

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: «Інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки»

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

(шифр і назва спеціальності)

Шевченко Т.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник Самойлова Ж.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Захожай О.І.

(прізвище та ініціали)

Київ – 2024 року

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., проф. Захожай О.І.
(підпис)
 « ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дипломну роботу студенту

Шевченко Тимуру Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки»,
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 інфрачервоного вмикача світлодіодної ленти і моделювання електричних параметрів польового транзистора.
 - 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 кафедру	06.12.2024	
9.	Підготовка доповіді та презентації	09.12.2024	

Студент Шевченко Т.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи Самойлова Ж.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:

78 сторінок , 32 рисунків, 13 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 інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки, топологічне проектування і моделювання параметрів польового транзистора в схемі інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки.

Мета роботи - дослідити процес розробки інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки, спроектувати топологію плати інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки на основі схеми електричної принципової відповідно до вимог технічного завдання.

Метод дослідження - теоретичний із застосуванням комп'ютерної техніки.

У дипломній роботі досліджені процеси розробки інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки, розраховані показники безвідмовності та спроектована топологія плати інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки на основі схеми електричної принципової. Проведені конструктивні розрахунки, розрахунки по постійному та змінному струму. Проаналізовані та узагальнені отримані результати. При моделюванні електричних параметрів польового транзистора використовувалась програма **ELECTRONICS WORKBENCH 5_12**.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АНАЛОГІВ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ.....	9
1.1. Простий сенсорний вмикач світлодіодної стрічки	9
1.2. Безконтактний вмикач освітлення для світлодіодної стрічки на сучасних меблях.....	10
1.3. Енергозберігаючий світильник з інфрочервоним (ІЧ) датчиком руху.....	13
2. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	20
2.1. Аналіз схеми електричної принципової.....	20
2.2. Вибір елементної бази.....	22
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ.....	42
3.1. Вибір конструкції друкованої плати.....	42
3.2. Конструктивно-технологічний розрахунок друкарського монтажу.....	43
3.3. Визначення мінімальної ширини друкованих провідників.....	44
3.4. Визначення діаметрів контактних майданчиків.....	47
3.5. Розрахунок сумарної потужності споживаної елементами схеми.....	50
3.6. Розрахунок надійності елементів друкованої плати з обліком пайки.....	52
4. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВМИКАЧА ДЛЯ СВІТЛОДІОДНОЇ СТРІЧКИ.....	56
4.1. Основні відомості щодо польових транзисторів.....	56
4.2. Дослідження характеристик польових транзисторів.....	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	73

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
Додаток А.....	75
Додаток В	77

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

Електронні технології охоплюють широкий спектр побутової галузі. Навіть найпростіші функції вимикача лампи побутового світильника тепер все частіше виконують сенсорні прилади, а не технологічно застарілі — ручні.

Термін «сенсорний» несе у собі досить широке визначення. По суті, під ним слід розглядати цілу групу датчиків, здатних реагувати на різні сигнали.

Однак стосовно вмикачів – приладів, наділених функціоналом комутаторів, сенсорний ефект найчастіше розглядають як ефект, що отримується від енергетики електростатичного поля. Звичайному користувачеві достатньо доторкнутися пальцями руки до такого контактного поля і у відповідь буде отримано той самий результат комутації, який дає стандартний звичний клавішний прилад. Також є ще вимикачі з дистанційним керуванням. Тобто, вимкнути світильник або прибрати яскравість свічення ламп приладу, користувач може, не здійснюючи зайвих рухів у вигляді переходу від місця відпочинку до вимикача.

У даній дипломній роботі досліджувався інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки. 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 інфрачервоного вмикача для світлодіодної стрічки та параметрів його компонентів.

Оптимізація вибору складових компонентів полягає в тому, що при проектуванні вмикача слід використовувати такі елементи, щоб їх параметри забезпечували максимальну ефективність пристрою за заданими характеристиками, а також його економічність з точки зору витрати енергії живлення та собівартості компонентів, що входять до нього.

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

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АНАЛОГІВ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИСТРОЮ

1.1. Простий сенсорний вмикач світлодіодної стрічки

Різновид приладів з урахуванням сенсорів велика. Випускаються моделі із функціями звичайних вимикачів. І є досконаліші розробки – з регуляторами яскравості, що відстежують температуру оточення, піднімають жалюзі на вікнах та інші.

Схема простого сенсорного вмикача світлодіодної стрічки представлена на рисунку 1.1.:

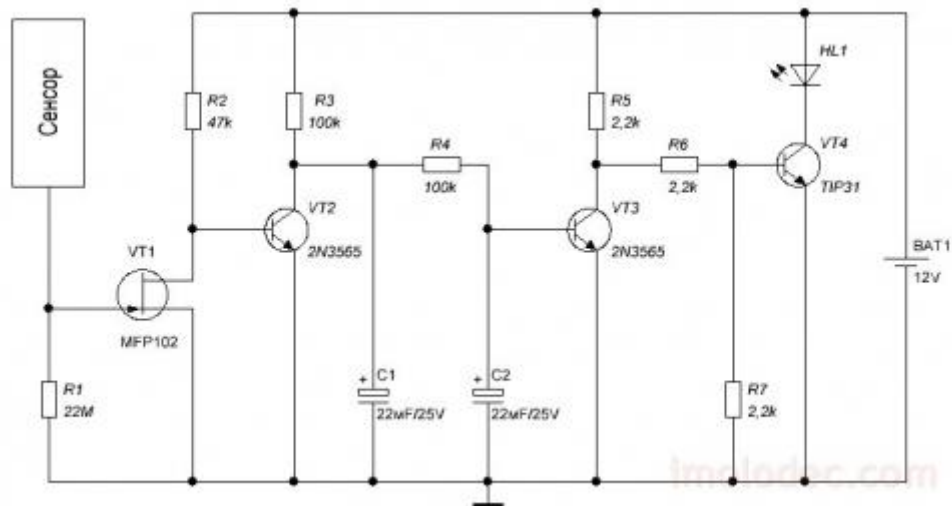


Рисунок 1.1. Схема простого сенсорного вмикача світлодіодної стрічки

Як датчик сенсорного вмикача - сенсорної пластинки, необхідно використовувати металеву пластинку, що має антикорозійне покриття. Це може бути платівка із технічного срібла або нержавіючої сталі.

Польовий транзистор VT1 MPF102 може бути замінений більш доступними NTE451 або ECG451.

Замість транзисторів VT2 і VT3 2N3565 можна використовувати 2N2222(A), BC107, BC108, BC109(A/B/C), NTE123A або ECG123A.

Транзистор VT4 TIP31 може бути замінений більш поширеними NTE196 або ECG196.

Якщо використовувати сенсорний вимикач для більш потужного навантаження, замість світлодіодної лампи HL1 необхідно встановити малогабаритне реле.

Напруга живлення сенсорного вмикача 12 вольт, тому при застосуванні для світлодіодної стрічки зі стабілізованим живленням не потрібно його доопрацювання. Якщо ви хочете використовувати його, наприклад, для управління побутовими приладами: бра, торшер і т.п. то крім реле, що управляє навантаженням, необхідно дооснастити сенсорний вмикач малопотужним джерелом живлення 220/12В.

1.2. Безконтактний вмикач освітлення для світлодіодної стрічки на сучасних меблях

Описуваний тут пристрій розроблений для встановлення в сучасні меблі, зокрема, в кухонні шафи і шафи-купе. Цей пристрій може мати ширшу сферу використання. Цей безконтактний вмикач призначений для управління меблевим освітленням на галогенових лампочках, або інших освітлювальних приладах, що не бояться фазових регуляторів 220 В змінного струму.

Принцип дії даного пристрою простий: інфрачервоний (ІЧ) діод висвітлює предмет, що знаходиться перед ним, і відображене світло потрапляє на ІЧ фотоприймач, що детектує це випромінювання. Якщо рівня відбитого ІЧ світла недостатньо (предмет відсутній, або знаходиться занадто далеко), освітлення включається, якщо рівень випромінювання досить високий – освітлення вимкнено.

Функціональні можливості

- Вражаюча автоматизація освітлення: відкриваєш дверцята кухонної шафи або відкочуєш двері шафи-купе, і вмикається світло.
- Для підвищення стійкості до перешкод застосовано алгоритм захисту від фонового засвічення зовнішнім світлом ламп, сонця, а також сигналів якого-небудь пульта дистанційного керування.
- Ввімкнення освітлення відбувається плавно, рівень яскравості розбитий на 16 градацій, і, за допомогою керування фазою включення симістора, запалення ламп відбувається протягом 2...3 секунди. Заміна ламп, а в тому, що такі заміни - досить трудомісткий і клопіткий процес, а для нефахівця і зовсім неможливий. Тому продовження терміну роботи ламп зробить систему меблевого освітлення ще більш привабливою.
- Можна регулювати яскравість ламп освітлення, при включенні рівень яскравості плавно збільшується саме до вибраного рівня, зберігається в незалежній пам'яті мікропроцесора.
- Якщо ви забули закрити дверцята, світло буде горіти 30 хвилин і автоматично вимкнеться само, що сприяє підвищенню пожежної безпеки.

Основою схеми є мікропроцесор PIC12F675, що реалізує всі закладені у пристрій функціональні можливості. Через резистор R12 та транзистор VT2 мікропроцесор керує інфрачервоним діодом VD3. Відбитий сигнал сприймається фотоприймачем VF1 і через діод VD5 проходить вивод 4 мікропроцесора, який використовується як вхід. Діод необхідний для розв'язки ланцюгів під час програмування процесора, оскільки конструкцією пристрою передбачено програмування процесора після монтажу на друковану плату. Резистор R28 нівелює вхідну ємність високоомного мікропроцесорного входу. Кнопка керування підключена до виводу 2. Симистор Q1 управляється мікропроцесором через резистори R8, R21 та транзистор VT1. Ланцюжок резисторів R2, R5, R11 необхідний організації детектора переходу фази через нуль. Сигнал із цього

ланцюга приходиться на виведення 7 мікропроцесора, запрограмований як вхід. При зростанні фазної напруги, починаючи від 0, вже при напрузі 5 мікропроцесор детектує на цьому вході логічну одиницю, тобто фіксує початок наступного періоду змінної напруги. При подальшому зростанні напруги його надлишки через внутрішній захисний діод проходять в ланцюг живлення мікропроцесора. Живлення схеми здійснюється через високовольтний конденсатор С1, що гасить, і струмообмежувальний резистор R1, а стабілізується стабілітроном VD2. Конденсатор С6 і дросель L1 служать для зниження перешкод при перемиканні симистора. Ланцюжок R3, R6, С4 призначений для можливості вимірювання амплітуди змінної напруги, але в програмі така функція не реалізована, і тому встановлювати на плату ці елементи не потрібно. Діод VD4 також слугує для розв'язки при внутрішньосхемному програмуванні мікропроцесора.

Найменування елементів наведено на важливій схемі. Особливих вимог щодо них немає. Треба сказати, що резистор R1 потрібен обов'язково 2 Вт, оскільки його максимальна напруга 500. Конденсатори С1 та С6 високовольтні, на 630 В. Потужність стабілітрона VD2 має бути 0.5 Вт. Симистор Q1 і дросель L1 повинні витримувати струм щонайменше 1 А. Фотоприймач VF1 розрахований на частоту ІЧ імпульсів 36 кГц і замінювати його на інший тип не можна. Світлодіод VD3 – для пультів дистанційного керування діаметром 3 мм. Його виводи необхідно вигнути під прямим кутом і запаяти в плату на необхідну висоту. R1, VD1, С1, VD2, VD3, С6, L1, Q1, SA1, VF1, С5 – похідні елементи, решта – для поверхневого монтажу.

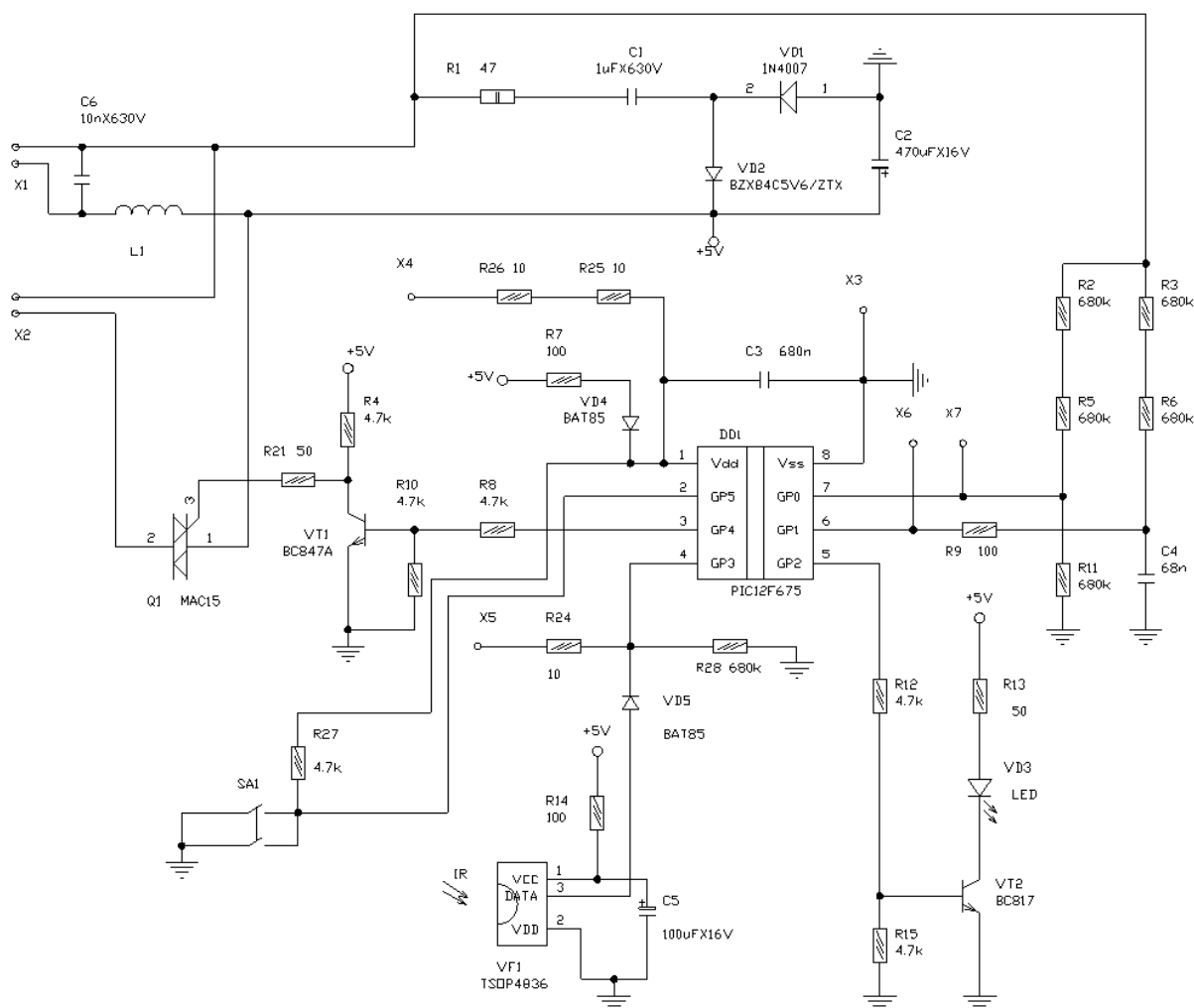


Рисунок 1.2. Принципова електрична схема

1.3. Енергозберігаючий світильник з інфрочервоним (ІЧ) датчиком руху

Енергозберігаючий світильник з інфрачервоним датчиком руху призначений для автоматичного увімкнення освітлення як у приміщеннях, так і на прилеглих територіях. Додаткова функція – охорона території.

