

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему «РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЛІЧИЛЬНИКА ПРОХІДНОГО НА
ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА PIC16F876A»

Виконав: студент 4 курсу, групи РТ-518сп
Спеціальності 172 Радіотехніка та
телекомунікації

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки

Кіров В.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник Поспесва І.Є.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Зеленьова І.Я.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інститут інформатики та радіоелектроніки,
Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра інформаційних технологій електронних засобів

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
 (код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація)

Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. Каф. ІТЕЗ Огренич Є.В.,

канд. техн. наук

« 31 » 05 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Кірова Василя Євгеновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка конструкції лічильника прохідного
 керівник проекту (роботи) Поспєєва Ірина Євгенівна, старший викладач
кафедри інформаційних технологій електронних засобів

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» квітня 2021 року №161

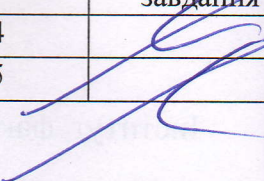
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 7 червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи): схема електрична принципова, тип
виробництва – середньосерійний, матеріал плати – склотекстоліт СФ 1-50-1,5
ГОСТ 10316-78, кліматичне виконання УХЛ 1.1

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз технічного завдання до розробки конструкції лічильника
прохідного. 2 Розробка конструкції лічильника прохідного. 3 Розробка
технологічного процесускладання лічильника прохідного.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
24 рисунка; 6 таблиць; презентація роботи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
Розділи 1-3	Поспеева І.Є., ст. викладач	05.04	
Нормоконтроль	Поспеева І.Є., ст. викладач	28.05	

7. Дата видачі завдання «26» квітня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Визначення тематики роботи	1 тиждень	Виконано
2	Аналіз схеми електричної та вибір ЕРЕ	2 тиждень	Виконано
3	Ескіз компонування виробу з урахуванням експлуатації	2 тиждень	Виконано
4	Розробка креслення плати та складального креслення друкованого вузла	3 тиждень	Виконано
5	Розробка складального креслення	4 тижні	Виконано
6	Аналіз конструкції, оцінка технологічності	5 тижні	Виконано
7	Розробка дизайну додаткових варіантів корпусів	5 тиждень	Виконано
8	Проведення конструкторських розрахунків	6 тиждень	Виконано
9	Випуск технологічної документації	6 тиждень	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	7 тиждень	Виконано
11	Оформлення супровідної документації	7 тиждень	Виконано
12	Нормоконтроль та рецензування	8 тиждень	Виконано
13	Захист роботи	9 тиждень	Виконано

Студент


(підпис)

Кіров В.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Поспеева І.Є.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: сторінок - 55, рисунків - 24, таблиць - 6.

Об'єкт розробки - комплект конструкторської документації для конструювання пристрою лічильника прохідного на основі мікроконтролера PIC16F876A.

Мета роботи - розробити комплект конструкторської документації для виготовлення пристрою лічильника прохідного на основі мікроконтролера, відповідного третій групі експлуатації по ГОСТ 11478-88 для дрібносерійного типу виробництва. Набути навичок з конструювання радіоелектронних пристроїв, і вибору конструктивних рішень. Прилад повинен відповідати високим вимогам технологічності, ергономіки.

Пристрій призначений для рахунку об'єктів, що переміщуються в проході в сховище або зі сховища.

КОНСТРУКЦІЯ, КОРПУС, ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ, НАПРУГА, ПЛАТА, РЕМОНТОПРИДАТНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ЕРГОНОМІКА, ЕСТЕТИКА, ЛІЧИЛЬНИК ПРОХІДНИЙ

ЗМІСТ

Завдання на проект.....	2
Реферат.....	4
ВВЕДЕННЯ.....	6
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ПРИНЦИП РОБОТИ ЛІЧИЛЬНИКА ПРОХІДНОГО.....	8
1.1 Вибір елементної бази лічильника прохідного.....	9
2 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЛІЧИЛЬНИКА ПРОХІДНОГО.....	20
2.1 Експлуатаційні вимоги.....	20
2.2 Вимоги технологічності.....	22
2.3 Вимоги ергономіки та естетики.....	23
2.4 Вимоги ремонтпридатності.....	24
2.5 Конструкторські вимоги.....	24
3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ.....	26
3.1 Забезпечення експлуатаційних вимог.....	26
3.2 Забезпечення технологічності.....	26
3.3 Забезпечення естетики і ергономіки.....	27
3.4 Забезпечення вимог ремонтпридатності.....	28
3.5 Забезпечення конструкторських вимог.....	28
3.6 Захист МРТС від впливу вологи.....	29
3.6.1 Вплив вологи на ефективність і якість конструкцій МРТС.....	29
3.6.2 Захист елементів конструкцій від впливу вологи.....	30
3.6.2.1 Способи вологозахисту МРТС.....	30
3.6.2.2 Антикоровійні покриття.....	31
3.6.2.3 Види й методи герметизації.....	31
3.6.2.4 Забезпечення часткової герметизації.....	32
3.6.2.5 Забезпечення повної герметизації.....	33
4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ.....	35
5 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ.....	37
6 ЕЛЕМЕНТИ SMD.....	39
6.1 Резистори SMD.....	39
6.2 Конденсатори SMD.....	45
7 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ.....	50
7.1 Розрахунок надійності.....	50
7.2 Розрахунок коефіцієнта заповнення плати.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	55

ВВЕДЕННЯ

Велике місце в мікропроцесорній техніці займають мікроконтролери. В даний час відбувається справжня революція, що зробила значний вплив на кожного з нас - це автоматизація практично всієї навколишнього нас середовища за допомогою дешевих і потужних мікроконтролерів.

Сучасні мікроконтролери мають високу надійність і досить низькою ціною, в слідстві чого коло автоматизуються об'єктів і процесів постійно розширюється. Завдяки їх бурхливому впровадженню автоматизуються все більш складні процеси (об'єкти) управління. Мікропроцесорні системи, завдяки додатковим інформаційним каналам і складним алгоритмам, дозволяють забезпечити більш якісне управління технологічними процесами, підвищити вихід продукції, врожайність, зменшити енергоспоживання, дозволяють вирішити багато екологічних та соціально-економічні завдання.

Мікроконтролер - це самостійна комп'ютерна система, яка містить процесор, пам'ять, допоміжні схеми і пристрої введення-виведення даних, розміщені в загальному корпусі. Мікроконтролери, які використовуються в різних пристроях, виконують функції інтерпретації даних, що надходять з клавіатури користувача або від датчиків, що визначають параметри довкілля, забезпечують зв'язок між різними пристроями системи і передають дані інших приладів. Застосування мікроконтролерів дозволяє значно знизити кількість і вартість використовуваних матеріалів і комплектуючих виробів, що забезпечить зниження собівартості кінцевої продукції.

Лічильник призначений для рахунку об'єктів, що переміщаються в проході в сховище або зі сховища. При переміщенні об'єкта в сховище показання приладу збільшуються на одиницю, при переміщенні об'єкта зі сховища свідчення зменшуються на одиницю. Таким чином прилад дає уявлення про те, скільки об'єктів знаходиться в сховищі в даний момент. «Об'єктами» можуть бути якісь деталі, коробки, а так само і люди, що проходять через вузький прохід. У цьому випадку «сховищем» може бути приміщення дискотеки або клубу. У курсовому проекті пропонується розробка конструкції лічильника прохідного, що буде

підраховувати кількість людей в приміщенні, або об'єктів.

Розвиток мікроелектроніки та широке застосування її виробів в промисловому виробництві, в пристроях і системах управління найрізноманітнішими об'єктами і процесами є в даний час одним з основних напрямків науково-технічного прогресу. Розробка радіоелектронних пристроїв переходить на новий, більш високий рівень.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЛІЧИЛЬНИКА ПРОХІДНОГО

Лічильник призначений для рахунку об'єктів, що переміщаються в проході в сховище або зі сховища. При переміщенні об'єкта в сховище показання приладу збільшуються на одиницю, при переміщенні об'єкта зі сховища свідчення зменшуються на одиницю. Таким чином прилад дає уявлення про те, скільки об'єктів знаходиться в сховищі в даний момент. «Об'єктами» можуть бути якісь деталі, коробки, а так само і люди, що проходять через вузький прохід. У цьому випадку «сховищем» може бути приміщення дискотеки або клубу. Всього «об'єктів» може бути до 140. При більшій кількості прилад зупиняється на свідченні «140» і більше приросту не дає. Так само не може бути і негативних величин.

