} = 0,5D_{1\max} + 0,5D_{2\max} + 2\delta p + (b_{\max} + \delta l)N + S(N+1). \quad (3.13.)$$

$$S_{4\min} = 0,5 \cdot 2,485 + 0,5 \cdot 2,775 + 2 \cdot 0,3 + (1,15 + 0,1)2 + 0,45(2+1) = 6,35 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань центру отвору від краю плати для прокладання  $N$  друкованих провідників між контактним майданчиком отвору та краєм плати визначається за формулою:

$$S_{5\min} = 0,5D_{\max} + \delta p + (S + b_{\max} + \delta l)N + S_{on}. \quad (3.14)$$

де  $S_{on}$  – мінімальна відстань від краю плати до друкарського провідника.

$$S_{5\min} = 0,5 \cdot 2,485 + 0,3 + (0,45 + 0,55 + 0,1) \cdot 2 + 3 = 6,74 \text{ мм}$$

Якщо треба визначити оцінку стійкості до перешкод параметрів друкарського монтажу, то треба визначити ємнісну та індуктивну складову паразитного зв'язку між елементами друкованого монтажу для сигнальних ланцюгів.

Між двома провідниками паразитну ємність  $C$ , пФ можна розрахувати таким чином:

$$C = C_{ног} \cdot L_i, \quad (3.15.)$$

де  $L_i$  - довжина взаємного перекриття провідників.

Погонна ємність  $C_{пог}$ , пФ/см, визначається за формулою:

$$C_{ног} = K_n \cdot E, \quad (3.16.)$$

де  $K_{\pi}$  - коефіцієнт пропорційності  $K_{\pi} = 0,27$ ;

$E$  – діелектрична проникність середовища між провідниками. Її можна обчислити таким чином:

$$E = (E_{\pi} + E_{\text{в}})/2, \quad (3.17.)$$

де  $E_{\pi}$  - діелектрична проникність матеріалу плати (для склотекстоліту СФ – 2 – 35 – 1,5 ГОСТ 10316 – 78  $E_{\pi} = 6$ );

$E_{\text{в}}$  - діелектрична проникність повітря,  $E_{\text{в}} = 1$  (якщо плата покрита лаком, то діелектрична проникність лаку  $E_{\text{л}} = 9$ ).

$$E = (6 + 9)/2 = 7,5$$

$$C_{\text{ноз}} = 0,27 \cdot 7,5 = 2,025 \text{ ПФ/см}$$

$$C = 2,025 \cdot 0,21 = 0,425 \text{ ПФ}$$

Креслення друкованої плати і креслення збірки друкованої плати наведено в додатку А і В.

### 3.5. Розрахунок сумарної потужності споживаної елементами схеми

Для розрахунку споживаної потужності вибираються вихідні дані з довідкової літератури.

Розрахунок споживаної потужності виконується за такою формулою:

$$P_{\text{спож}} = I_{\text{спож}} \cdot U_{\text{дж}} \quad (3.18.)$$

де  $I_{\text{спож}}$  - струм споживання,  $U_{\text{дж}}$  - напруга джерела живлення.

Таблиця 3.4. Значення споживаної потужності ІМС та їх кількість.

Позначення у схемі	Найменування ІМС	Кількість ІМС	$I_{\text{спож}}$ , А	$U_{\text{дж}}$ , В	$P_{\text{спож}}$ однієї ІМС, Вт
Резистор R1, R2	1000000 Ом	2	0,001	220	0,44
Резистор R3,4,5	68 Ом	3	0,1	220	66
Резистор R6,8,10,12	390 Ом	4	0,01	5	0,2
Резистор R7,9	10000Ом	2	0,1	5	1
Змінний резистор P1	2000000Ом	1	0,1	5	0,5
Конденсатор C1	0,47мкФ	1	0,001	220	0,22
Конденсатор C2	220мкФ	1	0,01	220	2,2
Конденсатор C3	0,1 мкФ	1	0,001	220	0,22
Конденсатор C4,6	0,01 мкФ	2	0,001	5	0,01
Конденсатор C5	1 нФ	1	0,001	220	0,22
Діодний міст BR1	DF08	1	0,001	220	0,22
Приймач ІЧ US1	TSOP4836	1	0,01	5	0,05
Мікроконтролер DD1	ATtiny13	1	0,036	5	0,18
Транзистор VT1	BC847	1	0,01	5	0,05
Оптопара US2	МОС3063	1	0,01	5	0,05
Тіак TR1	BT137-800	1	0,01	5	0,05



Стабілітрон VD1	1N4733A.113	1	0,1	220	2,2
Світлодіод HL1	АЛ118	1	0,001	12	0,012
Итого: 74,042 Вт					

Сумарна потужність пристрою безконтактного інфрачервоного вимикача світла складає 74,042 Вт.