Встановлення в передпокої квартири або офісу світильника з функцією охорони дозволяє автоматично, з появою відвідувачів, включати освітлення приміщення та подавати сигнал на центральний пункт охорони про їхню присутність. Якщо руки чимось зайняті, то просто немає можливості ввімкнути

світло. Як правило, включена лампа залишається горіти цілодобово марно спалюючи гроші та перевантажуючи енергосистему. Використання в конструкції модуля інфрачервоного датчика дозволяє виявляти джерела інфрачервоного випромінювання.

Інформація, отримана з модуля інфрачервоного сенсора у вигляді модифікованого опору, надходить для подальшої обробки на вхід програмованого таймера схеми енергозберігаючого світильника. Сигнал керування включає світильник освітлення у приміщенні та подає сигнал на зовнішній пульт охорони. У світлий час доби світильник захищений від довільного включення фотореле схемою. У схемі передбачена електрична розв'язка датчиків від електромережі. Пристрій з невеликою затримкою включає освітлення, що залежить від параметрів часзарядного ланцюга. Невеликі габарити дозволяють встановити пристрій усередині світильника з будь-яким типом ламп.

Характеристики пристрою

Напруга живлення 220 вольт

Потужність споживання 5 ват

Потужність навантаження макс. 1000 ват

Потужність номінальна 200 Вт.

Час увімкнення 1-3 сек.

Час утримання 10-32 сек.

Заборона увімкнення при зовнішньому освітленні 100 люкс.

Відстань до датчика руху 1-12 метрів.

Тип лампи світильника: розжарювальна або енергозберігаюча.

Економія енергії на рік понад 720 кВт/год.

Час встановлення у робочий режим 40-60 сек.

Габарити: 150*90*60мм

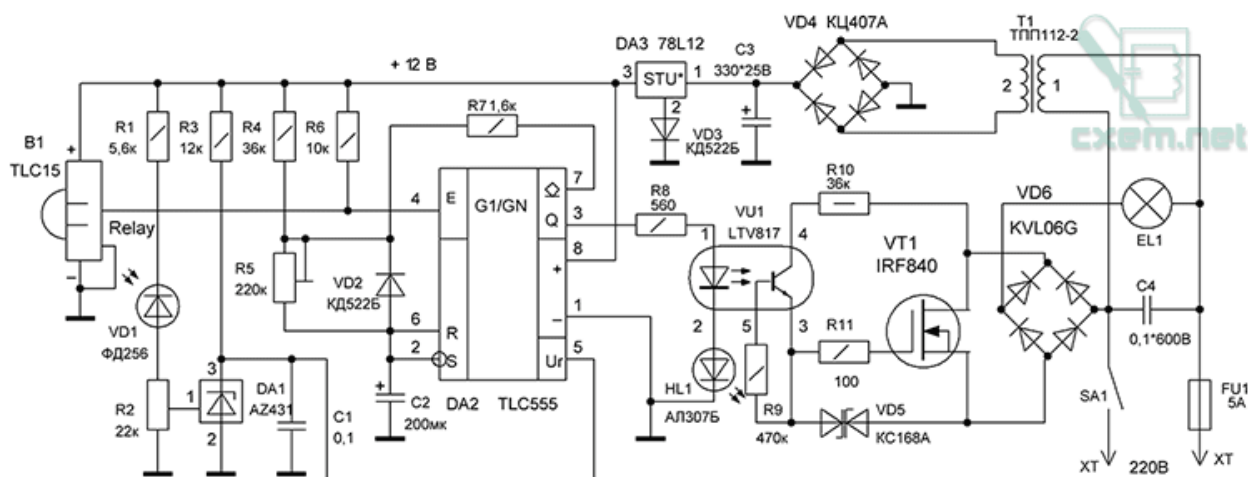


Рисунок 1.3. Склад схеми пристрою

1. Інфрачервоний датчик руху – В1.
2. Датчик зовнішнього освітлення – VD1.
3. Очікуючий мультивібратор на м/с DA2.
4. Безконтактний ключовий пристрій на польовому транзисторі VT1.
5. Таймер реєстрації зовнішнього освітлення на паралельному стабілізаторі напруги м/с DA1.
6. Стабілізоване джерело живлення електронної схеми DA3, VD4, T1.
7. Елементи захисту та комутації SA1, FU1.
8. Елементи гальванічної розв'язки: оптопара VU1, трансформатор T1.

Основним елементом схеми енергозберігаючого світильника є мультивібратор, що чекає, на аналоговому таймері DA2. Аналоговий інтегральний

таймер DA2 має внутрішню структуру, що складається з: двох операційних підсилювачів, що працюють як компаратори; RS-тригера; вихідного підсилювача для підвищення здатності навантаження і ключового внутрішнього транзистора для розрядки зовнішнього конденсатора C2.

Чекаючим мультивібратором на мікросхемі DA2 програмує час увімкненого та вимкненого стану світильника, це необхідно для підтримки освітлення певний час, щоб відвідувач встиг перейти в інше приміщення, якщо він уже вийшов із зони дії інфрачервоного датчика. Постійне перебування у цій зоні підтримує світильник у ввімкненому стані.

Використання таймера дозволяє при мінімальній кількості зовнішніх радіокомпонентів створити програмований одновібратор, що чекає. Виводи мікросхеми таймера 2 DA2 виконує функції входу нижнього компаратора і перемикає внутрішній тригер входу S при напрузі менше $1/3 U_{п.}$ Конденсатор C2 часзарядного ланцюга заряджається з часом $T1 = 0,69 (R4 + R5) C2$ залежить від номіналів резисторів R4, R5. Після досягнення на конденсаторі C2 рівня $2/3U$ живлення спрацьовує верхній компаратор по входу 6DA2 і внутрішній тригер мікросхеми перемкнеться, на виході 3DA2 напруга перемкнеться на низький рівень, вмикається розрядний внутрішній транзистор на виході 7DA2 і конденсатор C2 розрядиться через резистор R7 за часом $T2 = 0,69R7C2$. На виході 3 DA1 таймера знову підтримуватиметься високий рівень.

Як видно за схемою, час включеного стану максимальний. Вимкнений час мінімальний і досить майже для миттєвої перезарядки конденсатора C2 і не впливає на стан освітлення.

При подачі напруги живлення, без впливу на датчик руху B1 модифікований опір на виході «Relay» близько до нуля. Генератор заблокований на вході 4 DA2 - скидання і не запускається. При наявності на датчик руху опір підвищується до нескінченності і генератор запускається при напрузі на виводі 4 DA2 більше 0,7 вольт. Повторне спрацювання датчика руху B1 знову переведе напругу на виході 3 DA2 на високий рівень. Для створення низького рівня на виході 3 DA2, за наявності

зовнішнього освітлення, у схемі встановлено пороговий таймер на прецизійному аналогу стабілітрона DA1. У нелінійному режимі мікросхема виконує функції компаратора із напругою спрацьовування 2,5 Вольта. Поріг включення встановлюється резистором R2.

Зниження опору фотодіода VD1 при впливі зовнішнього освітлення призводить до підвищення напруги на резисторі R2. Ключове спрацьовування таймера мікросхеми DA1 при початковому рівні керуючої напруги на виводі 1 DA1, переводить мікросхему у відкритий стан, напруга на вході 5 DA2 – точки прямого доступу з рівнем $2/3U_n$ падає стрибком майже до нуля. Напруга на виході 3 DA2 знижується також до нуля - висвітлення вимкнено.

Чутливість фотореле дуже висока, воно спрацьовує при рівні освітлення 50-100 люкс, тобто при світінні неонові лампи 18 Вт на відстані один метр.

Для встановлення тривалості часу увімкнення освітлення, в схему введений змінний резистор R5, у верхньому положенні двигуна час увімкнення світильника максимальний.

Живлення датчика руху, схеми фотореле та часзарядного ланцюга виконано від стабілізатора на мікросхемі DA3. Діод VD3 захищає мікросхему від неправильної полярності вхідної напруги. У схему мережевого джерела входить силовий трансформатор T1, діодний міст VD4 та конденсатор фільтра C4.

Вихідний ключовий пристрій на польовому транзисторі VT1 спрацьовує за наявності високого рівня на виході 3 DA2, який через резистор R8 надходить на світлодіод оптопари VU1, внутрішній транзистор оптопари відкривається і подає напругу затвора польового транзистора VT1. Транзистор VT1, перебуваючи в діагоналі випрямного мосту VD6, у ключовому режимі включить лампу світильника EL1.

Діод VD5 в ланцюзі затвора польового транзистора VT1 виконує роль супресора, захищає транзистор від неприпустимих рівнів вхідної напруги. Резистор R11 знижує струм заряду внутрішньої ємності польового транзистора VT1.

Регулювання, контроль роботи:

Подача напруги живлення супроводжується автоматичною установкою модуля, інфрачервоного датчика руху в робочий стан протягом приблизно хвилини. Світлодіод датчика В1 в цей час індикує стан зовнішнього впливу, після встановлення світлодіод датчика гасне.

При зовнішньому впливі на датчик світлодіод датчика загоряє, опір на затискачах «Relay» підвищується і мультивібратор, що чекає, на м/с DA2 починає функціонувати. Час увімкненого стану лампи світильника залежить від значення номіналів RC –ланцюга, резисторів R4, R5 та конденсатора C2.

Регулювання приладу полягає в установці чутливості фотореле резистором R2 при наведенні фотоелемента DA1 на джерело світла. Попередньо, фотоелемент направити на зовнішнє неяскраве освітлення та перекриваючи датчик освітлення рукою увімкнути лампу світильника. За відсутності якісної роботи пристрою слід уточнити напругу та полярність живлення.

Враховуючи, що вихідні ланцюги принципової схеми пов'язані з електромережею, слід дотримуватися Правил техніки безпеки. Живлення від мережі на період перевірки та регулювання схеми енергозберігаючого світильника виконати через перехідний трансформатор потужністю понад 100 Вт.

Датчик фотореле VD1 встановлюється у місці з відсутністю прямого засвітлення від лампи світильника та зовнішнього освітлення.

Датчик руху встановлюється із зустрічної сторони від входу, на висоті 2-2,5 метра від підлоги на відстані 3 -8 метрів від вхідних дверей з нахилом 45 градусів вниз, точне положення потрібно уточнити.

Інфрачервоний датчик руху не реагує на переміщення у приміщенні дрібних тварин.

Датчики з пристроєм з'єднуються дротом в ізоляції перетином 0,5 мм.

Невеликі габарити пристрою дозволяють встановити його усередині світильника. До складу модуля В1-інфрачервоного приймача входить інфрачервоний детектор, схема формування та посилення сигналу. У схему входить настановний резистор чутливості та перемикачі режимів роботи.

Напруга живлення модуля стабілізована внутрішнім елементом стабілізації.

На платі пристрою модуля встановлено термінал (колодка) для підключення зовнішнього живлення та клеми виходу модифікованого опору для зняття інформації про наявність джерела інфрачервоного випромінювання.

Інфрачервоний детектор складається із піроелектричного датчика – пиросенсора. При поглинанні енергії датчиком температура кристала збільшується і на його обкладках з'являється напруга, яка формується та посилюється внутрішньою схемою, в результаті на виході виникає неполярний сигнал у вигляді модифікованого опору.

Дальність визначення інфрачервоного випромінювання може досягати 15-ти метрів при куті 70 градусів і ширині 90 градусів, що достатньо для виявлення джерел інфрачервоного випромінювання в будь-якому, за обсягом, приміщенні.

Включення модуля в роботу, після подачі напруги живлення пристрою, відбувається не миттєво, а через 40-60 секунд, після встановлення внутрішньої схеми в режим контролю світлодіод індикації роботи модуля після закінчення установки вимкнеться.

При дії інфрачервоного випромінювання на датчик інфрачервоного модуля В1 модифікований опір на його виході зростає, таймер на м/с DA2 видасть на виході 3 високий рівень, транзисторний ключ VT1 відкриється і лампа EL1 світильника включиться.

При вході відвідувачів у приміщення схема модуля спрацьовує через 1-3 секунди.

Високовольтний конденсатор С4 в ланцюзі живлення знижує рівень перешкод від роботи транзисторного перетворювача.

Для нормальної роботи схеми напруга на конденсаторі С3 має бути в межах 12-15 вольт, що є достатнім для функціонування схеми модуля В1 з робочою напругою 12 вольт.

При підключенні модуля В1 після подачі напруги живлення слід почекати хвилину для встановлення схеми модуля в робочий режим. Контрольний світлодіод модуля після автоматичного встановлення згасне, попередньо оптичний фільтр слід закрити від впливу інфрачервоного випромінювання. Для випробування

модуля та схеми пристрою в цілому, скло фільтра модуля направити від себе і при згаслих світлодіодах модуля та контрольного світлодіода HL1 махнути рукою перед датчиком інфрачервоного випромінювання, обидва світлодіоди повинні загорітися, і лампа світильника. Інструкція зі встановлення модуля інфрачервоного випромінювання у приміщенні додається до датчика. Повторювати її у статті немає потреби. При зовнішньому освітленні лампа світильника не повинна включатися, навіть при впливі на датчик руху.

2.АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1. Аналіз схеми електричної принципової

Світлодіодні стрічки використовуються в побуті зазвичай як додаткове освітлення, наприклад, освітлення стільниці кухонного гарнітура.

А якщо шафи ще мають декоративну планку, яка приховує світлодіодну стрічку, все буде виглядати дуже елегантно і зіпсувати все може тільки... вимикач! Тому виникла ідея створити інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки.