Датчик складається з двох датчиків, один з яких розташований на початку проходу, інший в кінці проходу. Поняття початку і кінця проходу досить відносно, так як напрямок входу можна змінити на протилежне установкою або відключенням перемички J1. Відповідно змінюється і напрямок виходу.

Кожен датчик складається з інфрачервоного світлодіода, такого як в пультах дистанційного управління, і ІК-фототранзистор, в даному випадку, L-53P3C, але можна і іншого. Світлодіод і фототранзистор розташовані так що спрямовані один на одного і утворюють лінію-промінь, що перетинає прохід. Один датчик розташований в кінці проходу, а інший на початку проходу. Приріст або зменшення показань залежить від того який ІК-промінь був пересічений раніше. Тобто, послідовність спрацьовування датчиків визначає напрямок рахунку.

Індикатор тризначний, що складається з трьох семисегментних світлодіодних індикаторів з загальним катодом. Тут використовуються три досить застарілих індикатора АЛС333А1 з загальними катодом.

Індикатори потрібно включити згідно тризначної матриці для динамічної індикації, тобто, все висновки анодів однойменних сегментів з'єднати разом, і через резистори R7-R15 з відповідними портами D1. Можна застосувати і інші аналогічні індикатори. Кнопка S1 служить для обнулення лічильника.

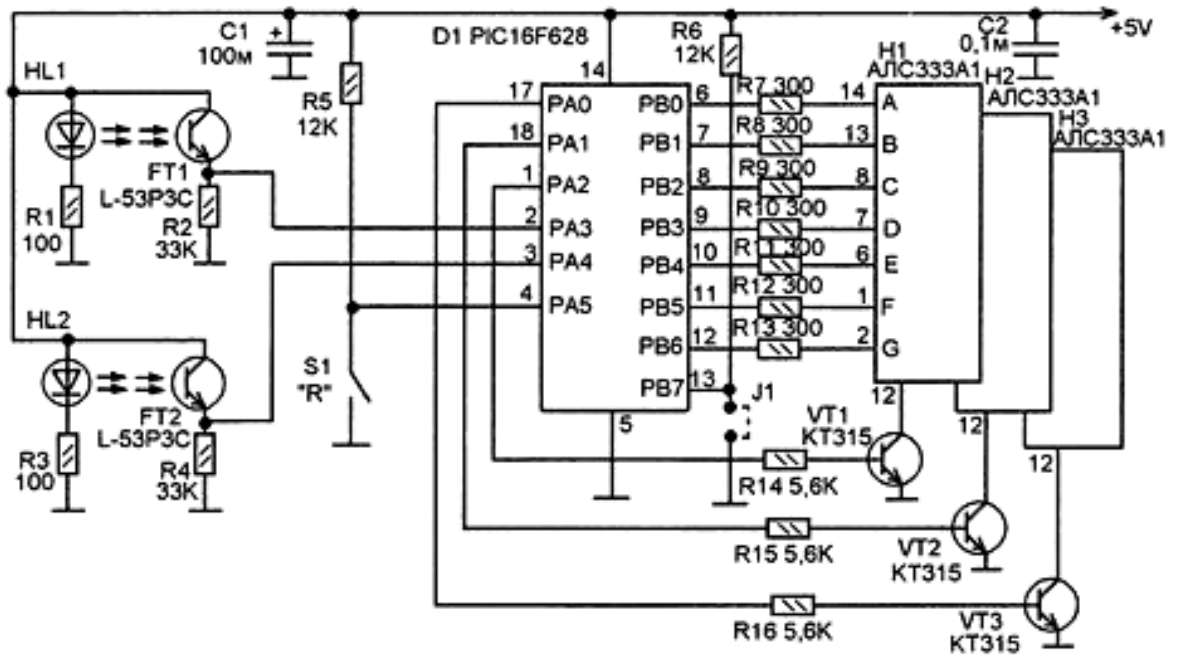


Рисунок 1.1 - Схема електрична принципова лічильника прохідного

1.1 Вибір елементної бази лічильника прохідного

Усі ЕРЕ, що випускаються промисловістю, можна розділити на класи та групи за рядом найважливіших ознак - фізичних, функціональних, технологічних і ін. На рисунку 1.2 показаний один з варіантів такої класифікації.

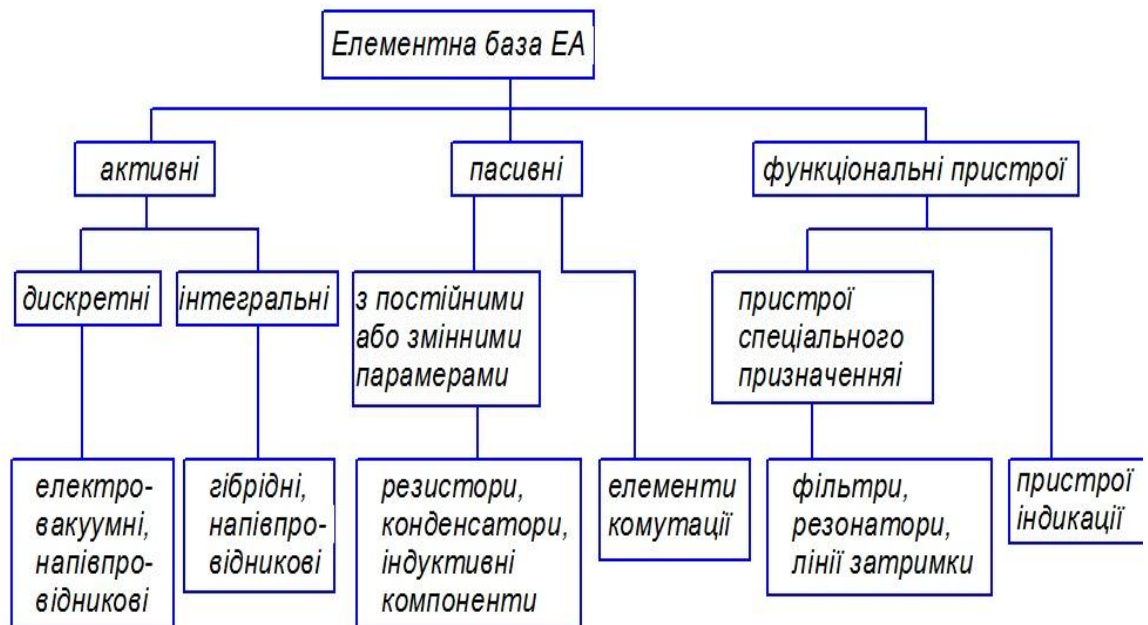


Рисунок 1.2 - Класифікація елементної бази електронних апаратів (ЕА) за функціональною ознакою

Одною з основних класифікаційних ознак елементної бази є *здатність перетворювати енергію джерела живлення в енергію корисних сигналів*. За цією ознакою всі дискретні елементи поділяють на пасивні та активні.

Активними називаються елементи, які здатні підсилювати або перетворювати електричні сигнали.

До активних відносяться різноманітні електронні прилади, що розрізняються за принципами дії і призначенням, серед яких:

- електровакуумні прилади:

- 1) діоди, тріоди, тетроди, пентоди та інші;
- 2) комбіновані лампи;

- напівпровідникові прилади:

- 1) діоди та їх різновиди: стабілітрони, варікапи, варістори;

2) транзистори: польовий (МОП), біполярний, біполярний з ізольованим затвором (IGBT), біполярний із статичною індукцією;

- 3) тиристори;

- 4) симистори;

- фотоелектричні ЕК:

- 1) фоторезистори;

- 2) фотодіоди;

- 3) фототранзистори;

- 4) оптрони (оптопари);

- 5) сонячні батареї.

Активні елементи мають ряд особливих, тільки їм притаманних властивостей, завдяки яким можливе створення генераторів коливань, підсилювачів потужності, модуляторів, пристроїв обробки сигналів і ін.

Серед цих властивостей слід перш за все відзначити властивості невластивості і нелінійності.

Щоб зрозуміти властивість *невластивості*, уявімо, що активний елемент відіграє роль керованого електричного клапана, дозуючого надходження в вихідний ланцюг електричної енергії, але не від вхідного керуючого джерела, а від зовнішнього джерела постійної напруги. При цьому витрата енергії на управління

істотно менше керованої енергії (від джерела постійної напруги).

Властивість **нелінійності** пов'язується з непропорційністю вихідного ефекту вхідному впливу - кілька окремих одночасних впливів викликають ефект, не еквівалентний сумі окремих ефектів.

При цьому нелінійністю характеризується насамперед вольт-амперна характеристика (ВАХ) активного елемента, тобто залежність електричного струму від напруги.

Властивість нелінійності використовується при створенні пристроїв, що перетворюють форму коливань (наприклад, детекторів, перетворювачів частоти, модуляторів).