### 3.6. Розрахунок надійності елементів друкованої плати з обліком пайки

Надійність елементів схеми є властивістю пристрою виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у допустимих межах, відповідних прийнятним режимом та умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування.

Інтенсивність відмов пристрою є сума інтенсивності відмов всіх елементів, що входять до нього.

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i \quad (3.19.)$$

де  $\lambda_i$ - Інтенсивність відмови елемента і-ого типу;  $N_i$  - кількість елементів з інтенсивністю відмови  $\lambda_i$

Ймовірність безвідмовної роботи пристрою - є ймовірність того, що безвідмовно будуть працювати всі елементи, що входять до цього пристрою.

$$P_{0(t)} = e^{-\lambda_0 \cdot t} \quad (3.20.)$$

де  $e$  - основа натурального логарифму,  $\lambda_0$  - Сумарна інтенсивність відмов всіх елементів схеми,  $t$  - час напрацювання на відмову;  $T$  - середнє напрацювання на відмову.

$$T = \frac{1}{\lambda_0} \quad (3.21.)$$

Годин

$$\lambda_0 = \sum \lambda_i \cdot N_i \cdot K_H \cdot K_T \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)} \quad (3.22.)$$

Де  $K_H$  - коефіцієнт електричного навантаження;  $K_T$  - Коефіцієнт температурного режиму

Контрольовані параметри та формули обчислення коефіцієнтів навантаження для основних електрорадіовиробів (ЕРІ) наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Коефіцієнти навантаження компонентів,  $K_H$

Компоненти	Контрольовані параметри		Коефіцієнт навантаження $K_H$	Рекомендовані значення в	
				режимах	
				імпульсний	Статистичний

Мікросхеми	Вхідний	ст		n		
	мікросхем,	на		$\sum_{i=1}^n I_{вхi}$	-	-
	включених			$i=1$		
	виході, $I_{вхi}$			$I_{вх}$ max		
	Максимальний					
	вихідний струм					
	$I_{вхmax}$					
	Число навантажених					
	входів n					
Транзистори	Потужність			$P_k / P_{кдоп}$	0,5	0,2
	,					
	Що розсіюється на					
	коллекторе					
	, $P_k$					
Напіпровідникові	Зворотня			$U_o / U_{одоп}$	0,5	0,2
діоди	напруга $U_o$					
Конденсатори	Напруга	на		$U/U_{доп}$	0,7	0,5
	На обкладинках $U$					
Резистори	Потужність			$P / P_{доп}$	0,6	0,5
	,					

	Що розсіюється Р						
Приймач	Струм навантаження $I_H$			$I_H / I_{Hдоп}$	0,9	0,7	
Оптопара	Струм $I_K$			$I_K / I_{Kдоп}$	0,8	0,5	

Таблиця 3.6. Інтенсивність відмов елементів.

Найменування та тип елемента	$\lambda_i \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1})$	$N_i$	$K_H$	$K_T$	$\lambda_i \cdot N_i \cdot K_H \cdot K_T \cdot 10^{-6} (\text{год}^{-1})$
Мікросхема: (DD1)	0,013	1	1	1	0,013
Резистори R1-R12	0,5	3	0,6	1	1,8
Конденсатори C1 – C5	0,55	6	0,7	1	4,2
Транзистори VT1	0,5	2	1	1	2,1
Оптопара US2	0,4	1	1	1	0,4
Світлодіод HL1	0,01	1	1	1	0,01
Приймач US 1	0,01	1	1	1	0,1
Разом: $\lambda_o = 8,62 \times 10^{-6}, (\text{ч}^{-1})$					

$$P(t) = 2,7^{-8,62} \times 10^{-6} \times 10000 = 0,84$$

$$T = 10^6 / 8,62 = 116009 \text{ (ч)}.$$

Розрахункові значення ймовірності відмови  $Q(t)$ :

$$Q(t) = |1 - 0.99| = 0.01$$

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У ході виконання дипломної роботи було розроблено пристрій безконтактного інфрачервоного вимикача світла. Для цього було зроблено аналіз існуючих аналогів розроблюваного пристрою, які можна використовувати для дистанційного вимикання світла.