Схема інфрачервоного вмикача для світлодіодної стрічки складається з інфрачервоного передавача (ІЧ-світлодіода), встановленого з одного краю світлодіодної стрічки, а також інфрачервоного приймача (TSOP1736, TSOP31236, TSOP2136, TSOP3463 кінця світлодіодної стрічки.

Таким чином, достатньо перервати інфрачервоний промінь у будь-якому місці, щоб увімкнути чи вимкнути освітлення. Це рішення є практичним, оскільки нам не потрібно шукати вмикач, тому що він працює по всій довжині світлодіодної стрічки.

Принципову схему інфрачервоного вмикача для світлодіодної стрічки показано на наступному малюнку.

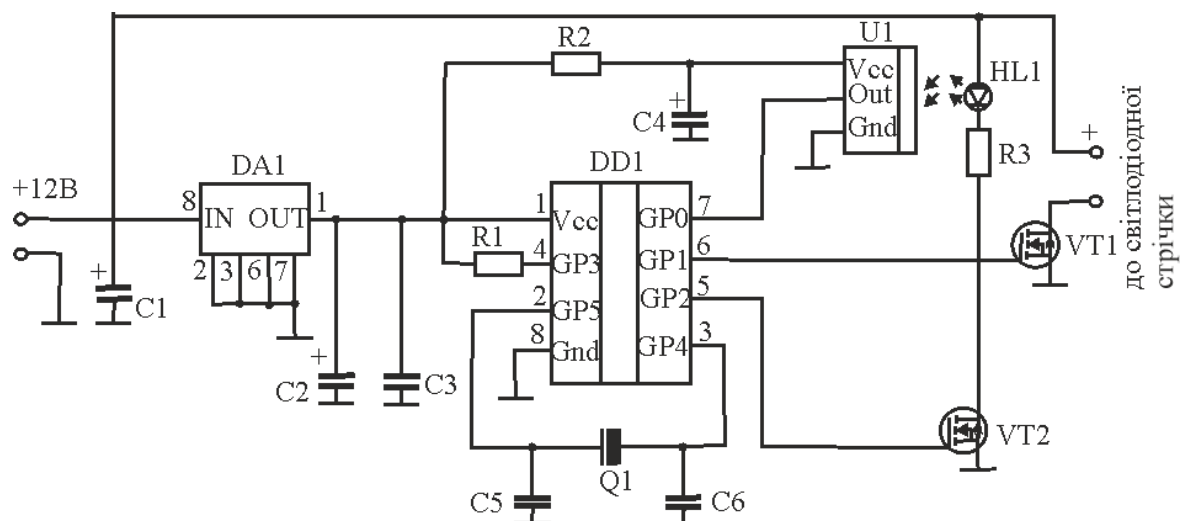


Рисунок 2.1. Принципова електрична схема пристрою

Основою пристрою є мікроконтролер PIC12F675 (DD1). ІЧ-передачач (HL1) посилає сигнал з частотою 36 кГц.

Сигнал з виходу ІЧ-приймача (U1) надходить на висновок 7 мікроконтролера (порт GP0) Живлення ІЧ-приймача здійснюється через RC-фільтр, що складається з резистора R2 і конденсатора C4. польовий транзистор VT1 включає/виключає світлодіодну стрічку. Схема працює від стандартного стабілізатора. напруги 7805 (DA1).

Після ввімкнення живлення - світлодіодна стрічка не світиться Якщо ми перервемо ІЧ-промінь (приймач на деякий час перестане отримувати сигнал, що випромінюється передаючим світлодіодом), світлодіодна стрічка ввімкнеться.

У схемі використаний польовий транзистор BSS138P (N-канальний, 60 В, 360 мА, 1.14 Вт), який можна замінити іншою зі схожими характеристиками. Його потужності вистачає для підключення світлодіодної стрічки довжиною близько 80 см. Якщо світлодіодна стрічка досить довга, то слід використовувати потужніший транзистор.

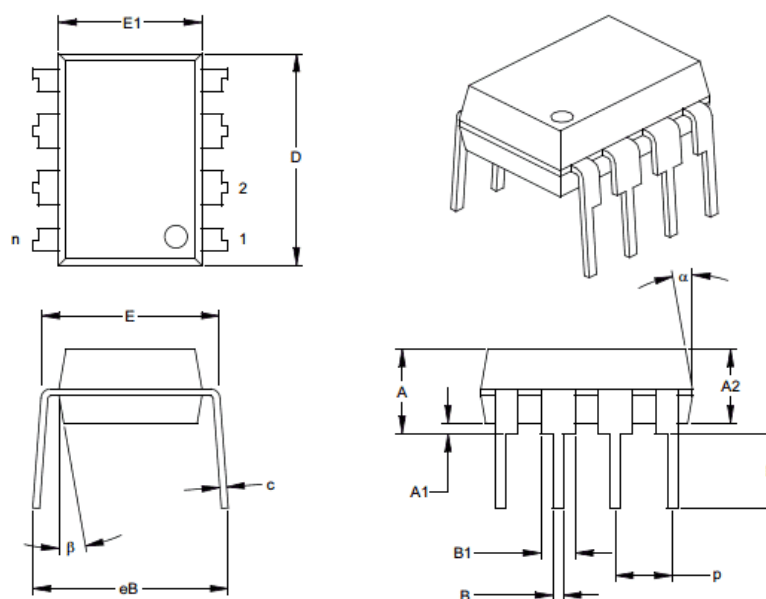
За допомогою польового транзистора BSS205 (N-канальний, 20 В, 2.5А) можна керувати світлодіодною стрічкою довжиною до 5 м. Також при більш довгій світлодіодній стрічці можливо буде потрібно збільшити потужність сигналу ІЧ-світлодіода, зменшивши опір резистора R3.

Якщо після увімкнення пристрою світло загоряється і гасне кожні кілька секунд, то це означає, що ІЧ-приймач не "бачить" сигналу від ІЧ-світлодіода».

2.2. Вибір елементної бази

Мікросхема PIC12F675-I/P Microchip

8-Lead Plastic Dual In-line (P) – 300 mil (PDIP)



Dimension	Units	INCHES*			MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.100			2.54	
Top to Seating Plane	A	.140	.155	.170	3.56	3.94	4.32
Molded Package Thickness	A2	.115	.130	.145	2.92	3.30	3.68
Base to Seating Plane	A1	.015			0.38		
Shoulder to Shoulder Width	E	.300	.313	.325	7.62	7.94	8.26
Molded Package Width	E1	.240	.250	.260	6.10	6.35	6.60
Overall Length	D	.360	.373	.385	9.14	9.46	9.78
Tip to Seating Plane	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
Lead Thickness	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
Upper Lead Width	B1	.045	.058	.070	1.14	1.46	1.78
Lower Lead Width	B	.014	.018	.022	0.36	0.46	0.56
Overall Row Spacing	§ eB	.310	.370	.430	7.87	9.40	10.92
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter

§ Significant Characteristic

Notes:

Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MS-001

Drawing No. C04-018

Рисунок 2.2. Мікросхема PIC12F675-I/P Microchip

Основні технічні характеристики:

Тип корпусу: PDIP-8

Короткий опис : 8-bit Microcontroller with 1KB,20MHz

Живлення, В: 2,0...5,5 V

Тип ядра: PIC

Розрядність: 8-Bit

Частота: 20MHz

Робоча температура, °C: - 40...+125°C

Мікроконтролер PIC12F675-I/P фірми Microchip®. Багаторазово програмований (Flash).

Короткі характеристики PIC12F675:

- Зовнішній тактовий генератор до 20MHz
- Внутрішній тактовий RC-генератор 4MHz
- 128x8 EEPROM пам'ять даних
- 64 x 8 RAM пам'ять даних
- 1024 x 14 Flash пам'ять програм
- 14 розрядні інструкції
- 8 розрядні дані
- 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним підділювачем (TMR0)
- 16-розрядний таймер/лічильник з підділювачем (TMR1)
- 6 ліній вводу/виводу
- Сторожовий таймер (WDT)
- Таймер скидання (PWRT)
- АЦП 10-біт

- Внутрішньосхемне програмування (ICSP)
- Захист коду програм
- Напруга живлення: 3.0..5.5V
- Діапазон температур: -40...+85°C

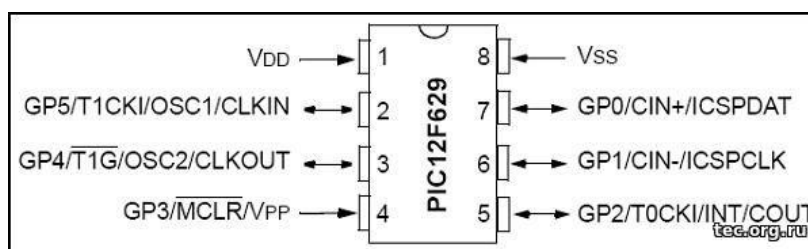


Рисунок 2.3. Розпинування мікросхеми PIC12F675-I/P Microchip

Лінійний стабілізатор напруги L7805CV

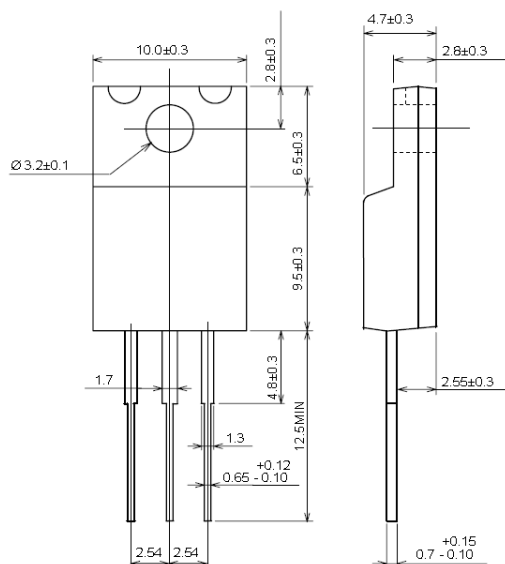


Рисунок 2.4. Лінійний стабілізатор напруги L7805CV

Мікросхема живлення L7805CV TO-220 відноситься до типу лінійних стабілізаторів напруги (ЛСН), мікросхема призначена для автоматичної, постійної

підтримки стабільної напруги. Залежно від типів стабілізаторів, їх можна використовувати для регулювання однієї або кількох напруг, змінного чи постійного струму. Стабілізатори напруги набули широкого застосування у повсякденному житті споживача. Однією з таких сфер є використання в блоках живлення комп'ютерів, де вони стабілізують напругу постійного струму, використовувану процесором та іншими елементами. Мікросхеми стабілізаторів напруги поділяються на два класи: лінійні стабілізатори та імпульсні стабілізатори. Лінійні стабілізатори - пристрої, які працюють у своїй лінійній галузі. На вхід лінійного стабілізатора подається вхідна, нестабільна напруга, а при виході генерується стабільне. Лінійні стабілізатори прості та не вимагають великої кількості додаткових електронних компонентів. Імпульсні стабілізатори - здатні генерувати вихідну напругу, яка вища за вхідну або має протилежну полярність. Потужність, що передається через прохідний пристрій, має дискретні імпульси, за рахунок чого досягається більша ефективність, оскільки прохідний пристрій працює як перемикач з низьким імпедансом. Таким чином, ефективність стабілізатора імпульсного коливається в діапазоні від 70 до 90%.

Основні технічні характеристики:

Лінійний стабілізатор напруги L7805CV TO-220

Тип Лінійний стабілізатор напруги

Корпус TO-220

Серія L78

Напруга на виході 4,75-5,25 В

Вхідна напруга 7-28 В

Струм власного споживання 4,3 мА

Максимальний вихідний струм 1,5 А

Допустиме падіння напруги вхід-вихід 2 В

Придушення пульсацій живлення 50 дБ

Робоча температура до 150 ° С

Розміри (ВхДхШ) 9,15 x 10,4 x 4,6 мм

Вага 1,6 г

Розшифровка маркування лінійного стабілізатора напруги L7805CV TO-220:
L78 05 CV TO-220 L7. 05 – вихідна напруга. CV – клас полярності. TO-220 – тип корпусу. Функціональна схема лінійного стабілізатора напруги L7805CV TO-220:
Цоколювання лінійного стабілізатора напруги L7805CV TO-220:

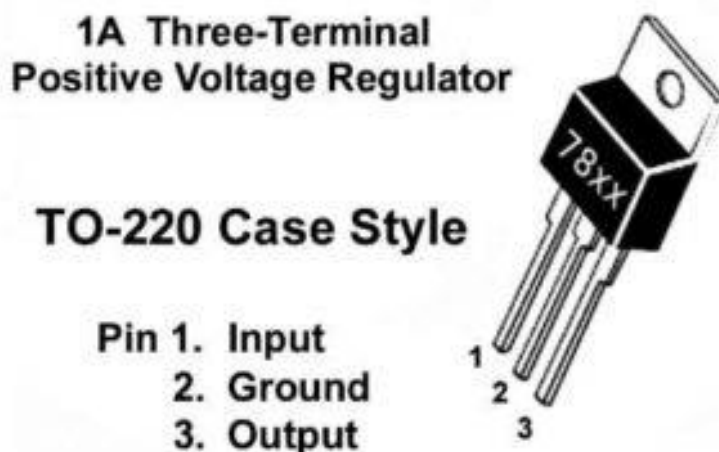


Рисунок 2.5. Розпинування лінійного стабілізатора напруги L7805CV

Інфрачервоний приймач (ІЧП) TSOP1736

Приймач дистанційний, 36кГц 45м. Серія TSOP17.. – це мініатюрні приймачі для інфрачервоних систем дистанційного керування. PIN-діод і попередній підсилювач зібрані на свинцевій рамі, епоксидний корпус виконаний як ІЧ-фільтр. Демодульований вихідний сигнал може бути безпосередньо декодований мікропроцесором. TSOP17.. — стандартна серія приймачів ІЧ-пультів дистанційного керування, що підтримують усі основні коди передачі.