Всі активні елементи діляться на дискретні прилади і інтегральні схеми (ІС).

Пасивні елементи функціонують без зовнішніх джерел живлення. Вхідні впливи передаються на вихід, відтворюючи закон вхідного впливу без посилення.

Властивості цих елементів (в більшості випадків) не залежать від полярності прикладеної напруги або напрямку струму, що протікає.

Для дискретних пасивних елементів найістотнішою є класифікація за виконуваними функціями.

Розрізняють дискретні комутаційні пристрої, які комутують електричні кола; дискретні резистори, які чинять опір струмові з метою його каналізації; дискретні конденсатори, які накопичують електричний заряд, запасаючи в такий спосіб електричну енергію; дискретні котушки, які запасають енергію магнітного поля; трансформатори, які трансформують струми та напруги, не змінюючи потужності. Відповідно до цього номенклатура пасивних елементів досить широка.

До пасивних елементів відносяться:

- базові елементи:

- 1) резистори;
- 2) конденсатори;
- 3) котушки індуктивності, дроселі;

- елементи, що працюють на принципі електромагнітної індукції: трансформатори;

- елементи на основі електромагнітів:

- 1) соленоїди;

- 2) реле;
- з'єднувачі, перемикачі;
- запобіжники;
- індикатори;
- динаміки, мікрофони;
- акумулятори;
- антени.

Окрім цього у РЕЗ застосовуються *спеціальні функціональні пристрої*, що використовують найрізноманітніші фізичні ефекти для відтворення функціонування апаратури. До них відносяться:

- фільтри та лінії затримки ультразвукові, магнітострикційні, п'єзоелектричні, на поверхневих акустичних хвилях;
- теплоелектронні пристрої;
- магнітоелектронні елементи пам'яті;
- пристрої з зарядовим зв'язком;
- пристрої кріотроніки;
- пристрої на рідких кристалах та інші пристрої.

Елементна база може бути класифікована також за іншими ознаками.

За частотою розрізняють низькочастотні (НЧ), високочастотні (ВЧ) та надвисокочастотні (НВЧ) ЕРЕ, які працюють в діапазонах частот 3...3000 кГц, 3...3000 МГц, 3...3000 ГГц відповідно. Кожен з цих діапазонів за міжнародною класифікацією ділиться на окремі піддіапазони.

За розсіюваною потужністю ЕРЕ ділять на потужні і малопотужні. Звичайно потужними вважають дискретні ЕРВ, які розсіюють потужності більше ніж 10 Вт, малопотужними - менше ніж 10 Вт.

Можлива класифікація дискретних елементів та компонентів *за робочою напругою*. Розрізняють низьковольтні ЕРВ, для них $U_p < 1$ кВ і високовольтні, для яких $U_p > 1$ кВ.

Ще однією класифікаційною ознакою для розподілення елементної бази є *спосіб монтажу*.

Усі елементи можна розділити на два основних класи - елементи *для об'ємного монтажу* та елементи *для друкованого монтажу*.

Перші *механічно закріплюються на несучих конструкціях приладів* та з'єднуються з іншими елементами схеми за допомогою об'ємного монтажу - кабелів, джгутів та окремих провідників. До цієї групи відносяться, насамперед, елементи з великими габаритами та масою, які нераціонально встановлювати на друковані плати, елементи НВЧ, що потребують спеціального монтажу, а також елементи керування, індикації та комутації, що встановлюються на передні панелі приладів.

Усі інші елементи *встановлюються на друковані плати*, які забезпечують їх електричний та механічний монтаж.

Ці елементи у свою чергу, підрозділяються на дві групи - елементи ***THT*** (англ. THT - Through Hole Technology) *для монтажу в отвори* та елементи ***SMD*** (англ. SMD - Surface Mounted Device) *для поверхневого монтажу*.

Перші мають дротяні виводи, які проходять у отвори у друкованій платі та паяються до контактних площадок з її протилежного боку.

Другі мають форму паралелепіпеда, їх виводами є металізовані бокові поверхні корпусів, які паяються до контактних площадок з того ж боку друкованої плати, де розташований сам елемент.

ЕРЕ, призначені для монтажу в отвори, здебільшого позначаються без приставки "THT".

Відповідно ЕРЕ для поверхневого монтажу перед назвою мають приставку "SMD" (SMD резистор, SMD конденсатор тощо).

Іноді технологічна приналежність вказується в типі корпусу, наприклад, DIP {Dual In-line Package} - тип корпусу прямокутної форми з двома рядами виводів, призначений для монтажу в отвори, використовують як корпуси мікросхем, транзисторів, діодів, електромеханічних реле тощо.

Аналогічно тип корпусу SOIC {Small Outline Integrated Circuit} вказує, що компонент із таким корпусом використовують для поверхневого монтажу.

Завдяки малим габаритам та технологічності збірки елементи SMD останнім часом застосовуються все ширше, але їх застосування обмежене діапазоном номіналів та потужностей. Зараз широко застосовуються SMD резистори, конденсатори, котушки індуктивності та деякі інші елементи. До цих елементів можна також умовно віднести мікросхеми з планарними виводами.

Розглянемо деякі типи пасивних елементів детальніше.

Резистор - найбільш поширений пасивний елемент, що використовується в електроніці.

Він призначений для поглинання електричної енергії і перерозподілу та регулювання її між елементами схеми.

На сьогодні резистори займають 20-40 % від загального числа дискретних елементів, які використовуються в радіоелектронній апаратурі (РЕА).

Основною особливістю резистора є те, що електрична енергія перетворюється в ньому в теплову і розсіюється у навколишнє середовище.

Залежно від конструкційних особливостей, резистори ділять на наступні групи:

- постійні, з постійним опором, мають два виводи;
- змінні, зі змінним опором, принцип дії деталей яких заснований на русі ковзних контактів;
- нелінійні, у яких відбувається зміна опору під впливом напруги, світла або температури.

Основні параметри резистора:

- номінальний опір;
- максимальне значення розсіюваною потужності;
- клас точності;
- температурний коефіцієнт опору.

Даний двохвивідний транзистор є оптимальним для конструкції лічильника прохідного на основі мікроконтролера. Всі елементи, крім індикаторів, кнопок і елементів датчиків, монтують на друкованій платі з односторонньо фольгованого склотекстоліту.

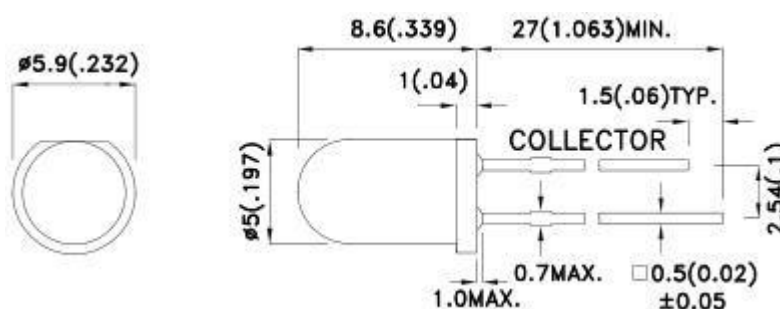
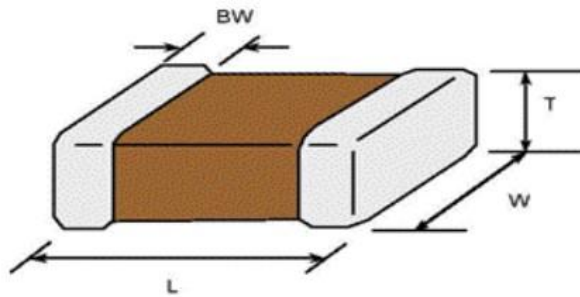


Рисунок 1.3 – Фототранзистор BPW85C



Рисунок 1.4 – Конденсатор 293D107X96R3A2TE3 Vishay 100мкФ \pm 20% 6,3В

Вибір конденсатора виходив з номіналу ємності, робочої напруги і кліматичного виконання, конденсатор 293D107X96R3A2TE3 Vishay 100мкФ \pm 20% 6,3В в повній мірі відповідає заявленим вимогам.



Samsung P/N	Dimension(mm)			
	L	W	T	BW
CL05B104KO5NNNC	1.00 ± 0.05	0.50 ± 0.05	0.50 ± 0.05	0.25 ± 0.10

Размеры керамических конденсаторов типоразмера 0402

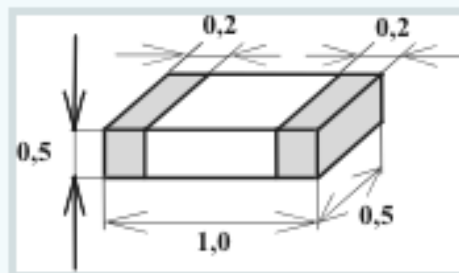


Рисунок 1.5 – Конденсатор CL05B104KO5NNNC 0,1мкФ $\pm 10\%$ 16В

Конденсатор обраний у відповідності з необхідними параметрами і повністю задовольняє вимоги функціонального призначення в пристрої.