Розглянутий у цій роботі пристрій безконтактного інфрачервоного вимикача світла надійніше і потужніше, ніж існуючі аналоги, він має більшу вихідну потужність, менший коефіцієнт гармонік тощо.

У проведеній роботі з аналізу технічного завдання були проаналізовані принципова електрична схема розроблюваного пристрою, застосування розроблюваного пристрою й принцип роботи. Наведено докладні технічні характеристики, рисунки з габаритними й настановними розмірами базових елементів.

За результатами розрахунків параметрів друкованого монтажу з урахуванням технологічних можливостей виробництва був обраний третій клас точності плати. Тип друкованої плати був обраний двосторонній. Розраховані розміри плати є 85x85 мм. Закріплення друкованої плати було зроблено на чотири точки опори.

Конструкторсько-технологічний розрахунок був уточнений перевірочними розрахунками по постійному та змінному струму. Також був зроблений розрахунок споживаної потужності пристроєм безконтактного інфрачервоного вимикача світла.

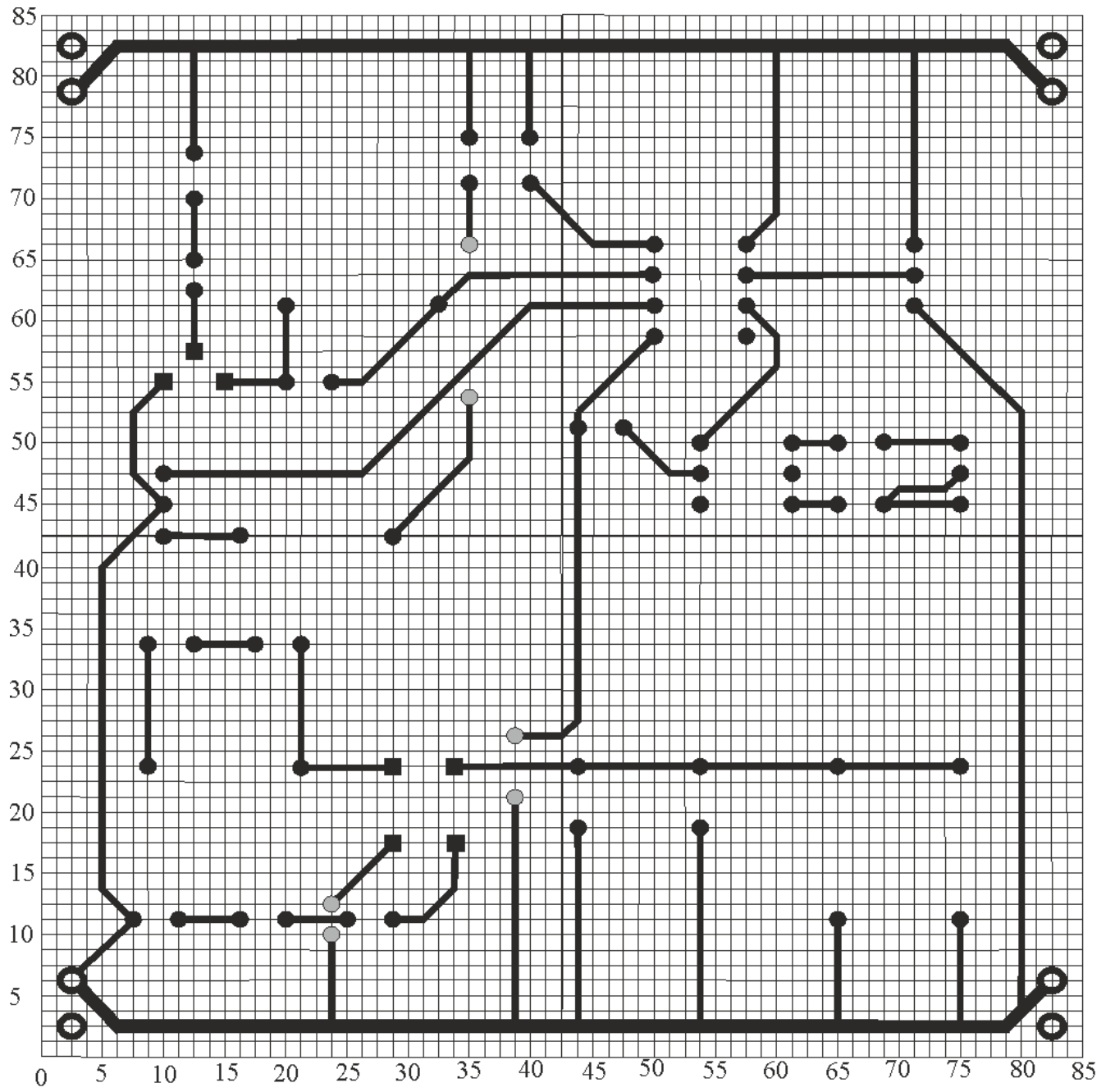
В результаті проведеної роботи був розроблений і досліджений в роботі пристрій безконтактного інфрачервоного вимикача світла з необхідною надійністю.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. – М: Высшая школа, 1977 г.
2. Кириченко И. А., Тарасов С. П. Программа, методические указания и варианты заданий по курсовому проектированию по курсу “Теория, расчет и проектирование приборов и систем”. – Таганрог: ТРТУ, 1998 г.
3. <http://detalinadom.narod.ru/nabor/nabTDA2030.htm>
4. <http://schematic.by.ru/65/6502.htm>
5. <http://detalinadom.narod.ru/stats/UMZ200IV.htm>
6. Иванов Б. С. В помощь радиокружку – М: Радио и связь, 1990 г.
7. Назаров Н. Ф. В помощь радиолюбителю, выпуск 93. – М: «ДОСААФ», 1986 г.
8. Гуревич Б.М., Иваненко Н.С. Справочник по электронике для молодого рабочего: 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1987. – 272 с.: ил.
9. Н.А. Шишонок, В.Ф. Рєпкін, Л.Л. Барвінський. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронної техніки. - Москва: «Радянське радіо», 1964. - 551 с.: Іл.
10. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дросели, пристрої, що комутують, РЕА. Довідник Н.М. Акімов, Є.П. Ващуков, В.А. Кодоренах, Ю.П. Кодоренах - Мн.: Білорусь, 1994. - 591 с.: Іл.
11. Голенкевич Т. А. Прикладна теорія надійності. - М.: Вища школа, 1985. - 168 с.
12. Яншин А. А. Теоретичні основи конструювання, технології та надійності ЕВА. - М.: Радіо і зв'язок, 1983. - 312 с