Dimensions in mm

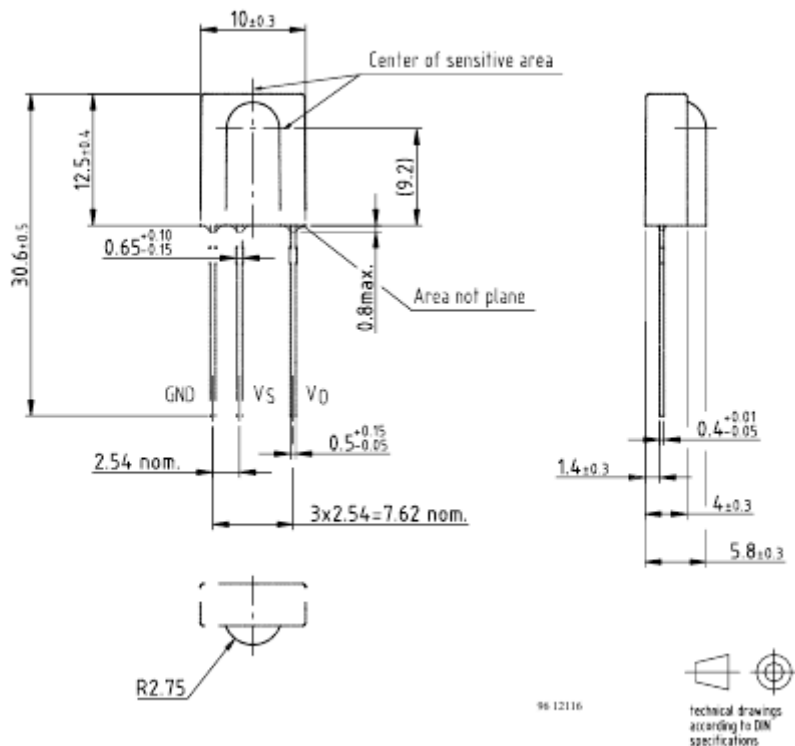


Рисунок 2.6. Інфрачервоний приймач (ІЧП) TSOP1736

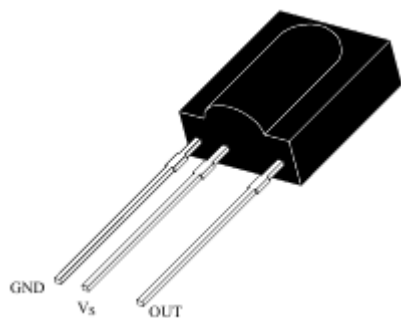


Рисунок 2.7. Розпинування інфрачервоного приймача (ІЧП) TSOP1736

Основні технічні характеристики:

- Фотодетектор і попередній підсилювач в одній упаковці
- Внутрішній фільтр частоти РСМ
- Покращений захист від перешкод електричного поля

- Сумісність TTL і CMOS
- Вихід активний низький
- Низьке енергоспоживання
- Висока стійкість до зовнішнього світла
- Можлива безперервна передача даних (до 2400 біт/с)
- Відповідна довжина пакету ≥ 10 циклів/серію

Таблиця 2.1. Технічні параметри

Центральна частота	36.0kHz
Базовий номер продукту	TSOP31236 ->
Струм – Подача	350B μ A
ECCN	EAR99
HTSUS	8541.40.9500
Рівень чутливості до вологи (MSL)	1 (Unlimited)
Тип монтажу	Through Hole
Робоча температура	-25B $^{\circ}$ C ~ 85B $^{\circ}$ C (TA)
Орієнтація	Side View
Пакет	Bulk
Статус RoHS	ROHS3 Compliant

Відстань зондування	45m
Напруга - живлення	2.5V ~ 5.5V
Вес, г	0.93

Світлодіод АЛЗ10А

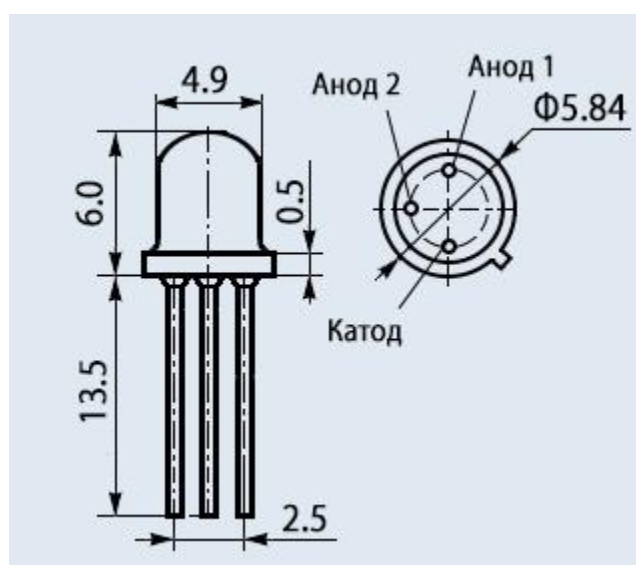


Рисунок 2.8. Світлодіод АЛЗ10А

Діоди АЛЗ10А світловипромінюючі, з розсіяним випромінюванням червоного кольору, епітаксійні. Виготовляються на основі сполук галій-алюміній-миш'як. Випускаються в корпусі з металу з компаундом, що дифузно розсіює. Маркуються кольоровими точками на корпусі:

- АЛЗ10А – однією червоною;
- АЛЗ10Б – однією синьою.

Маса діода трохи більше 0,3 г.

Вид кліматичного виконання: «УХЛ».

Категорія якості: ВТК.

Технічні умови: аА0.336.137ТУ.

Імпортний аналог: TLLR4400.

Деякі електричні та світлові параметри АЛЗ10А:

Колір світіння - Червоний

Сила світла при $I_{пр}=10$ мА

- АЛЗ10А 0,61..1,2 мкд

- АЛЗ10Б 0,25. 0,6 мкд

Довжина хвилі випромінювання в максимумі спектральної густини 0,67 мкм

Постійна пряма напруга при $I_{пр} = 10$ мА, не більше 2 В.

Граничні експлуатаційні дані:

Постійний прямий струм 12 мА

Температура навколишнього середовища $-60...+70^{\circ}\text{C}$.

Розшифровка маркування світловипромінюючого діода: АЛЗ10А А - літера, що позначає вихідний матеріал, з якого виготовлений діод та його категорію якості, де А - діод на основі сполук галію категорії якості «ОТК» ; Л - літера, що визначає групу або підклас діодів, де Л - випромінюючі оптоелектронні прилади; 3 - цифра, що позначає функціональне призначення, де 3 - світловипромінюючі діоди; 10 - число, що означає порядковий номер розробки світлодіода; А - літера, що визначає класифікацію світлодіодів за параметрами, виготовленими за єдиною технологією.

Кварцовий резонатор 24.000MHz HC49/S

Кварц 24.000 МГц кварцовий резонатор - застосовуються в генераторах з фіксованою частотою, де потрібна висока стабільність частоти.

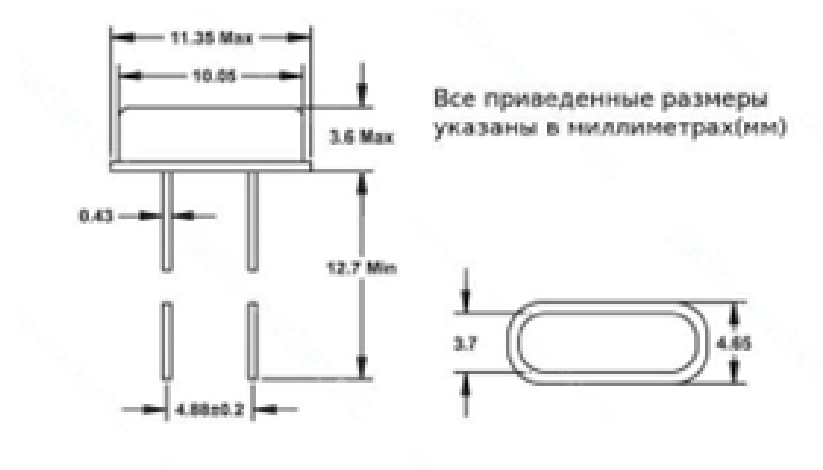


Рисунок 2.9. Кварцовий резонатор 24.000MHz HC49/S

Електричні характеристики:

Відхилення частоти від номіналу ($t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$):	± 50 ppm.
Температура стабільності ($-20\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +70\text{ }^{\circ}\text{C}$):	± 30 ppm.
Діапазон робочих температур: $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \dots$	$+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
Довготривала нестабільність:	± 5 ppm/рік макс.
Температура зберігання:	$-40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблиця 2.2. Технічні параметри

Корпус	HC49/S
Тип резонатора	Кварцевий
Частота	24 МГц
Нестабільність частоти	±30 ppm
Спосіб монтажу	Паяння в отвори
Робоча температура	-20°C ... +70°C

Транзистор BSS138

Малопотужний польовий N-канальний транзистор у SMD корпусі SOT-23 BSS138 відносяться до серії "Logic-Level Gate Drive", тобто управляється логічними рівнями, завдяки чому його зручно використовувати у зв'язці з мікроконтролерами та в роздрібних низьковольтних пристроях.



Рисунок 2.10. Розташування виводів транзистора BSS138

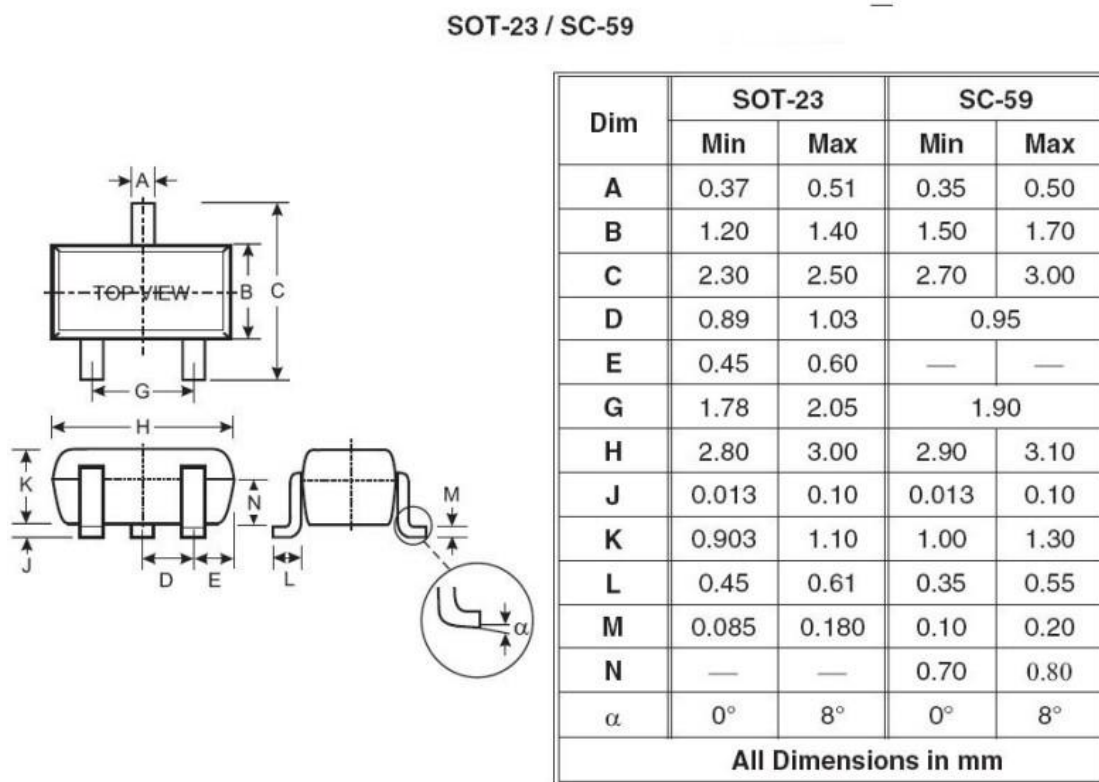


Рисунок 2.11. Транзистор BSS138

Технічні характеристики:

- Полярність транзистора: N Channel
- Постійний струм стоку I_d : 220 мА
- Напруга джерела стоку V_{ds} : 50 В

- Опір $R_{ds(on)}$: 3,5 Ом
- Випробувальна напруга $R_{ds(on)}$ V_{gs} : 10 В
- Порогова напруга V_{gs} Тип: 1,3 В
- Розсіювана потужність: 360 мВт
- Робочий діапазон температур: $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Корпус транзистора: SOT-23
- Кількість виводів: 3
- SVHC: No SVHC (19-Dec-2011)
- Максимальний струм I_d : 220 мА
- Тип корпусу: SOT-23
- Спосіб монтажу: SMD
- Напруга V_{ds} Тип: 50 В
- Напруга V_{gs} R_{ds} при вимірюванні: 10 В

Електролітичний конденсатор К50-35

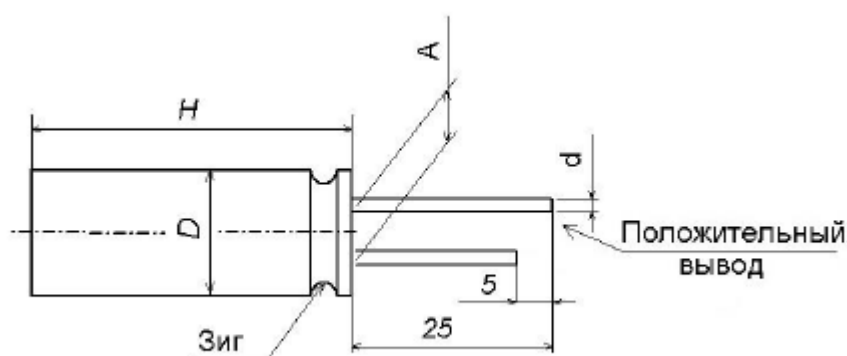


Рисунок 2.12. Електролітичний конденсатор К50-35

Таблиця 2.3. Розміри конденсатора К50-35, мм

D	A	d
6,3 - 8	2,5	0,6
10	5	0,6
14	5	0,8
16 - 21	7,5	0,8

Конденсатори імпорتنі електролітичні радіальні алюмінієві (аналог К50-35) ізольовані полярні. Виробляються у двох варіантах виконання:

- з односпрямованими дротяними виводами;
- з односпрямованими твердими пелюстковими виводами.

Призначені для роботи в ланцюгах постійного струму, що пульсує, і в імпульсному режимі.

Випускаються у кліматичному виконанні «УХЛ» для застосування у продукції загального призначення. Можуть застосовуватися замість вітчизняних конденсаторів: К50-6, К50-35, К50-38, К50-53, К50-68. Виробники: Jamicon, CapXon, Samwha, Teapo. Основні технічні параметри конденсаторів CapXon серії KM, HP (аналог К50-35):

- Номінальна ємність 0,1...82000 мкФ;
- номінальна напруга..... 6,3; 10; 16; 25; 35; 50; 63; 80; 100; 160; 200; 220; 250; 350; 400; 420; 450;
- Допустимі відхилення ємності $\pm 20\%$;
- Тангенс кута втрат, не більше.....8...65%;

- Струм витоку:
 - для конденсаторів серії КМ на напругу 6,3-100 VDC, не більше 0,01 CV або 3 мкА (що більше) при додатку номінальної напруги протягом 3 хвилин;
 - для конденсаторів серії КМ на напругу 160-450 VDC, не більше 0,03 CV мкА;
 - для конденсаторів серії НР, не більше 0,02 CV мкА;
 - інтервал робочих температур..... -40...+105 °С;
 - Мінімальне напруцювання, не менше 2000 годин.