Мікроконтролер PIC16F628 дозволяє реалізувати даний пристрій, МК є відносно старим, але забезпечує реалізацію лічильника прохідного, доступність і функціонал МК є пріоритетними у виборі даного МК, PIC16F628 також можна замінити будь-яким іншим аналогом дозволяє реалізувати пристрій.

Цифрові індикатори складаються з доданих елементів у вигляді сегментів і точок, розміщених на одній підкладці і дозволяють при подачі керуючих сигналів відображати цифри, а також знаки десяткового дробу, переповнення, плюса, мінуса. Застосовуються в вимірвальній апаратурі, пристроях автоматики і обчислювальній техніки, інформаційних таблицях, калькуляторах, годинниках і ін.

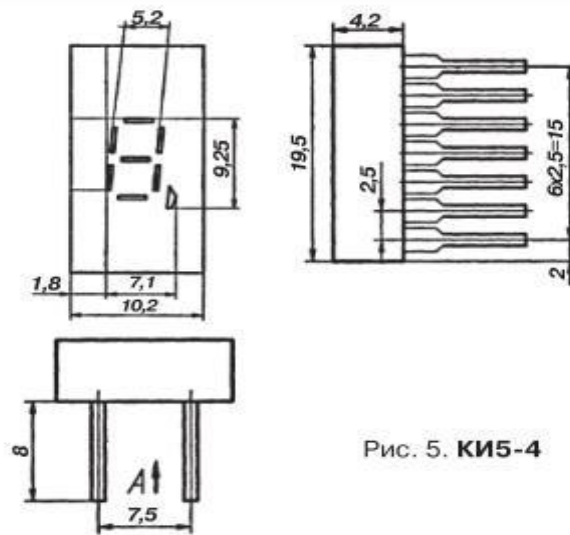


Рис. 5. KI5-4

Рисунок 1.6 – Індикатор АЛС333б в корпусі КІ 5-4

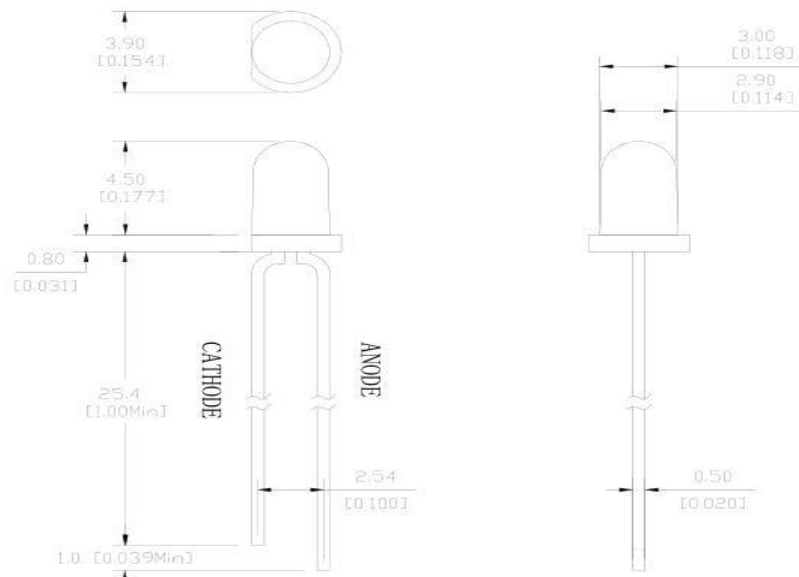


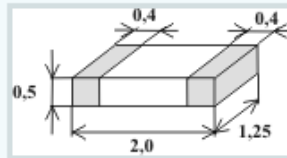
Рисунок 1.7 – ІЧ-світлодіод VL-L314IRBB 880 нм

Дані цифрові індикатори можна замінити на будь-які аналогічні АЛС333Б.
Дані характеристики дозволили зробити вибір на користь даного світлодіода.

Характеристики світлодіодов:

- 3 мм діаметр головки ІЧ-світлодіод;
- висока надійність;
- максимальна довжина хвилі 880 нм;
- низькі струми.

Размеры керамических резисторов 0805



Технические характеристики резисторов 0805 5%

- Номинальная мощность керамического резистора 0805 при 70°C.....0,125 Вт
- Рабочее напряжение керамического резистора 0805150 В
- Максимальное напряжение керамического резистора 0805300 В
- Диапазон рабочих температур керамического резистора 0805-55° +125°C
- Температурный коэффициент сопротивления.....100 ppm/°C

Рисунок 1.8 – SMD-Резистор R2-33К – 0,125 Вт

Резистори металодіелектричних призначені для роботи в ланцюгах змінного і постійного та імпульсного струму, що задовольняють вимогам конструкції лічильника прохідного.

Технічні характеристики:

- діаметр центрального провідника - 2.1 мм;
- діаметр Jack - 5.5 мм;
- форма контактів - кутова.

Дане гніздо задовольняє вимогам пред'явленим до пристрою.

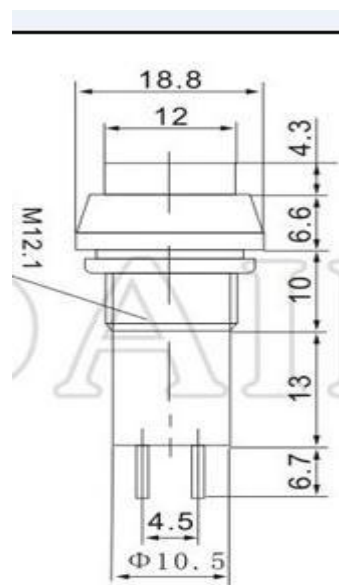


Рисунок 1.9 – Кнопки — PBS11A/B, 1 А 250 В

PBS11A - кнопка з фіксацією. Кнопки - PBS11A задовольняють вимогам ергономіки і є прийнятними в даній конструкції.

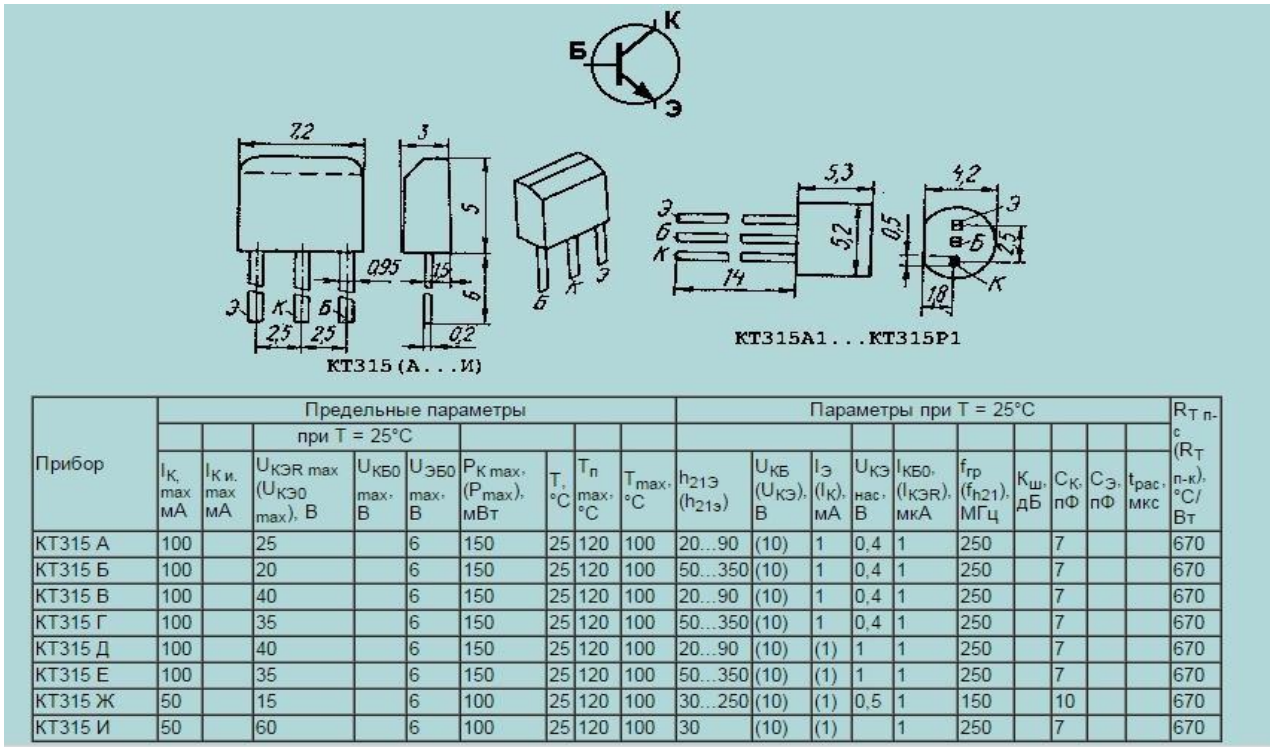


Рисунок 1.10 – Транзистор КТ-315

КТ-315 кремнієвий високочастотний біполярний транзистор малої потужності n-p-n провідності в корпусі КТ-13.