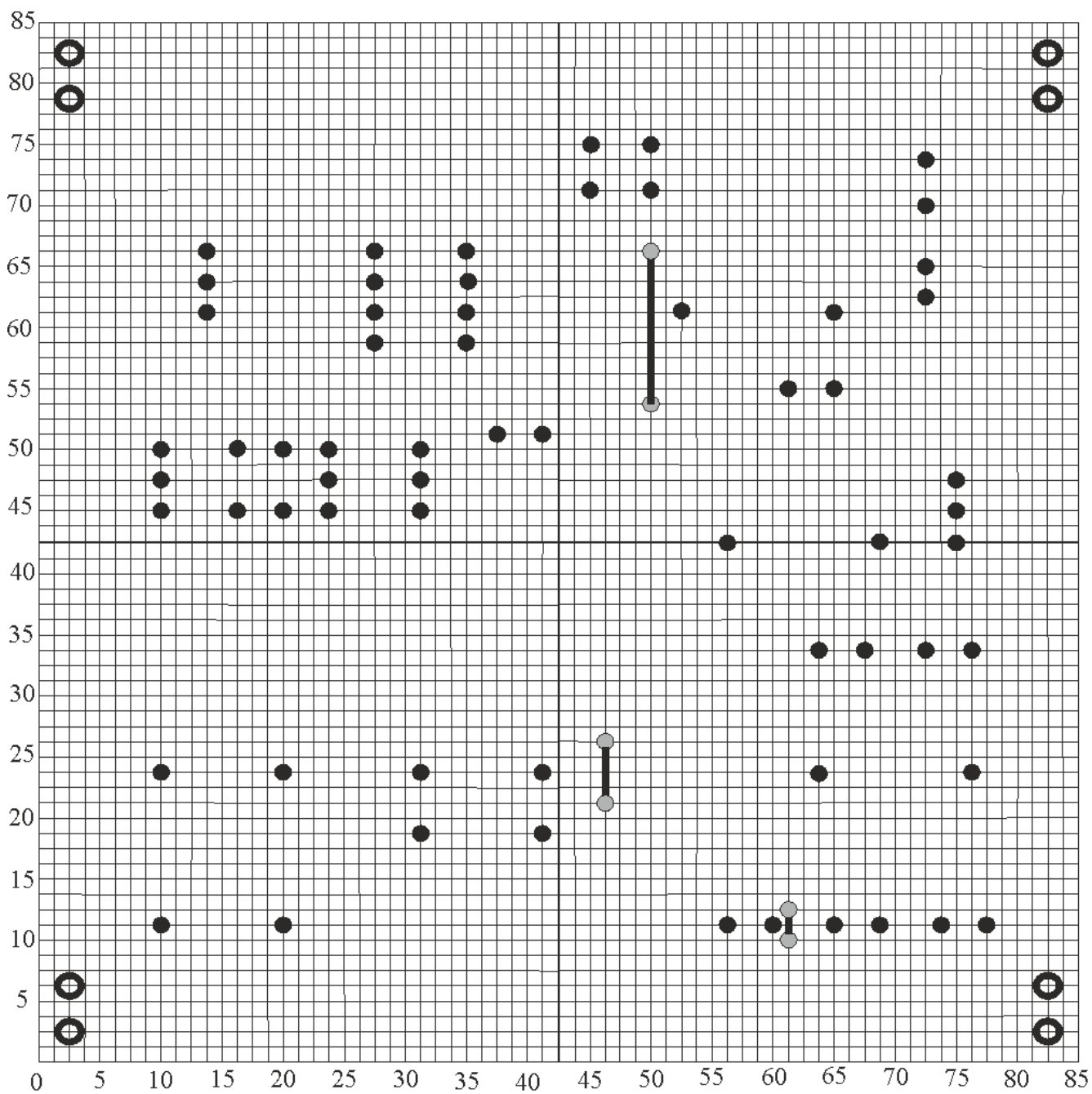
Додаток А.