Конденсатор К53-18

Конденсатори К53-18 оксидно-напівпровідникові полярні танталові герметизовані. Випускаються в циліндричних металевих корпусах з аксіальними дротяними висновками. Призначені для роботи як вбудовані елементи внутрішнього монтажу апаратури в ланцюгах постійного, пульсуючого струмів та в імпульсних режимах. Застосовуються у виробках спеціального та загального призначення, бортовій та наземній апаратурі зв'язку, приладах, що працюють у жорстких кліматичних умовах. Виготовляються у всекліматичному виконанні [В] та виконанні для помірного та холодного клімату [УХЛ].

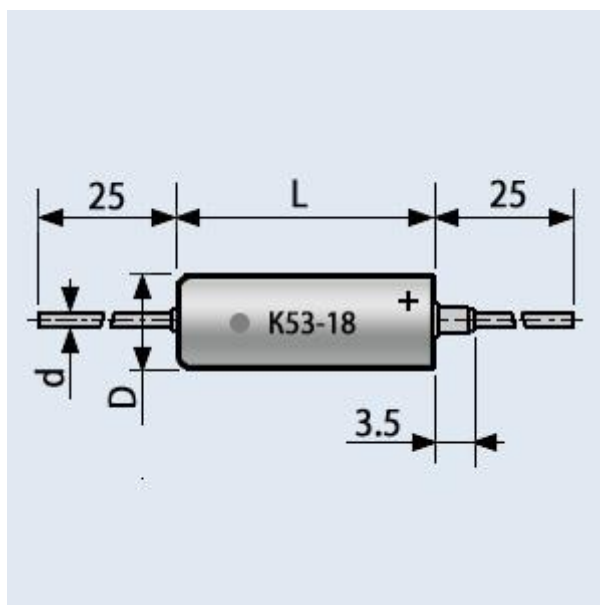


Рисунок 2.13. Конденсатор К53-18

Основні технічні параметри конденсаторів К53-18:

- Номінальна ємність 0,1...1000 мкФ;
- номінальна напруга 6,3;
- Допустимі відхилення ємності ± 10 ;
- Тангенс кута втрат.....6...15%;
- Струм витоку 1,0... 63,0 мкА;
- відносна вологість повітря при температурі +35 °С 98 %;
- інтервал робочих температур..... -80...+85 °С;
- мінімальне напрацювання, не менше 10000 годин;
- Термін збереження, не менше 12
- Маса, не більше..... 11,0 г.

Таблиця 2.4. Розміри корпусу конденсатора

Позначення корпусу	Розміри корпусу, мм		Маса, г
	D	L	
I	3,2 +0,5/-0,1	7,5 +0,3/-0,3	1,0
II	4,0 +0,5/-0,1	10 +0,3/-0,3	1,2
III	4,0 +0,5/-0,1	13 +0,3/-0,3	1,8
IV	7,0 +0,5/-0,1	12 +0,3/-0,3	4,5
V	7,0 +0,5/-0,1	16 +0,3/-0,3	6,0
VI	9,0 +0,5/-0,1	21 +0,3/-0,3	11,0

Таблиця 2.5. Позначення корпусу конденсатора

Номінальна ємність, мкФ	Номінальна напруга, В				
	6,3	16	20	32	40
	Тангенс кута втрат%, не більше				
0,1					I
0,15					I
0,22					I
0,33				I	I
0,47			I	I	I
0,68		I	I	I	I
1,0	I	I	I	I	I

1,5	I	I	I	I	I
2,2	I	I	I	I	I
3,3	I	I	I	I	II
4,7	I	I	I	II	II
6,8	I	I	II	II	III
10	I	II	II	III	III
15	II	II	III	III	IV
22	II	III	III	IV	IV
33	III	III	IV	IV	
47	III	IV	IV	V	
68	IV	IV	V	V	
100	IV	V	V	VI	
150	V	V	VI		
220	V	VI	VI		
330	V	VI			
470	VI				
680	VI				
1000	VI				

Резистори С5-37В 5Вт 39

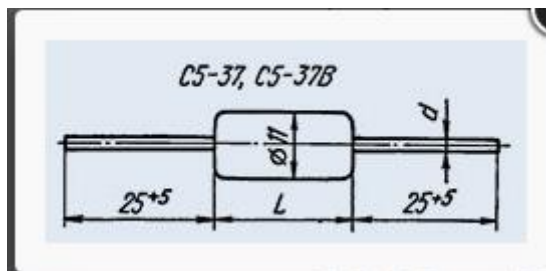


Рисунок 2.14. Резистори С5-37

Резистори С5-37 постійні дротяні загального застосування ізолювані для навісного монтажу. Випускаються у двох варіантах виконання:

- С5-37 – неізолювані,
- С5-37В – ізолювані.

Призначені для роботи в ланцюгах постійного та змінного струмів з напругою до 500 В. Ряд номінальних опорів – Е24. Технічні умови: ОЖ0.467.540 ТУ.

Основні технічні характеристики резисторів С5-37В:

- Діапазон номінальних опорів: 1,8 Ом...
- номінальна потужність: 5; 8; 10 Вт;
- гранична напруга: 500 В;
- Допустимі відхилення опорів: ± 5 ; $\pm 10\%$;
- Діапазон температур: $-60 \dots +155 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Мінімальне напрацювання: 15000 год;
- Термін зберігання: 12 років.

Таблиця 2.6. Основні технічні характеристики

Тип резистора	Номинальна потужність	Діапазон номінального опорю	Ряд номінального опорю	Припус-тими відхилення, %	Опір ізоляції, МОм	Температурний коефіцієнт опорю, ТКО× ×10 ⁻⁶ /°C	Гранична робоча напру-га, В	Інтервал робочих темпе-ратур, °C
C5-37B	5Вт	1,8Ом- 5,1кОм	E24	±5, ±10	>1000	±200	500	-60... +155
C5-37B	8Вт	2,7Ом- 6,8кОм	E24	±5, ±10	>1000	±200	500	-60... +155
C5-37B	10Вт	3,3Ом- 10кОм	E24	±5, ±10	>1000	±200	500	-60... +155

Таблиця 2.7. Технічні характеристики резисторів C5-37B

Номінальна потужність розсіювання, W	Номінальна величина опорю, Ом	L, мм	Межі номінальних опорів		Маса, г, не більше
			5%	10%	
5	1,8-10000	26±0,6	110-5100	1,8-100	7
8	2,7-10000	35±0,6	110-6800	2,7-100	9
10	3,3-10000	45±0,7	110-10000	3,3-100	11

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1. Вибір конструкції друкованої плати

Основними матеріалами виготовлення друкованої плати (ДП) застосовуються фольговані діелектрики. Як ізоляційну основу застосовують гетинакс, склотекстоліт, поліамід. Основа покривається з одного або двох сторін шарами мідної фольги. Товщина мідної фольги може бути від 5 до 50 мкм. Найчастіше застосовується фольга з товщиною 35 та 50 мкм.

Для виготовлення друкованих плат застосовують багато матеріалів: текстоліт, гетинакс, склотекстоліт, ебоніт та мікалекс.

Таблиця 3.1. Матеріал для виготовлення друкованої плати.

Матеріал	Марка	Товщина
Склотекстоліт фольгований	СФ-1-35	0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5;
	СФ-1-50	3,0
	СФ-2-35	
	СФ-2-50	

Для виготовлення друкованої плати використовуємо склотекстоліт СФ – 2 – 35 – 1,5 ГОСТ 10316 – 78 як найбільш міцний матеріал.

За ГОСТ 23752-79 вибираємо третій клас густини рисунка друкованої плати. Для даного класу щільності маємо:

- ширина провідника щонайменше 0.5 мм;
- відстань між провідниками не менше 0.5 мм;
- роздільна здатність 1.0 ліній/мм.

3.2. Конструктивно-технологічний розрахунок друкарського монтажу

Обираємо третій клас точності виготовлення друкованої плати. Для виготовлення друкованої плати використовуємо склотекстоліт СФ – 2 – 35 – 1,5 ГОСТ 10316 – 78, який має наступні характеристики:

- товщина фольги 35 мкм;
- допустима щільність струму $I_{\text{доп}} = 20 \text{ А/мм}^2$;
- питомий опір $\rho = 0,05 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$;

Конструктивні обмеження відповідають третьому класу точності:

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

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/мм²;

h_{ϕ} – 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 ρ – питомий опір фольги, Ом·мм²/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

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

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

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

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

де d_{ϵ} – максимальне значення діаметру виводу елемента, яке можна встановити на плату, мм;

$\Delta d_{н.о.}$ – 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:

$$d_3 = 0,5 \text{ мм}$$

$$d_3 = 1,5 \text{ мм}$$

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

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

Перевіряємо найменше значення діаметра монтажного отвору на відповідність

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

де H - товщина друкованої плати, мм; γ – 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 повинна 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 Δd – 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:

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

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

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

Мінімальний діаметр контактної майданчика 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 δ_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:

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

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

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:

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

де L_i - довжина взаємного перекриття провідників.

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

$$C_{\text{ноз}} = K_{\text{п}} \cdot E, \quad (3.16.)$$

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

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

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

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

$E_{\text{в}}$ - 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 3.2. 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	27000 Ом	1	0,001	12	0,012
Резистор R2	27 Ом	1	0,002	12	0,024
Резистор R3	330 Ом	1	0,01	12	0,12
Конденсатор C1,4	47мкФ	2	0,001	12	0,024
Конденсатор C2	100мкФ	1	0,01	12	0,12
Конденсатор C3	0,1 мкФ	1	0,001	12	0,012
Конденсатор C5,6	33 мкФ	2	0,001	12	0,024
Стабілізатор DA1	78L05	1	0,001	12	0,012
Приймач ІЧ U1	TSOP1736	1	0,001	12	0,012
Мікроконтролер DD1	PIC12F675SN	1	0,036	12	0,43
Транзистор VT1,2	BSS138	2	0,01	12	0,24
Резонатор Q1		1	0,001	12	0,012
Світлодіод HL1	АЛ310А	1	0,001	12	0,012
Итого: 1,054 Вт					

Сумарна потужність пристрою інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки складає 1,054 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 прийнятим 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 λ_i - Інтенсивність відмови елемента і-ого типу; N_i - кількість елементів з інтенсивністю відмови λ_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, λ_0 - Сумарна інтенсивність відмов всіх елементів схеми, t - час напрацювання на відмову; T - середнє напрацювання на відмову.

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

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

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 3.3.

Таблиця 3.3. Коефіцієнти навантаження компонентів, K_H

Компоненти	Контрольовані параметри		Коефіцієнт навантаження K_H			Рекомендовані значення в	
						режимах	
						імпульсний	Статистичний
Мікросхеми	Вхідний	ст ру м		n			
	мікросхем, включених	на		$\sum_{i=1}^n I_{вхi}$		-	-
	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 розсіюєть- ся на					
	коллекторе , P_k					
Напіпровідникові діоди	Зворотня напруга U_o		$U_o / U_{одоп}$	0,5	0,2	
Конденсатори	Напруга на		$U / U_{доп}$	0,7	0,5	
	На обкладин- ках U					
Резистори	Потужність ,		$P / P_{доп}$	0,6	0,5	
	Що розсіюєть- ся P					
Приймач	Струм наванта- ження I_H		$I_H / I_{Hдоп}$	0,9	0,7	
Резонатор	Струм I_k		$I_k / I_{кдоп}$	0,8	0,5	

Таблиця 3.4. 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- R3	0,5	3	0,6	1	1,8
Конденсатори C1 – C6	0,55	6	0,7	1	4,2
Транзистори VT1-VT2	0,5	2	1	1	2,1
Резонатор Q1	0,4	1	1	1	0,4
Світлодіод HL1	0,01	1	1	1	0,01
Приймач U1	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 $Q(t)$:

$$Q(t) = |1 - 0,99| = 0,01$$

4. МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВМИКАЧА ДЛЯ СВІТЛОДІОДНОЇ СТРІЧКИ

4.1. Основні відомості щодо польових транзисторів

Початкова назва польових транзисторів - уніполярні транзистори - була пов'язана з тим, що в таких транзисторах використовуються основні носії лише одного типу (електрони чи дірки). Процеси інжекції та дифузії у таких транзисторах практично відсутні, у разі, де вони грають принципової ролі. Основним способом руху носіїв є дрейф в електричному полі.

Для того, щоб керувати струмом у напівпровіднику при постійному електричному полі, потрібно змінювати питому провідність напівпровідникового шару або його площу. На практиці використовуються обидва способи і засновані вони на ефекті поля (управління напругою на затворі).

Тому уніполярні транзистори зазвичай називають польовими транзисторами. Провідний шар, яким протікає струм, називають каналом. Звідси ще одна назва такого класу транзисторів — каналні транзистори.

Канали можуть бути приповерхневими та об'ємними. Приповерхневими каналами є або збагачені шари, зумовлені наявністю донорних домішок в діелектриці, або інверсійні шари, що утворюються під дією зовнішнього поля. Об'ємними каналами є ділянки однорідного напівпровідника, відокремлені від поверхні збідненим шаром.

Транзистори з об'ємним каналом відрізняються тим, що збіднений шар створюється за допомогою р-п-переходу. Тому їх часто називають польовими транзисторами з р-п-переходом або просто польовими транзисторами. Транзистори такого типу вперше описані Шоклі у 1952 р.

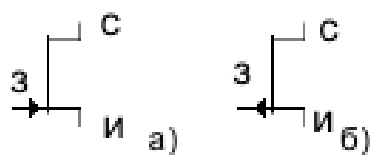


Рисунок 4.1. Умовне позначення польових транзисторів:

а) з каналом n – типу,

б) з каналом p – типу.

Електрод, від якого починають рух носії заряду, називають виток, а електрод, до якого вони рухаються – стоком. Для транзистора з каналом n -типу, обидва p -шари електрично пов'язані між собою і мають загальний зовнішній електрод, що називається затвором. Полярність зовнішніх напруг, що підводяться до транзистора, показана на рисунку 4.2.