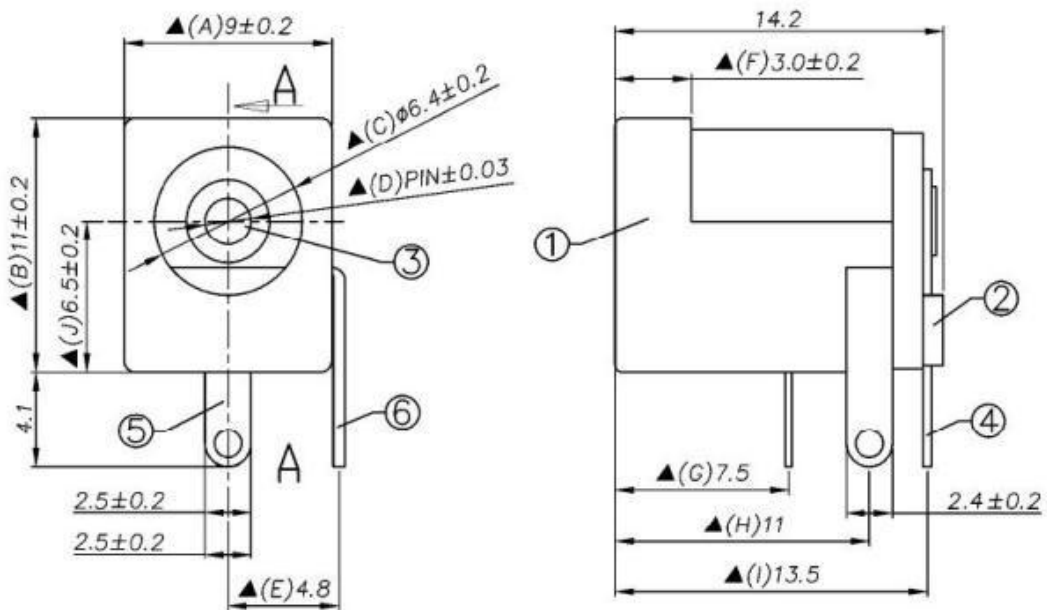


Рисунок 1.11 – Гніздо DS-210

2 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПРИСТРОЮ

2.1 Експлуатаційні вимоги

Виріб повинен зберігати свої параметри в межах норм, установлених технічними завданнями, стандартами або технічними умовами на протязі термінів служби і термінів зберігання, зазначених у технічному завданнях, стандартах або технічних умовах, після і (або) в процесі впливу кліматичних факторів.

Розроблений прилад повинен експлуатуватися в приміщеннях III група апаратури по ГОСТ 11478 - 88, категорія виконання - УХЛ 1.1 по ГОСТ 15150 - 69, для експлуатації в лабораторних, капітальних житлових та інших приміщеннях подібного типу. Значення температури повітря при експлуатації, °С:

а) робочі:

- 1) верхнє значення + 40°;
- 2) номер найнижчого - 60°.

б) граничні робочі:

- 1) верхнє + 45°;
- 2) нижня - 70°.

Відносна вологість:

- Середньорічне значення - 70% при 15° С;
- Верхнє значення - 98% при 25° С.

Абсолютна вологість, середньорічне значення: 10 г * м-3.

Види випробувань і характеристика фактора:

а) Випробування на міцність при впливі синусоїдальних вібрацій:

1. діапазон частот: 10 - 150 Гц;
2. амплітуда віброприскорень: 19,6 (2) м / с;
3. число циклів коливання частоти в кожному положенні апаратури: 20.

б) Випробування на міцність при транспортуванні:

1. прискорення: 147 (15) м / с;
2. тривалість ударного імпульсу: 11 мс;
3. частота ударів: 60-120 удар / хв;
4. число ударів: 1000.

в) Випробування на міцність при впливі механічних ударів багаторазової дії:

1. прискорення: 98 (10) м / с;
2. тривалість ударного імпульсу: 16 мс;
3. частота ударів: 60-120 удар / хв;
4. число ударів: 1000.

г) Випробування на стійкість при впливі механічних ударів багаторазової дії:

1. прискорення: 98 (10) м / с;
2. тривалість ударного імпульсу: 16 мс;
3. частота ударів: 60-120 удар / хв;
4. число ударів в кожному експлуатаційному положенні: не менше 20.

д) Випробування на вплив підвищеної температури середовища:

1. робоча підвищена температура: 40°C;
2. тривалість: 2 год;
3. гранична підвищена температура: 55°C;
4. тривалість: 2 год.

е) Випробування на вплив зниженої температури середовища:

1. гранична знижена температура: -40°;
2. тривалість: 2 год.

е) Випробування на вплив зміни температури середовища:

1. робоча підвищена температура: 40°C;
2. робоча знижена температура: - 10°C;
3. число циклів: 2.

ж) Випробування на вплив зниженого атмосферного тиску:

1. атмосферний тиск: 70кПа або 525 мм. рт. ст.;
2. температура: -10°;
3. тривалість: 0,5 год.

з) Випробування на вплив підвищеної вологості:

1. відносна вологість: 93%;
2. температура: 25°C;
3. тривалість: 96 год.

В процесі експлуатації основні параметри пристрою повинні зберігатися в межах допустимих значень.

2.2 Вимоги технологічності

Технологічність конструкції виробу є пристосованість до обмеженого витрачання трудових, матеріальних і енергетичних ресурсів при підготовці виробництва та промислового випуску виробів в заданій кількості по вищій категорії якості (виробнича технологічність), а також при технічному обслуговуванні та ремонті (експлуатаційна технологічність).

Для оптимізації витрат при виробництві, експлуатації, ремонті з урахуванням заданих показників якості необхідно, щоб пристрій був високотехнологічним.

Можна виділити ряд рекомендацій по збільшенню технологічності:

- бажано не використовувати або обмежити використання оригінальних ЕРЕ;
- обмежити, а краще виключити застосування великогабаритних ЕРЕ, які неминуче призведуть до наявності об'ємного монтажу та ручної пайку і ручній установці на плату;
- вибір розмірів і форми компонентів, деталей і вузлів конструкції з урахуванням економічно доцільних для заданих умов виробництва способів формоутворення;
- використовувати типові або добре відпрацьовані на даному підприємстві технологічні процеси;
- використовувати двосторонній монтаж плати для підвищення автоматизації;
- використовувати автоматизовану установку і пайку ЕРЕ;
- зменшення використання дефіцитних або токсичних матеріалів, дорогих металів;
- зменшити номенклатуру використовуваних матеріалів і напівфабрикатів;
- використання обґрунтованих сортаментів і марок матеріалів, які дозволяють знизити матеріаломісткість виробу;
- максимальна надійність всіх елементів при збереженні прийнятної вартості;
- збільшення применняємості виробу і його складових частин за

допомогою стандартизації та уніфікації.

2.3 Вимоги ергономіки та естетики

Питаннями реалізації вимог ергономіки художніми засобами займається технічна естетика - наука, що вивчає соціально-культурні, технічні і естетичні проблеми, формування гармонійної предметної середовища, створеної засобами виробництва.

В результаті відпрацювання виробу на ергономічність повинна бути забезпечена ефективність взаємодії людини з виробом, знижена стомлюваність оператора, вжиті заходи до запобігання його помилкових дій, в тому числі і в аварійних ситуаціях.

При виготовленні побутової РЕА спеціально обумовлюються наявність споживчих зручностей, стосовно кожного конкретного виробу. На пристрої повинні бути нанесені чіткі і не стираються позначення і написи, що пояснюють призначення органів управління і пристроїв перемикачів.