Трасування друкованої плати





## Дзеркальне відображення плати



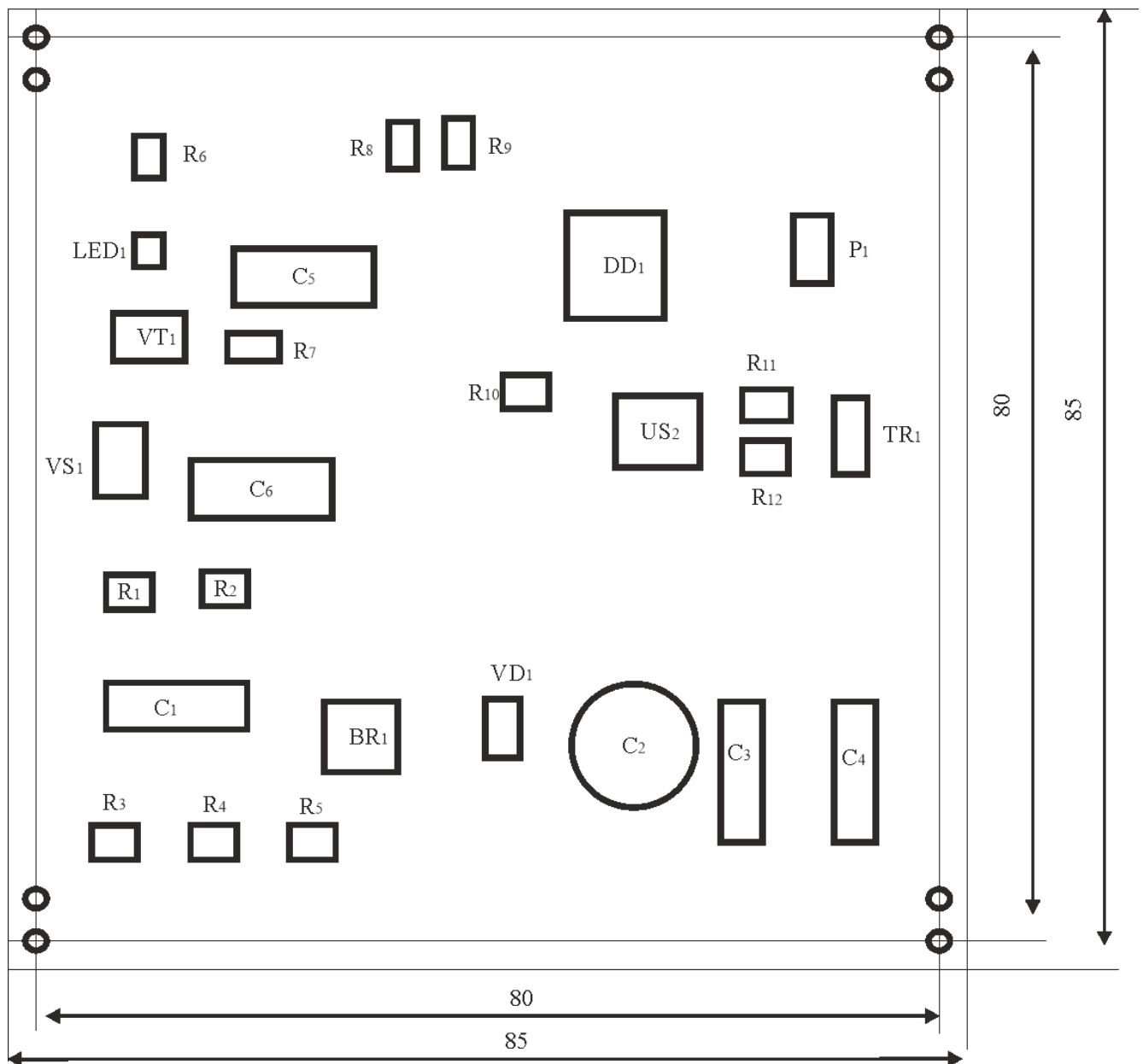
## Таблиця отворів

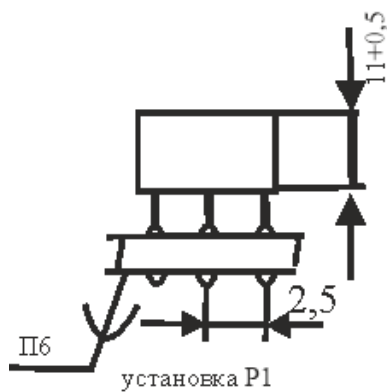
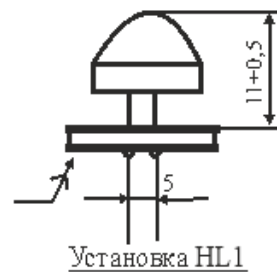
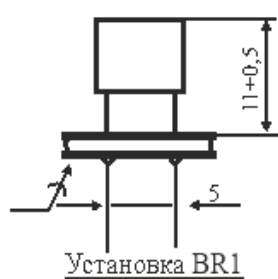
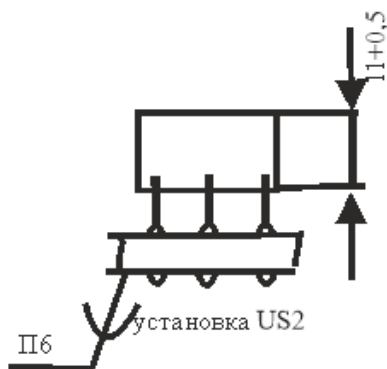
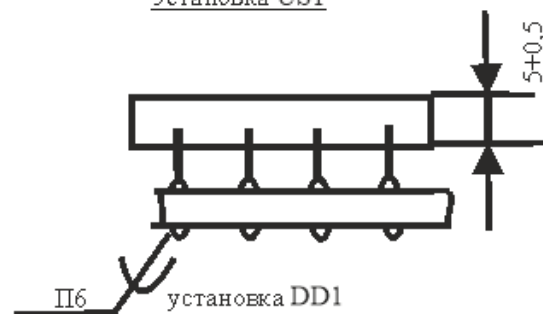