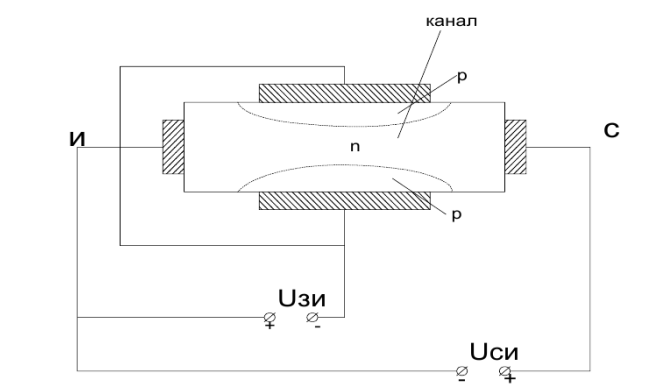


Рисунок 4.2. Полярність зовнішніх напруг, прикладених до польового транзистора.

Керуюча напруга подається між затвором та витокком. Керуючі властивості транзистора пояснюються тим, що при зміні напруги $U_{зи}$ змінюється ширина його р-п – переходів, що становлять ділянки напівпровідника, збіднені носіями заряду. Так як р-шар має більшу концентрацію домішки, ніж п-шар, зміна ширини р-п – переходів відбувається в основному за рахунок більш високоомного п-шару (ефект модуляції бази). Тим самим змінюються переріз струмопровідного каналу та його провідність, тобто вихідний струм I_c приладу.

Вольт-амперні характеристики польових транзисторів з р-п – переходом – стічні відображають залежність струму стоку від напруги сток – витік при фіксованій напрузі затвор – витік.

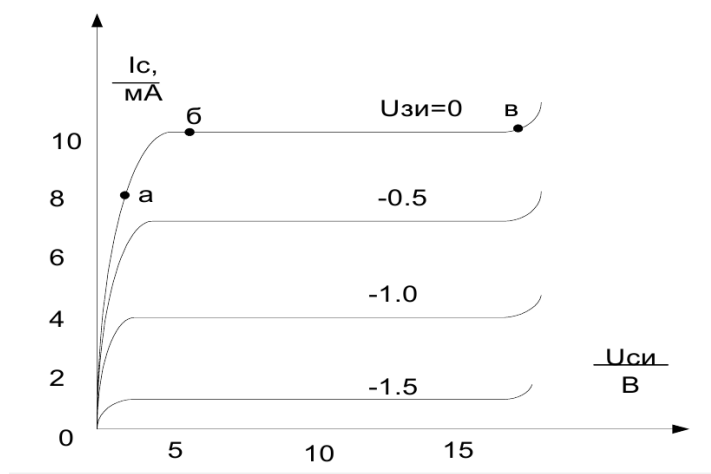


Рисунок 4.3. Сімейство стоківих характеристик польового транзистора з р-п – переходом

В області малих напруг (ділянка 0 - а, рисунок 4.3) вплив напруги $U_{си}$ на провідність каналу незначний, у зв'язку з чим тут практично лінійна залежність. У міру збільшення напруги (ділянка а-б на рисунку 4.3.) звуження струмопровідного каналу все більше впливає на його провідність, що призводить до зменшення крутості наростання струму. При підході до кордону (точка б) переріз струмопровідного каналу зменшується до мінімуму. Подальше збільшення напруги

на стоку повинно призводити до збільшення струму через прилад. Наявність збільшення струму пояснюється тим, що реальні прилади мають витік.

Стоко-затворна характеристика польового транзистора показує залежність струму стоку від напруги затвор – витік при фіксованій напрузі.

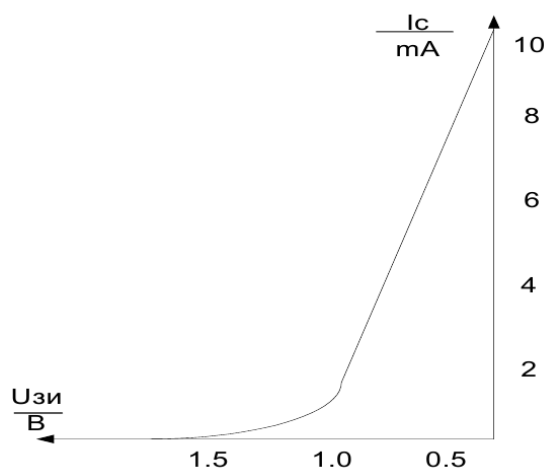


Рисунок 4.4. Стоко-затворна характеристика польового транзистора з р-п – переходом

Параметри моделей польових транзисторів задаються за допомогою діалогового вікна та наведені нижче:

1) Напруга відсічення (V_{TO}) - напруга між затвором і витіком польового транзистора з р-п-переходом або із ізольованим затвором, що працюють в режимі збіднення, при якому струм стоку досягає заданої низької напруги. Для транзисторів із ізольованим затвором, що працюють у режимі збагачення, цей параметр називається пороговою напругою;

2) Коефіцієнт пропорційності – K_P ;

3) Параметр модуляції довжини каналу, $1/B-LAMBDA$;

4) Об'ємний опір області стоку, Ом - R_D ;

- 5) Об'ємний опір області початку, Ом - R_S ;
- 6) Струм насичення р-n-переходу, - тільки для польових транзисторів з р-n-переходом - I_S ;
- 7) Ємність між затвором та стоком при нульовому зміщенні, Ф – C_{GD} ;
- 8) Ємність між затвором та витоким при нульовому зміщенні, Ф – C_{GS} ;
- 9) Контактна різниця потенціалів р-n-переходу, В - тільки для польових транзисторів з р-n-переходом - P_B .

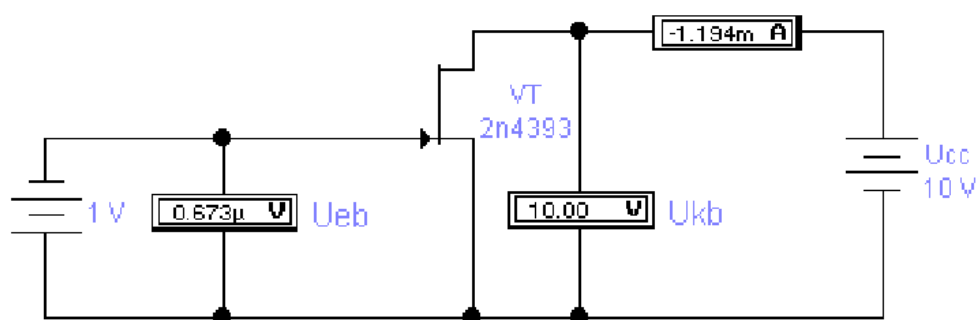


Рисунок 4.5. Схема для дослідження ВАХ польового транзистора з керуючим р-n-переходом

За аналогією з біполярними транзисторами розрізняють три схеми включення польових транзисторів: із загальним затвором (ЗЗ), із загальним витоким (ЗВ) та із загальним стоком (ЗС).

Для дослідження сімейства вихідних ВАХ польового транзистора у схемі з ЗВ може бути використана схема рисунка 4.5. Вона містить джерело напруги затвор-витік U_g , досліджуваний транзистор VT , джерело живлення U_{cc} , вольтметр U_d для контролю напруги сток-витік та амперметр I_d для вимірювання струму стоку. Вихідна ВАХ знімається при фіксованих значеннях U_g шляхом зміни

напруги U_d . і вимірювання струму стоку I_d , напруга U_g , при якому струм I_d має близьке до нуля значення, називається напругою відсікання.

Маючи в своєму розпорядженні характеристики $I_d=f(U_d)$, можна визначити крутість $S=dI_d/dU_g$, що є однією з найважливіших характеристик польового транзистора як підсилювального приладу.

Інший тип польових транзисторів - транзистори з приповерхневим каналом і структурою метал-діелектрик-напівпровідник (МДН-транзистори).

В окремому випадку, якщо діелектриком є оксид (двоокис кремнію), використовується назва МОН-транзистори. МДП-транзистори бувають двох типів: транзистори з вбудованим і індукованим каналами (в останньому випадку канал наводиться під дією напруги, прикладеної до керуючих електродів).

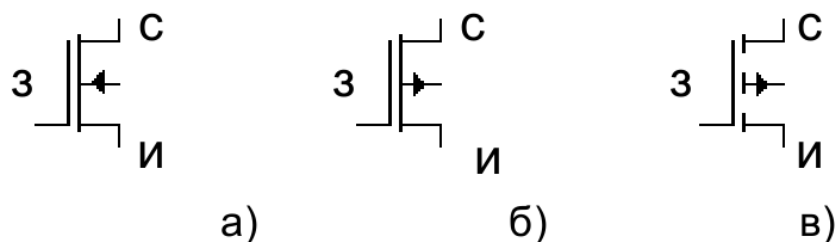


Рисунок 4.6. Умовні позначення МДН транзисторів із вбудованим каналом n та p – типу (а, б); з індукованим каналом (в).

МДН - транзистори в загальному випадку є приладами з чотирма виводами. Четвертий вивод, підкладка виконує допоміжну функцію.

Стокові характеристики польового транзистора з вбудованим каналом n – типу показано на рисунку 4.7.

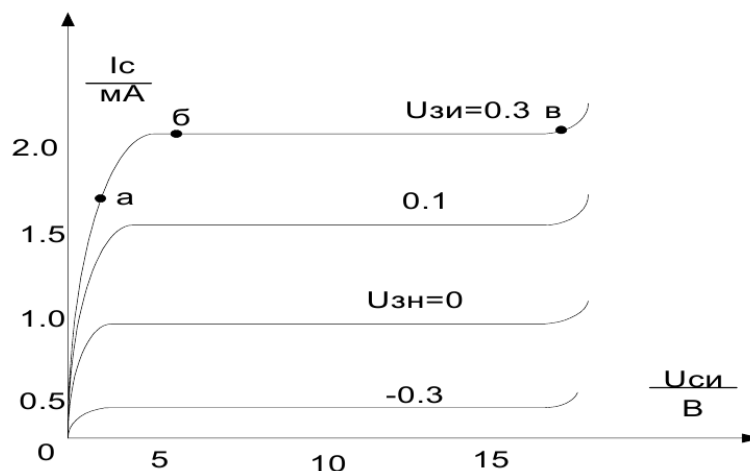


Рисунок 4.7. Стокові характеристики МДН – транзистора

Стоко-затворні характеристики МДН – транзистора показані на рисунку 4.8.

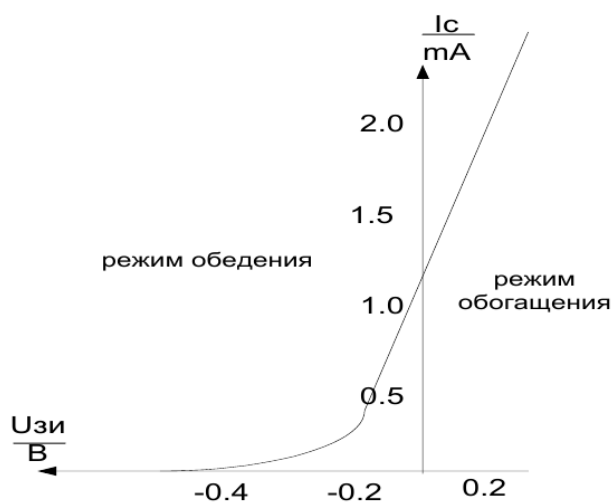


Рисунок 4.8. Стоко-затворна характеристика МДН – транзистора.

Транзистори із вбудованим каналом можуть працювати як у режимі збіднення каналу носіями заряду, так і в режимі збагачення. Транзистори з індукованим каналом можна використовувати лише у режимі збагачення. На відміну від транзисторів з керуючим р-п-переходом, металевий затвор МДН-транзисторів ізольований від напівпровідника шаром діелектрика і є додатковий вивід від кристала, званий підкладкою, на якій виконаний прилад.

Керуюча напруга подається між затвором та підкладкою. Під впливом електричного поля, що утворюється, у поверхні напівпровідника створюється р-канал за рахунок відштовхування електронів від поверхні вглиб напівпровідника в транзисторі з індукованим каналом. У транзисторі із вбудованим каналом відбувається розширення чи звуження наявного каналу.

Під дією керуючої напруги змінюється ширина каналу i , відповідно, опір та струм транзистора.

Напруга на затворі, у якому індукується канал, називається пороговою напругою. При практичному визначенні цієї напруги зазвичай задається певний струм стоку, при якому потенціал затвора досягає порогової напруги (0,2-1 для транзисторів з n-каналом і 2-4 В з р-каналом).

У міру віддалення від поверхні напівпровідника концентрація індукованих дірок зменшується. З відривом, приблизно рівному половині товщини каналу, електропровідність стає своєю (бездомішковою). Далі розташовується ділянка, збіднена основними носіями заряду, де існує область позитивно заряджених іонів донорної домішки. Наявність збідненої ділянки обумовлена також відштовхуванням основних носіїв заряду від поверхні усередину напівпровідника.

Таким чином, стік, витік і канал, що є робочими ділянками МДН-транзистора, ізольовані від підкладки р-n-переходом. Вочевидь, що ширина р-n-переходу і ширина каналу змінюється під час подачі на підкладку додаткової напруги, тобто струмом витоку можна керувати не тільки шляхом зміни напруги на затворі, а й за рахунок зміни напруги на підкладці. У цьому випадку керування МДН-транзистором аналогічне польовому транзистору з керуючим р-n-переходом.

Товщина інверсного шару значно менша за товщину збідненого шару. Якщо останній становить сотні чи тисячі нанометрів, то товщина індукованого І каналу становить лише 1-5 нм. Іншими словами, дірки індукованого каналу «притиснуті» до поверхні напівпровідника, тому структура та властивості межі напівпровідника-діелектрика відіграють у МДН-транзисторах дуже важливу роль.

Дірки, що утворюють канал, надходять у нього не тільки з підкладки га типу, де їх мало і генеруються вони порівняно повільно, але також з шарів р-типу виток та стоку, де їх концентрація практично не обмежена, а напруженість поля поблизу цих електродів досить велика .

У транзисторах з вбудованим каналом струм у ланцюгу стоку протікатиме і при нульовій напрузі на затворі. Для його припинення необхідно до затвора прикласти позитивну напругу (при структурі з каналом р-типу), рівну або більшу напругу відсікання. При цьому дірки з інверсного шару будуть повністю витіснені вглиб напівпровідника і канал зникне. При застосуванні негативної напруги канал розширюється і струм знову збільшується. Таким чином, МДН-транзистори із вбудованими каналами працюють у режимах як збіднення, так і збагачення..

Як і польові транзистори з керуючим р-п-переходом, МДН-транзистори при малих напругах сток-виток поведуться подібно до лінійного опору. При збільшенні цієї напруги ширина каналу зменшується внаслідок падіння на ньому напруги та зменшення напруженості електричного поля. Особливо це проявляється у тій частині каналу, що знаходиться поблизу стоку. Перепади напруги, створювані струмом стоку I_d , призводять до нерівномірного розподілу зміщення на затворі вздовж каналу, причому воно зменшується при наближенні до стоку.