Естетичні вимоги включають наступну номенклатуру показників:

а) інформаційна виразність характеризує здатність виробу відображати в формі склалася в суспільстві естетичні уявлення;

б) раціональність форми характеризує відповідність форми об'єктом умов виготовлення та експлуатації виробу; проявляється у відповідності форми виробу його призначенню, особливостям технології;

в) цілісність композиції характеризує гармонійну єдність частин і цілого, взаємозв'язок елементів форми виробу і його узгодженість з ансамблем інших виробів;

г) досконалість виробничого виконання характеризується чистотою виконання контурів і сполучення елементів, ретельністю покриттів і обробки, чіткістю виконання фірмових знаків і експлуатаційної документації, стійкістю до пошкоджень.

2.4 Вимоги ремонтпридатності

Для забезпечення ремонтпридатності необхідно забезпечити наступне:

- легкість розтину корпусу пристрою при необхідності ремонту;
- неможливість його випадкового відкриття під час транспортування або роботи;
- використання невідповідних гвинтів, стандартного кріплення;
- використання, по можливості, стандартних деталей;
- легко доступність до елементів, які мають низьку надійність;
- легкість і швидкість заміни поламаних елементів;
- використання склотекстоліти для виготовлення друкованих плат, що дозволяє більшу кількість перепайок;
- необхідність невеликого числа контрольних приладів для ремонту, бажано - не більше 2-3;
- наявність ремонтної документації (схеми електричної принципової з розбивкою на плати за функціональною ознакою, карт робочих режимів і т.д.).

Бажано, щоб всі електроелементи були приблизно рівні по надійності, це дозволить скоротити кількість профілактичних оглядів або ремонтів до мінімуму.

2.5 Конструкторські вимоги

До друкованим платам з наявністю поверхневого монтажу висувають такі вимоги:

- висота компонентів не повинна перевищувати - 7 мм .;
- в шарі металізації при трасуванні провідників потрібно уникати гострих кутів;
- звернути увагу на необхідність забороненої зони навколо кріпильних отворів;
- діаметри отворів для компонентів з висновками залежно від діаметра отвору:

$$d_{\text{в}} = d_{\text{отв}} + (2 \div 4)\text{мм}$$

- діаметри отворів на кресленні вказуються з урахуванням товщини металізації;

- відстань від краю неметалізованим отвори до контактної площадки або провідника має бути не менше 0.5 мм;

- полярні компоненти бажано орієнтувати однаково;

- все пасивні компоненти одного типу по можливості групувати;

Конструкторські рекомендації щодо виконання маркування плати включають в себе:

- на плату наноситься маркування графічних і позиційних позначень компонентів (графічні позначення компонентів повинні відображати полярність і орієнтацію компонентів на платі);

- маркується позначення плати, версії, позначення підприємства-виробника та його адресу;

- передбачається місце для нанесення номера і дати виготовлення плати;

- маркування на платі виконується трафаретним друком або в шарі провідників;

- трафаретний друк бажано розташовувати тільки по областям плати, покритим захисною маскою.

3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ

3.1 Забезпечення експлуатаційних вимог

Корпус приладу виконаний у формі паралелепіпеда. Розміри виробів порівнянні з їх функціональним призначенням. Колір приладу сірий. Корпус виготовлений з полістиролу, закривається кришкою.

Конструкція забезпечує зручність користування. Згідно з умовами ТЗ розроблений прилад є побутовою апаратурою і належать до 4 групі експлуатації, тобто апаратура працює в приміщеннях.

В конструкції даного пристрою застосовується стандартна ЕРЕ, з низькою інтенсивністю відмов, яка забезпечує надійну працездатність пристрою протягом гарантованого терміну служби при впливі на нього несприятливих кліматичних факторів.

Плати виконані з склотекстоліти СФ-2-35-1.0, застосування якого в заданих умовах прийнятно. Щоб уникнути коротких замикань друкованих провідників на платі використовується запас відстані в максимально навантажених місцях плати.

Матеріал корпусу - полістирол ударостійкий, який запобігає виходу з ладу приладу при падінні з невеликої висоти. Кришка з'єднується з корпусом за допомогою нарізного сполучення. Форма друкованої плати прямокутна, кріплення здійснюється різьбових з'єднань. ЕРЕ кріпляться на платі за допомогою пайки.

3.2 Забезпечення технологічності

Так як розроблювальний виріб відноситься до побутової апаратури, для корпусу приладу обрана лита конструкція з полістиролу, який володіє хорошими естетичними властивостями. Використання литий конструкції при дрібносерійному типі виробництва вигідно, так як для цього типу виробництва вона є середнетехнологічною. Даний тип формоутворення має мінімум відходів, що веде в свою чергу до зменшення витрат на їх утилізацію. Крім цього даний метод формоутворення при дрібносерійному виробництві є оптимальним і не вимагає великих витрат, а також досить добре відпрацьований на виробництві.

Конструкції вузлів спроектовані таким чином, що при знятті кришки є повний доступ до всіх елементів конструкції, це полегшує заміну елементів при виході їх з ладу. Це в свою чергу забезпечує високий рівень ремонтпридатності пристрою. До оригінальних елементів конструкції відносяться плата, корпус, кришка. Плата виготовляється за допомогою комбінованого методу, за типовим технологічним процесом. Для з'єднання деталей і складальних одиниць використовуються з'єднання.

Різьбові з'єднання характеризуються високою надійністю і підвищеною трудомісткістю, але їх використання виправдане можливістю розбирання виробу, тобто підвищує його ремонтпридатність.

У приладі застосована стандартна елементна база. Це в свою чергу дає можливість застосовувати типові технологічні процеси по установці і пайку ЕРЕ.

Формування висновків і установка елементів є стандартною по ГОСТ 29-137-91. Кількість типорозмірів елементів зведено до мінімуму.

Завдяки тому, що елементи встановлюються на одній стороні плати, і як було сказано раніше, застосована стандартна елементна база, для установки і пайки ЕРЕ використовуються автоматизовані системи. Таким чином, можна використовувати групову пайку і установку елементів здійснювати шляхом використання спеціалізованих автоматів. Це в свою чергу зменшить витрати часу, фінансові та трудові ресурси на виробництво даного виробу при великосерійному типі виробництва.

3.3 Забезпечення естетики і ергономіки

Корпус має просту форму - форму паралелепіпеда, всі елементи конструкції гармонійно взаємопов'язані між собою, що забезпечує цілісність композиції. Індикатори і кнопки розміщені на верхній грані корпусу, для зручності управління даних про кількість людей або об'єктів в приміщенні. Гніздо живлення і кабелі для з'єднання датчиків з платою розташовані на одній з бічних гранях корпусу. Це забезпечує зручність підключення і розташування кабелів пристрої. На пристрої нанесені чіткі і не стираються умовні позначення напис харчування, що пояснюють призначення і орієнтацію при підключенні. Колір приладу сірий.

3.4 Забезпечення вимог ремонтпридатності

Для доступу до всіх елементів конструкції досить зняти кришку з корпусу приладу. Більшість елементів встановлені на платі, легкодоступні, є необхідна стандартна маркування, індикатори та кнопки встановлені на корпусі, елементи датчиків в окремих корпусах. Всі ЕРЕ в даній конструкції стандартні, широко поширені, що спрощує пошук компонентів.

Як матеріал для виготовлення друкованих плат використовується фольгований двосторонній стеклотекстолит, що дозволяє здійснювати більшу кількість перепайок.

При виході з ладу одного з електрорадіоелементів, потрібно локалізувати і замінити що вийшов з ладу елемент. Після локалізації що стало непридатним елемента його заміна здійснюється вручну шляхом випоювання і установки нового.

Всі елементи кріплення, застосовані в виробі, широко поширені, що виключає необхідність в нестандартному обслуговуючому інструменті.

Всі елементи змонтовані на одній платі, що спрощує доступ до них.

3.5 Забезпечення конструкторських вимог

Дотримані зазори між компонентами.

Діаметр отворів під висновки компонентів в залежності від діаметра виведення рівні:

$$d_{\text{в}} = d_{\text{отв}} + 4 \text{ мм}$$

Всі полярні компоненти зорієнтовані однаково. Всі пасивні компоненти одного типу по можливості згруповані. На плату нанесено маркування графічних і позиційних позначень компонентів.

Графічні позначення компонентів відображають полярність і орієнтацію компонентів на платі. Передбачено місце для нанесення номера і дати виготовлення плати. Маркування на платі виконується трафаретним друком. Трафаретний друк розташовується тільки по областям плати, покритим захисною маскою.

3.6 Захист МРТС від впливу вологи

3.6.1 Вплив вологи на ефективність і якість конструкцій МРТС

Одним із кліматичних факторів, що можуть викликати порушення роботи МРТС та вихід її з ладу, є підвищена вологість. Вплив вологи на параметри конструкції може виявлятися порівняно швидко (секунди, хвилини) або через великий проміжок часу.