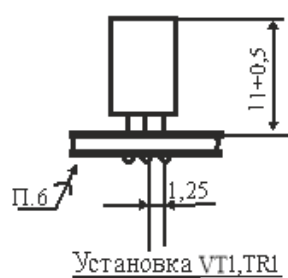
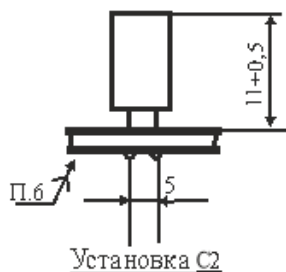
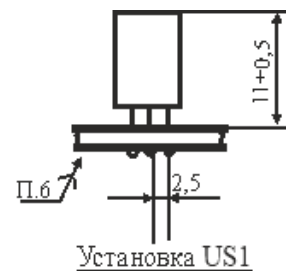
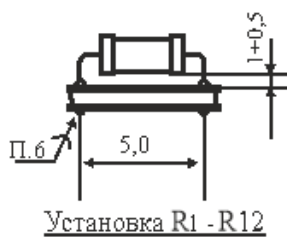
графіч. зображ.	діаметр КМ	діаметр отвору	наявність металу	призначення
•	1,5	1,3	так	монтажне
•	0,9	0,7	так	перехідне
○	2,4	2,0	так	монтажне
○	5,3	5	ні	кріплення