Важливою перевагою МДН-транзисторів, порівняно з біполярними, є мале падіння напруги на них при комутації малих сигналів. Так, якщо в біполярних транзисторах в режимі насичення напруга колектор-емітер принципово не може бути менше кількох десятих вольт, то для МДН-транзисторів при малих струмах стоку ця напруга при роботі транзистора в початковій області вихідний ВАХ може бути зведена до мізерно малої величини.

Стокові характеристики польового транзистора з індукованим каналом п-типу дуже близькі на вигляд аналогічним характеристикам транзистора з вбудованим каналом і мають той же характер залежності.

Відмінність полягає в тому, що керування струмом транзистора здійснюється напругою однієї полярності, що збігається з полярністю напруги $U_{св}$. Їх вид

наведено на рисунку 4.9.

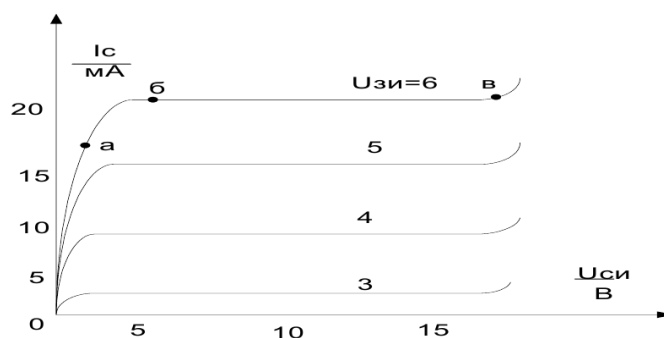


Рисунок 4.9. Стокові характеристики

Стоко-затворні характеристики показані на рисунку 4.10.

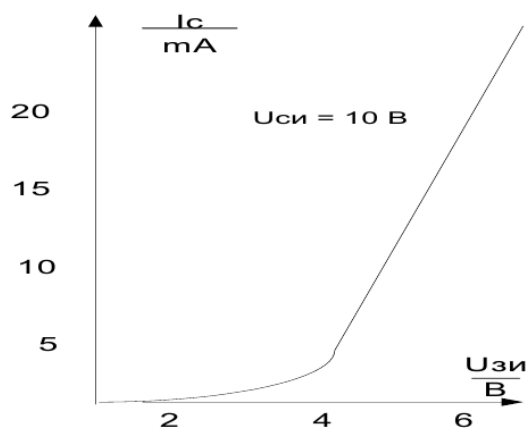


Рисунок 4.10. Стоко-затворні характеристики МДН – транзистора з індукованим каналом

У бібліотеці компонентів програми EWB МДН-транзистори із вбудованим каналом представлені двома зразками: n-канальним та p-канальним. Кожен тип

МДН-транзистора представлений у двох варіантах: з окремим виводом підкладки та загальним виводом підкладки та витоку.

Параметри МДН – транзисторів:

- 1) Поверхневий потенціал, $V - RNI$;
- 2) Коефіцієнт впливу потенціалу підкладки на граничну напругу – $GAMMA$;
- 3) Ємність між затвором та підкладкою, $\Phi - CGB$;
- 4) Місткість донної частини переходу стік-підкладка при нульовому зміщенні, $\Phi - CBD$;
- 5) Місткість донної частини переходу виток-підкладка при нульовому зміщенні, $\Phi - CBS$;
- 6) Напруга інверсії приповерхневого шару підкладки, - PV .

У програмі EWB 5.12 кількість параметрів моделей МДН-транзисторів збільшено. Вони розміщуються у трьох діалогових вікнах-закладках.

До додатково введених належать такі параметри:

LD - Довжина області бічної дифузії, м;

RSH - питомий опір дифузійних областей витоку та стоку, Ом;

JS - густина струму насичення переходу стік (витік)-підкладка, A/m^2 ;

CJ - питома ємність донної частини р-га-переходу стік (витік)-підкладка при нульовому зміщенні, Φ/m^2 ;

$CJSW$ - питома ємність бічної поверхні переходу стік (витік)-підкладка, Φ/m ;

MJ - коефіцієнт плавності переходу підкладка-стік (витік);

$CGSO$ - питома ємність перекриття затвор-витік (за рахунок бічної дифузії), Φ/m ;

CGDO - питома ємність перекриття затвор-сток на довжину каналу (за рахунок бічної дифузії), Ф/м;

CGBO - питома ємність перекриття затвор-підкладка (внаслідок виходу області затвора за межі каналу), Ф/м;

NSUB - рівень легування підкладки, $1/\text{см}^3$;

NSS – щільність повільних поверхневих станів на межі кремній – підзатворний оксид, $1/\text{см}^2$;

TOX - товщина оксиду, м;

TPG - легування затвора; +1 - домішкою того ж типу, як і для підкладки, -1 домішкою протилежного типу, 0 - металом;

UO - рухливість носіїв струму в інверсному шарі каналу, $\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$;

FC - Коефіцієнт нелінійності бар'єрної ємності прямо зміщеного переходу підкладки.

Для вивчення показників МДН-транзисторів використовується схема рисунку 4.11. З її допомогою можна отримати сімейство вихідних характеристик МДН-транзисторів при фіксованих значеннях напруги на затворі U_g та підкладці U_b . Маючи такі характеристики, можна визначити крутість характеристики транзистора S при керуванні з боку затвора, а також крутість характеристики при керуванні з боку підкладки $S_b = dI_d/dU_b$; статичний коефіцієнт посилення $M = dU_d/dU_g$; вихідний диференціальний опір $R_d = dU_d/dI_d$ та інші параметри.

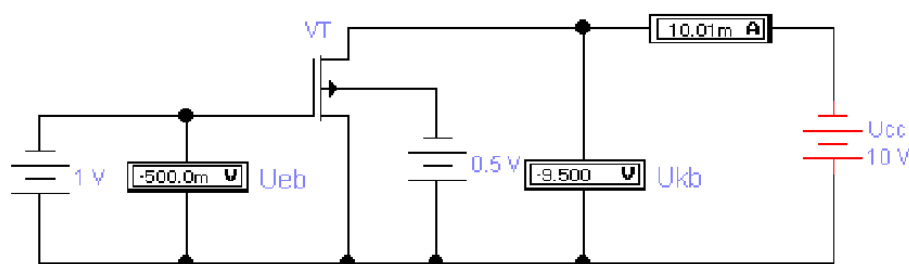


Рисунок 4.11. Схема для дослідження характеристик МДН-транзисторів

4.2. Дослідження характеристик польових транзисторів

Моделювання електричних параметрів польового транзистора було здійснено за допомогою програми ELECTRONIC WORKBENCH 5.12. Для моделювання характеристик було обрано транзистор BSS123, який є аналогом транзистора BSS138. Транзистор BSS138 використовується у схемі інфрачервоного вмикача світлодіодної стрічки.

В ході виконання моделювання було побудовано схему включення польового транзистора відповідно до рисунку 4.12. Задано параметри елементів схеми.

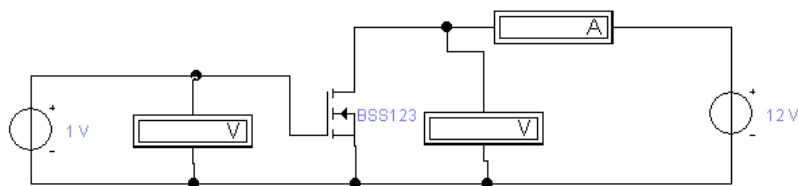


Рисунок 4.12. Схема включення польового транзистора

Було знято стокові характеристики польового транзистора з р - n переходом і каналом n – типу: $I_c = f(U_{св})$, $U_{зв} = \text{const}$. Спочатку встановили $U_{зв} = 0$ та записували зміну параметрів I_c та $U_{св}$ у таблицю 4.1. (рисунок 4.13.)

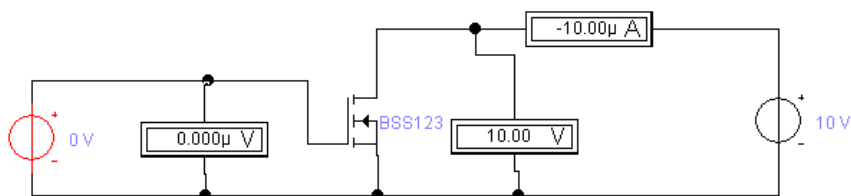


Рисунок 4.13. Схема для зняття стокових характеристик польового транзистора з р - n переходом і каналом n – типу

Потім задали два інших значення $U_{зв}$ та заповнили таблицю 4.1. повністю.

Таблиця 4.1. Експериментальні дані стокових характеристик

$U_{зв}=0В$		$U_{зв}=-0,5В$		$U_{зв}=-1В$	
$I_c, мкА$	$U_{св}, В$	$I_c, мкА$	$U_{св}, В$	$I_c, мкА$	$U_{св}, В$
-10	10	-10,1	10	-10,2	10
-9	9	-9,2	9	-9,3	9
-8	8	-8,2	8	-8,4	8
-7	7	-7,3	7	-7,4	7
-6	6	-6,3	6	-6,4	6
-5	5	-5,3	5	-5,5	5
-4	4	-4,4	4	-4,5	4
-3	3	-3,4	3	-3,5	3
-2	2	-2,5	2	-2,6	2
-1	1	0	1	-1,6	1

Відповідно до таблиці 4.1 було побудовано стокові (вихідні) характеристики польового транзистора.

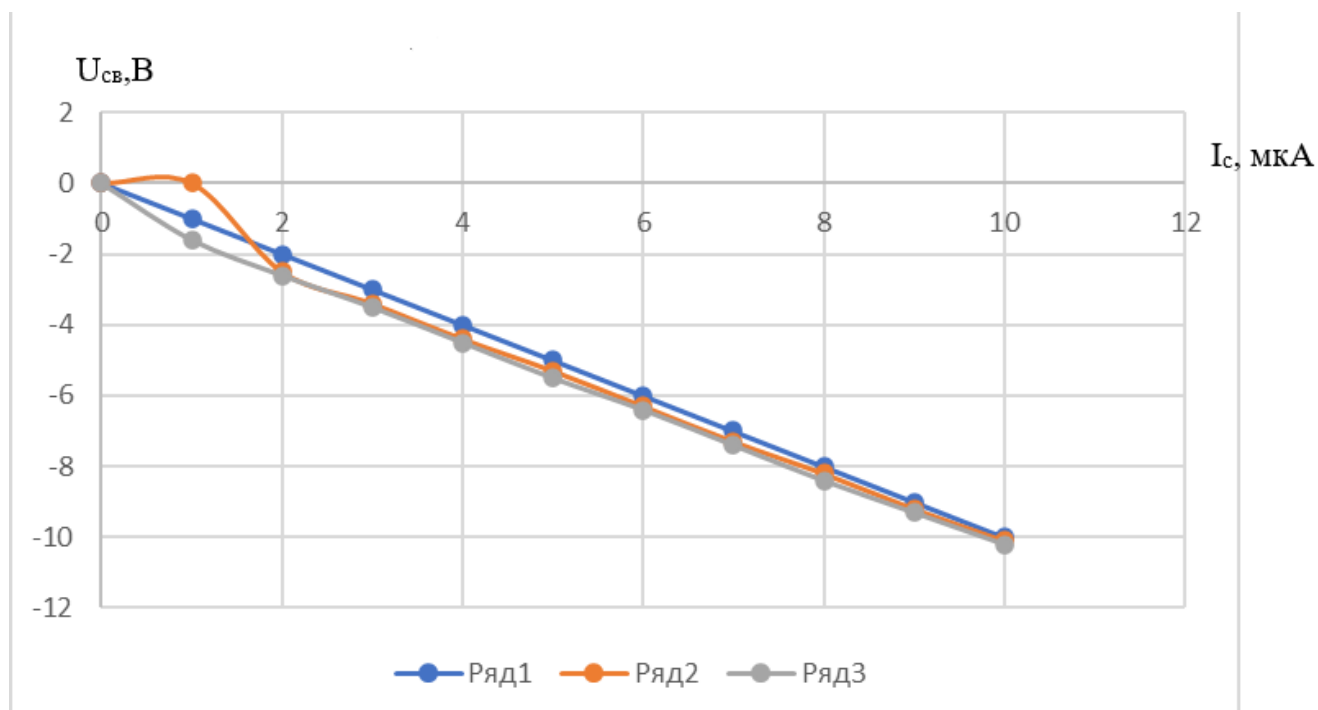


Рисунок 4.14. Стокові (вихідні) характеристики польового транзистора.

Далі було знято стоко-затворні характеристики: $I_c = f(U_{зв})$, $U_{св} = \text{const}$. Для цього встановили $U_{св} = 10$, при цьому значенні зняли показання приладів для $U_{зв}$ і I_c , заповнили таблицю 4.2 і побудували графік характеристики.

Таблиця 4.2. Експериментальні дані стоко-затворних характеристик

I_c , А	$U_{зв}$, В
-2,68	10
-2,2	9
-1,664	8
-1,187	7
-0,789	6
-0,472	5

-0,236	4
-0,08	3
-0,007	2
-0,00001	1

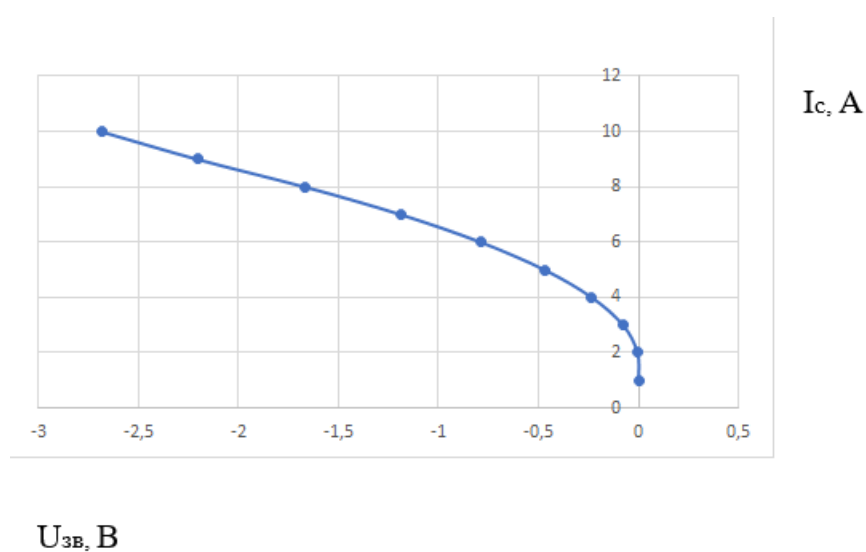


Рисунок 4.15. Стоко-затворні характеристики МДН – транзистора з індукованим каналом

Було визначено крутість стоко-затворної характеристики

$$S = \frac{dI_c}{dU_з}$$

$$S = 0,24 \text{ A/V},$$

при $U_{св} = \text{const.}$

Типові значення параметрів транзисторів:

$U_{зв} = 0,8 - 10 \text{ В}$ - напруга відсічення;

$R_{в} = 0,02 - 0,5 \text{ МОм}$ - внутрішній опір транзистора;

$S = 0.3 - 7 \text{ мА/В}$ – крутість стоко-затворної властивості;

$R_{вх} = 108 - 109 \text{ Ом}$ - вхідний опір транзистора;

$C_{вз} = C_{св} = 6 - 20 \text{ пФ}$, $C_{зс} = 2 - 8 \text{ пФ}$ - міжелектродні ємності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У ході виконання дипломної роботи було освоєно теоретичні основи конструювання, надійності та аналізу радіоелектронних систем; вивчено основні етапи та методи проектування; вивчені загальні вимоги до апаратури щодо надійності, вивчено стадії розробки конструкторської документації, її види та комплектність. Освоєно принципи та методи системного підходу процесу проектування радіоелектронних пристроїв роботи; проведено обґрунтований вибір електричної принципової схеми радіоелектронної апаратури; виконано розрахунок елементів електричної принципової схеми; виконано конструкторську документацію з ЄСКД.