При підвищеній вологості відбувається зміна діелектричної проникності повітря і його електричної міцності; при цьому змінюються ємності конденсаторів із повітряним діелектриком; виникають додаткові паразитні ємності між елементами конструкцій, можливий електричний пробій.

В ізоляційних матеріалах зменшується поверхневий електричний опір; відбувається зміна фізико-хімічних властивостей (розбухання, відшаровування, хімічне руйнування).

Для металевих деталей МРТС найбільш несприятливим проявом впливу вологи є корозія. Корозія може бути атмосферною та контактною (електрохімічною). У першому випадку одночасний вплив вологи й атмосферного кисню на поверхню металу приводить до появи плівки - окисла. Якщо окисна плівка утворюється швидко (наприклад, на алюмінієвих, магнієвих сплавах), то видалення продукту корозії не відбувається і він захищає матеріал від подальшої корозії. Якщо ж окисна плівка утворюється повільно (сталі, чавуни), то вона виходить пухкою, гігроскопічною, видаляється й збільшує корозію.

Електрохімічна корозія виникає при механічному контакті двох різних металів під плівкою вологи, що містить залишки солей. При цьому відбувається руйнування контактуючих матеріалів. При проектуванні виробів, що працюють в умовах підвищеної вологості (а іноді й у нормальних умовах), варто враховувати можливу сумісність різних металів, не допускаючи контакту тих, які можуть утворити гальванічні пари (алюміній зі сріблом, золотом, кадмієм; мідь із магнієм, хромом і т.і.).

При проектуванні МРТС конструктор повинен у кожному конкретному випадку вирішувати питання про необхідність висування вимог захисту від впливу вологи. Ці вимоги визначаються умовами експлуатації і є обов'язковими для

виробів, що експлуатуються за кліматичними виконаннями ТВ (тропічний вологий), М (морський), ТМ (тропічний морський); О (загально кліматичний); ОМ (загально кліматичний морський); В (усе кліматичний) відповідно до ГОСТ 15150-69. Для інших кліматичних виконань істотними є вимоги для категорій розміщення 1 і 2 (експлуатація на відкритому повітрі чи на об'єктах, де коливання температури й вологості несуттєво відрізняються від умов відкритого повітря).

3.6.2 Захист елементів конструкцій від впливу вологи

3.6.2.1 Способи вологозахисту МРТС

Для забезпечення надійності функціонування МРТС при впливі вологи необхідно застосовувати волого захисні конструкції, що підрозділяються на дві групи: *монолітні й пустотілі*.

Монолітні оболонки складають єдине ціле з вузлом, який потребує захисту від вологи. Від конструкції вологозахисту залежать такі параметри МРТС, як маса, габарити, вартість, надійність, можливість автоматизації, зручність ремонту і т.і. Монолітні плівкові оболонки використовуються, в основному, як технологічний захист деталей і компонентів, що підлягають герметизації у складі блока. До матеріалів захисних плівок висувається ряд вимог: якісні волого захисні властивості (мала волого проникність, відсутність порожнин, пасивуючі властивості тощо), можливість роботи в заданому діапазоні температур, гарна адгезія до компонента, що захищається. Органічні плівкові покриття являють собою на поверхні деталі тонкий суцільний шар органічної сполуки (лаку, емалі, компаунда). Для захисту від корозії несучих корпусних конструкційних вузлів і деталей з металів і сплавів широко застосовують монолітні плівкові металеві покриття.

Пустотілі волого захисні оболонки дозволяють звільнити компоненти, що захищаються, від механічного контакту з оболонкою, що забезпечує роботу в більш широкому діапазоні температур і виключає хімічну взаємодію оболонки й компонента, що захищається. Пустотілі оболонки, особливо з неорганічних матеріалів, забезпечують більш високу надійність вологозахисту, але мають значні габарити, масу, вартість.

3.6.2.2 Антикорові́йні покриття

Для захисту металів від корозії застосовуються різні види антикорозійних покриттів. У залежності від матеріалу покриття підрозділяються на *металеві, неметалеві, хімічні, органічні* (лакофарбові, емалеві і т.і.).

У залежності від способу нанесення покриття підрозділяються на *електролітичні (гальванічні), гарячі, дифузійні* і т.і.

Гальванічні металопокриття одержують виділенням металів з розчинів їх солей під дією електричного струму. Деталь, що покривається, є катодом, а анодом - електрод, виконаний з матеріалу покриття. При використанні металевих покриттів слід особливо увагу звертати на можливість виникнення гальванічних пар, тому що це може привести надалі до електрохімічної корозії. Якщо все-таки є необхідність застосування покриття, що утворить із матеріалом деталі гальванічну пару, то застосовують багат шарове покриття з внутрішніми шарами з нейтральних металів. Наприклад, якщо необхідно застосувати кадмієве покриття по алюмінію, то можна використовувати підшар міді, що нейтральна відносно й алюмінію, і кадмію.

Особливо можна відзначити металізаційні покриття, що отримують методами *термічного напилювання*.

Хімічне окисне покриття - плівка окислу на поверхні металу, отримана в розчинах лугів, кислот, солей.

Анодно-окисне покриття - захисне покриття плівкою окислів основного матеріалу, отриманою в електроліті.

Пасивування - створення адгезійної плівки на поверхні металу шляхом обробки її розчинами солей.

Фосфатне покриття - захисна плівка фосфатом марганцю й заліза, отримана хімічним шляхом.

3.6.2.3 Види й методи герметизації

Герметизація полягає в забезпеченні практичної непроникності корпусу МРТС для рідин і газів з метою захисту її елементів і компонентів від вологи, пилу, піску і т.і.

Розрізняють *індивідуальну й загальну*, а також *часткову й повну* герметизацію.

При *індивідуальній герметизації* можлива заміна окремих компонентів МРТС при виході їх із ладу. При цьому герметизується кожний окремий компонент.

При *загальній герметизації* герметизується корпус виробу. При цьому заміна компонентів можлива тільки під час демонтажу гермокорпуса.

Для захисту від вологи компонентів і вузлів застосовують *часткову герметизацію* лаками, пластмасами чи компаундами на органічній основі. Вони створюють монолітні оболонки, що є одночасно і несучими конструкціями для виводів компонентів. В даному випадку тривала герметизація не забезпечується.

При *повному захисті* використовуються герметичні корпуси (роз'ємні чи нероз'ємні). Їх герметичність досягається ущільненням стиків корпуса за допомогою різних прокладок.

3.6.2.4 Забезпечення часткової герметизації

Для забезпечення часткової герметизації використовуються: *просочення, обволікання, заливку й обпресування* компонентів МРТС.

Просочення - процес заповнення ізоляційним плівкоутворювальним матеріалом пір і малих зазорів у компонентах МРТС. При цьому з порожнин і пір витісняється повітря і вони заповнюються лаком чи компаундом. Це збільшує електричну й механічну міцність, поліпшує теплопровідність; але при цьому збільшуються маса, паразитні зв'язки, інтенсифікуються хімічні й електрохімічні процеси в місцях пайки виводів. Просочення застосовується для моткових виробів, деталей з волокнистих і пористих матеріалів. Для цього використовують лаки УР-231, ГФ-95, МЛ-92 і т.і. У виробках із такою герметизацією заборонено застосовувати ізоляційні матеріали, які вже мають просочення, такі як лакоткань, бавовняні і хлорвінілові трубки, фібру.

Обволікання - процес утворення покривних оболонок на поверхні виробу, призначених для короткочасної роботи в умовах впливу вологи. Його застосовують для захисту від вологи друкованих плат, дискретних ЕРЕ, безкорпусних напівпровідникових приладів. Основною перевагою обволікання є висока економічність, недоліками - досить товстий і неконтрольований шар покриття, можливість використання тільки в нежорстких умовах експлуатації, складність видалення вологи при її попаданні під захисний шар. Для обволікання застосовують лаки УР-231, Э-4100, компаунди, емалі. До обволікання можна віднести також герметизацію компаундами паяних і зварених швів і

місце контактування металів із різними електрохімічними потенціалами, дуже чутливими до впливу вологи.

Заливка – процес суцільного упакування компонента чи вузла в ізоляційну масу шляхом заповнення нею вільного проміжку між виробом і стінками корпусу чи між виробом і заливальною формою. Заливка вузлів МРТС, крім захисту від метеорологічних факторів, дозволяє одержувати вироби з точними геометричними розмірами, високою чистотою обробки поверхні, підвищує механічну міцність. За ступенем забезпечення вологостійкості заливка перевершує інші види герметизації. Слабким місцем виробу після заливки є виводи, уздовж яких утворюються капілярні капелі на межі зіткнення матеріалів із різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення. Матеріалами для заливки служать епоксидні компаунди ЭЗК, Э-242, ЭК-16Б і т.і.