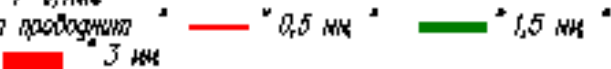

- → \*¶
- → 1. Розміри довідок¶
- → 2. Плату зробити комбінованим позитивним способом.¶
- → 3. Плата має відповідати ГОСТ-23752-86, група жорсткості-3.¶
- → 4. Клас точності-3 за ГОСТ-23751-86.¶
- → 5. Крок основної координатної сітки-1,25 мм. Лінії координатної сітки показано через 1,25 мм.¶
- → 6. Відстань між двома провідниками, контактними майданчиками, провідником та контактним майданчиком не менше 0,25 мм.¶
- → 7. Ширина друкарського провідника 0,25 мм шини живлення.¶
- → 8. Провідники покрити сплавом Розі за ТУ-09-4065-88.¶
- → 9. Інші ТУ за ДСТУ-4ГО.070.015¶

## Додаток В

## Складальне креслення друкованої плати





- 1 . Плата должна соответствовать требованиям ГОСТ 23752–79. Группа жесткости 1.
- 2 . Класс точности 3 по ГОСТ 23751–88.
- 3 .\* Размер для справки
- 4 . Конфигурация проводников выдерживать по координатной сетке с отклонением от чертежа  $\pm 0,1$  мм
- 5 . Ширина проводника \*  \* 0,5 мм \* 1,5 мм \*  
 3 мм
- 6 . Форма и размеры контактных площадок определяются доминирующими техническими средствами и устанавливаются предприятием-изготовителем фотолитоэлемента. Размер контактной площадки определяется диаметром вписанной окружности и должен соответствовать ГОСТ 23751–88.
- 7 . Маркировку травлением выполнять шрифтом 2,5–Пр3 ГОСТ 26.020–80. Допускается шрифт, вытравленный на координатном слое с программным управлением. Расстояние от маркировки до края платы не менее 0,5 мм. Допускается касание маркировочных обозначений одного печатного элемента.
- 8 . Плату печатную покрыть глянцевым защитным резином (гляцевой маской) в соответствии с технической инструкцией завода-изготовителя. Тип гляцевого защитного реза устанавливает завод-изготовитель.
- 9 . Маркировать краской PLASTSTAR OE–025, белой фирмы "SERICOL". Шрифт 2,5–Пр3 ГОСТ 26.020–80.
- 10 . Клеить краской PLASTSTAR OE–025, белой фирмы "SERICOL".
- 11 . Допускается маркировать и клеить краской прозрачной для негитивающих поверхностей ТНПФ–84, белой ТНПФ–01, черной ТУ 29–02–869–88, УНП или краской PLASTSTAR OE–001, черной фирмы "SERICOL".
- 12 . Маркировочный слой вытравить краской ТНПФ–84, белой ТУ 29–02–869–88, УНП. Шрифт 2–Пр3 ГОСТ 26.020–80.
- 13 . Основные обозначения и размеры отверстий см. табл. лист . Наименование столбцов таблицы отверстий: Hole Dia(mm)–Диаметр отверстия(мм); Qty(шт)–Основное обозначение; Quantity–Количество Plated–Наличие металлизации (Yes–Есть/No–Нет).
- 14 . Допускается замена материала на стеклотекстолит СТНФ–2–35–1,5 ТНБ–503.161.–83.
- 15 . Плотность металлизации 85 мд/см
- 16 . Обработку печатной платы по контуру выполнять фрезерованием согласно
- 17 . Дополнительные технические требования по ОСТ 10.070.014.