Розглянутий у цій роботі інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки надійніше і потужніше, ніж існуючі аналоги, він має більшу вихідну потужність, менший коефіцієнт гармонік тощо.

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 95x42,5 мм. Закріплення друкованої плати було зроблено на чотири точки опори.

Конструкторсько-технологічний розрахунок був уточнений перевірочними розрахунками по постійному та змінному струму.

Було промодельовано електричні параметри польового транзистора, який використовується в складі інфрачервоного вмикача для світлодіодної стрічки за допомогою системи схемотехнічного моделювання електронних схем ELECTRONICS WORKBENCH 5_12. Польовий транзистор є важливим для схеми.

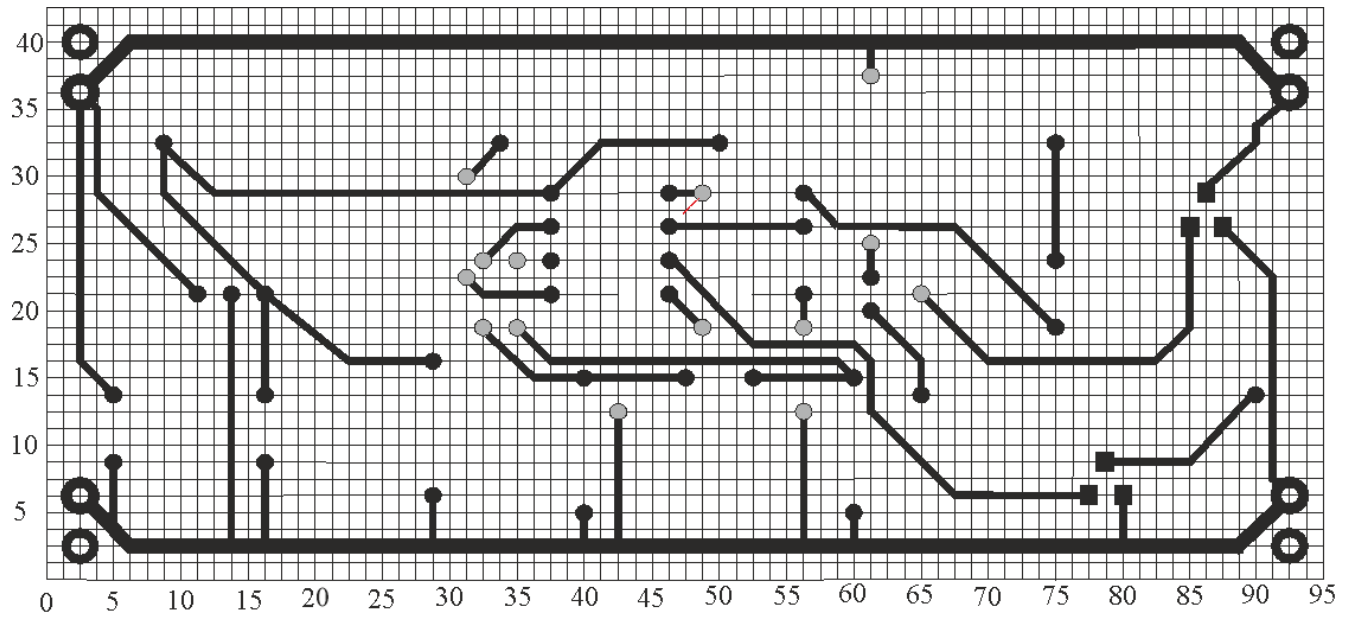
В результаті проведеної роботи був розроблений і промодельований інфрачервоний вмикач для світлодіодної стрічки з необхідною надійністю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

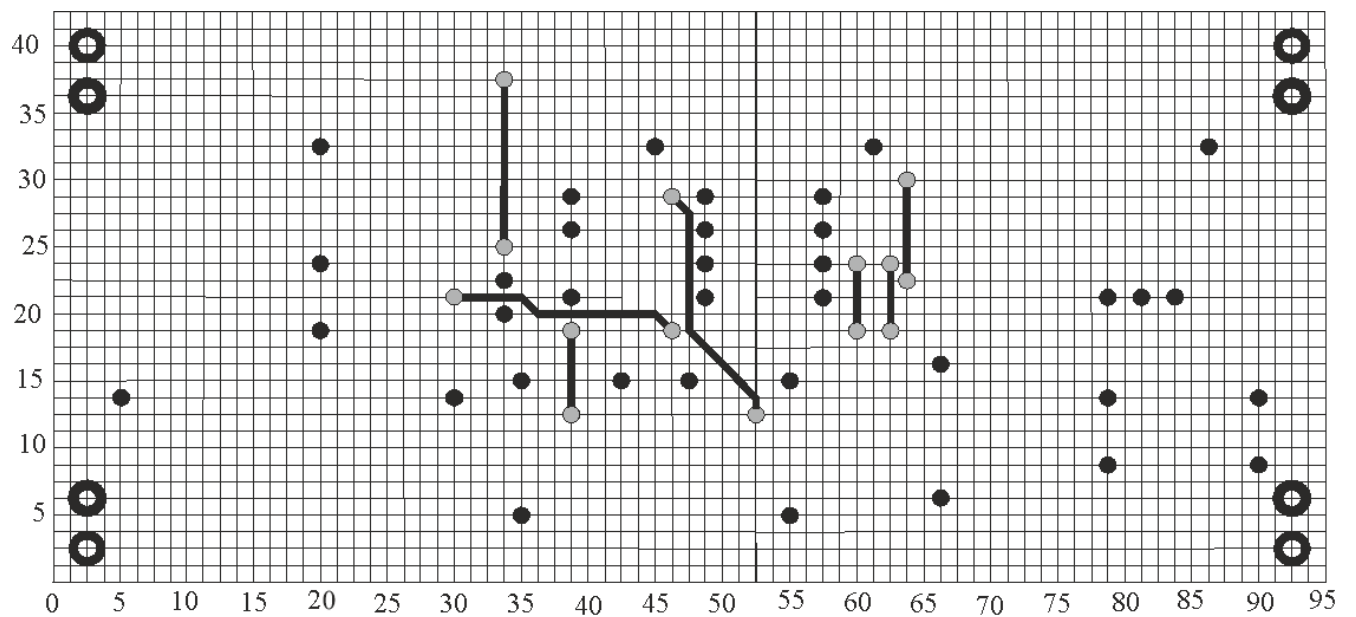
1. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. – М: Высшая школа, 1977 г.
2. Кириченко И. А., Тарасов С. П. Программа, методические указания и варианты заданий по курсовому проектированию по курсу “Теория, расчет и проектирование приборов и систем”. – Таганрог: ТРТУ, 1998 г.
3. <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



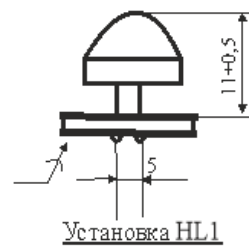
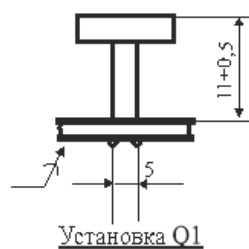
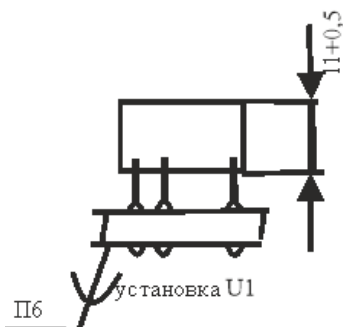
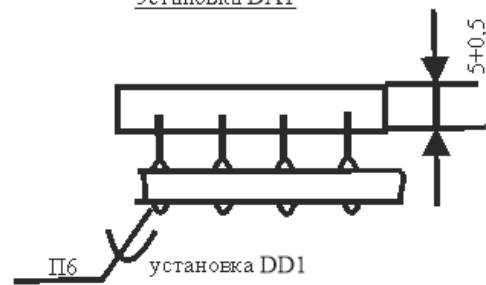
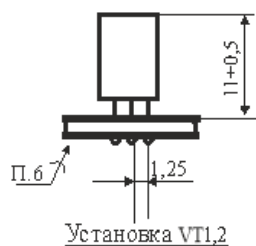
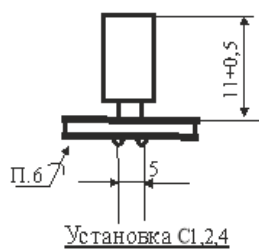
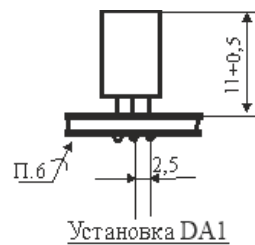
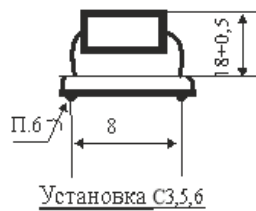
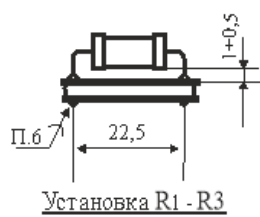
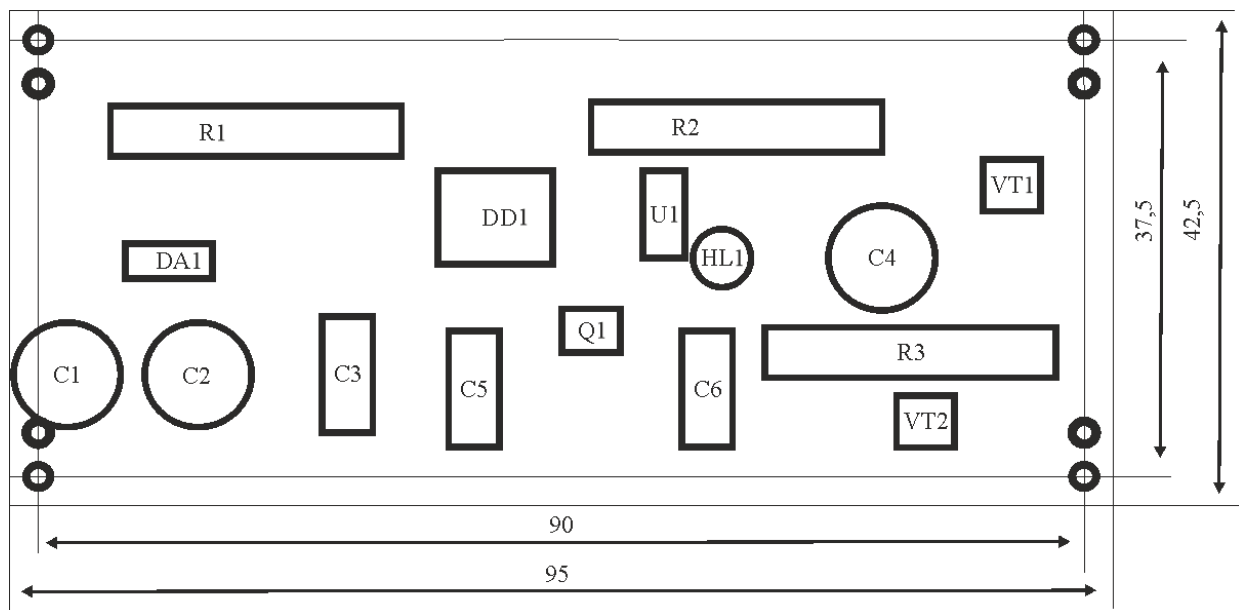
Таблиця отворів




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 . Конфигурацию 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 двенадцатикратным механическим средству и устанавливаются предприятием-изготовителем фотолитоэтом. 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, выполненный на координатозащитах 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 резистом (глязевой маской) в соответствии с технической инструкцией завода-изготовителя. Тип глянцевого защитного резиста устанавливает завод-изготовитель.
- 9 . Маркировать краской PLASTSTAR OE–025, белой фирмы "SERICOL". Шрифт 2,5–Пр3 ГОСТ 26.020–80.
- 10 . Клеймить краской PLASTSTAR OE–025, белой фирмы "SERICOL".
- 11 . Допускается маркировать и клеймить краской прозрачной для неплывающих поверхностей ТНПФ–84, белой ТНПФ–01, черной ТУ 29–02–889–88, УНП4 или краской PLASTSTAR OE–001, черной фирмы "SERICOL".
- 12 . Маркировочный слой выполнить краской ТНПФ–84, белой ТУ 29–02–889–88, УНП4. Шрифт 2–Пр3 ГОСТ 26.020–80.
- 13 . Условные обозначения и размеры отверстий см. табл. лист . Наименование столбцов таблицы отверстий: Hole Dia(mm)–Диаметр отверстия(мм); Spaced–Условное обозначение; Quantity–Количество Plated–Наличие металлизации (Yes–Есть/No–Нет).
- 14 . Допускается замена материала на стеклотекстолит СТНФ–2–35–1,5 ТМБ–503.161.–83.
- 15 . Площадки металлизации 85 мд см
- 16 . Обработку печатной платы по контуру выполнять фрезерованием согласно
- 17 . Остальные технические требования по ОСТ4 ПД.070.014.