Обпресування - захист виробу від вологи товстим шаром полімерного матеріалу (терморезистивна чи термопластична пластмаса) методом трансферного чи ливарного пресування в спеціальних формах. Цей вид вологозахисту використовують, в основному, для малогабаритних компонентів (ЕРЕ, ІМС, мікробірки).

3.6.2.5 Забезпечення повної герметизації

Повна герметизація вузлів, комірок, блоків МРТС і пристроїв у цілому найчастіше полягає в застосуванні герметизованих корпусів. Такий вид герметизації дешевше, крім того, він дозволяє виключити механічний контакт із виробами, що захищаються, і передачу їм механічних напруг, а також хімічний вплив на них із боку матеріалів корпусу.

Існують *нероз'ємні, обмежено-роз'ємні і роз'ємні* корпуси.

Для блоків об'ємом менш 3 дм³ при необхідності забезпечення невеликої кількості розгерметизацій (до 3...5) і повторних герметизацій використовується регенеруємий паяний чи зварений шов.

Для блоків багаторазового використання, що вимагають забезпечення ремонтпридатності, найбільш ефективною є герметизація за допомогою прокладок: гумових, металевих, пластмасових.

Пластмасові прокладки мають низьку вартість, стійкість до агресивних середовищ, однак у них низька теплостійкість і недостатньо висока пружність.

У прокладок із пластичних металів (свинцю, міді, індію) відсутній цей недолік, однак їх можна використовувати лише один раз через деформацію при установці. Крім того, ці прокладки не стійкі до впливу вібрацій.

Найбільш широке застосування для герметизації блоків МРТС знайшли гумові прокладки, що мають високу волого- і термостійкість. Найчастіше використовуються гуми марок ТМКЩ (тепло- морозо- кислото- лугостійка).

При проектуванні МРТС варто враховувати марку матеріалу герметичного корпусу. Це особливо важливе для пластмасових корпусів, тому що всі полімерні матеріали гігроскопічні. У процесі виробництва й збереження вони поглинають вологу з навколишнього середовища, а в процесі роботи (при нагріванні) виділяють її у внутрішнє середовище гермокорпуса.

Для приєднання зовнішніх електричних ланцюгів використовуються ізолятори (керамічні, скляні), герметизовані штепсельні розніми, вулканізовані кабельні виводи. Органи керування герметизують гумовими чохлами, шайбами, фетровими чи фторопластовими сальниками. Для передачі механічного руху використовують сільфони, магніти і т.і.

Недоліки роз'ємного корпусу - підвищені вимоги до міцності, труднощі виконання й контролю надійного рознімного гермоз'єднання. Переваги - добра ремонтпридатність.

Для нероз'ємних корпусів (паяних, зварених) порівняно легко забезпечити герметизацію, але при цьому утруднений (чи неможливий) доступ до компонентів МРТС.

4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ

Всі елементи, крім індикаторів, кнопок і елементів датчиків, монтують на друкованій платі з односторонньо фольгованого склотекстоліту.

Пошук варіантів конструкції виробу роблять, відштовхуючись від аналога (аналогів) та рухаючись в напрямку їх доопрацювання і поліпшення з тим, щоб забезпечити виконання поставленого завдання. Крім аналогів, що застосовуються в зазначеному вище сенсі, широко використовують приватні аналоги - апробовані конструкції різних структурних рівнів, які не є закінченими виробами. Слід чітко уявляти собі, що використання аналога не тільки полегшує працю конструктора, а й забезпечує також спадкоємність і підвищує обсяг вживаності з усіма наслідками, що впливають звідси перевагами.

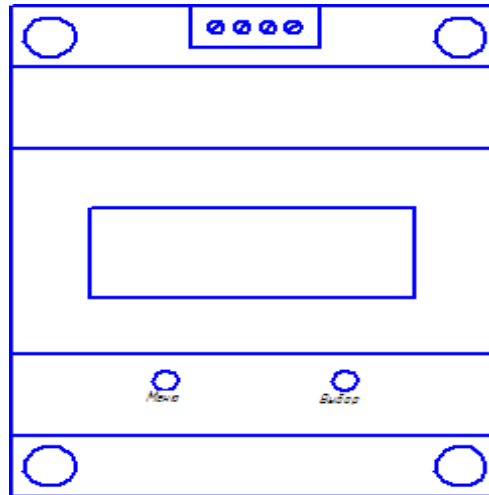
Опрацювання варіанту конструкторського рішення виробу включає вибір типу конструкції виробу, вибір типу несучої конструкції (НК), вибір і обґрунтування засобів забезпечення надійності та малогабаритності, вибір і обґрунтування засобів захисту від зовнішніх і внутрішніх дестабілізуючих факторів, електромагнітної сумісності.

При цьому повинні бути розглянуті і забезпечені вимоги ТЗ за технологічними показниками, ергономіки та технічної естетики і техніці безпеки. Глибина опрацювання повинна бути достатньою для зіставлення аналізованих варіантів.

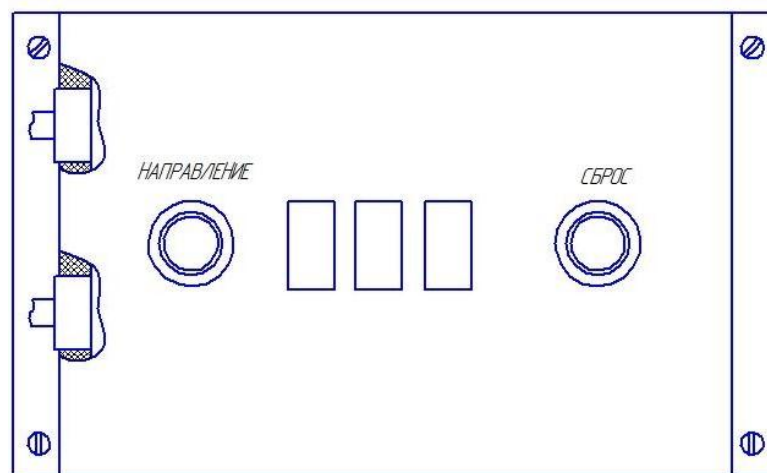
В процесі розробки лічильника прохідного було досліджено 2 типу корпусів, які показані на рисунку 4.1 а, б.

При виборі конструкції необхідно прагне до компактності, зручності експлуатації та презентабельному увазі приладу.

Варіант виконання корпусу виробу представлений на малюнку 4.1а має не дуже вдалу конструкцію, тому що кнопки випирають за рівень передній панелі а монтаж проводів навантаження ускладнюється. Таким чином погіршується естетичний вигляд приладу і погіршується можливість ремонтпридатність приладу.



а)



б)

Рисунок 4.1 – Типи конструкцій корпусів лічильника прохідного

Варіант виконання корпусу виробу представлений на малюнку 4.1. В данному випадку обсяг заповнюється оптимально і є нормальний доступ до кріплення проводів, прилад встановлюється на рівну поверхню, у приладу є 4 ніжки виконані у формі паралелепіпедів, для стійкості. Кнопки рознесені на оптимальну відстань для зручності керування приладом.

В результаті аналізу конструкцій корпусу була обрана остання конструкція (рисунок 4.1, б), так як вона має ряд переваг перед іншою конструкцією, описаної вище. Прилад скомпонований таким чином, що забезпечується відмінна ремонтпридатність приладу завдяки легкознімною кришці, а також форма корпусу відповідає всім вимогам ергономіки та естетики.

5 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ

Пристрій в зборі має форму прямокутника з розмірами 168x102x77мм. Прилад складається з корпусу і кришки. Корпус і кришка виготовлені з удароміцного полістиролу і являють собою дві литі деталі, які з'єднуються між собою за допомогою гвинтів.

На вигляді праворуч показана грань корпусу з двома втулками, для фіксації проводів, які з'єднують датчики з платою. Плата поз. 3 ставиться на бобишки корпусу виконані під 90о і кріпиться до корпусу гвинтами поз.3.

Кнопки поз. 12,13 вставляється в корпус і утримується за допомогою власного кріплення на гайці. Індикатори поз.11 вставляються в фронтальну сторону корпусу. Кнопки підписані.

Індикатори мають форму паралелепіпеда з розмірами 10.2x19.5x4мм. Ескізи пристрою лічильника прохідного показані на рисунках 5.1-5.3.

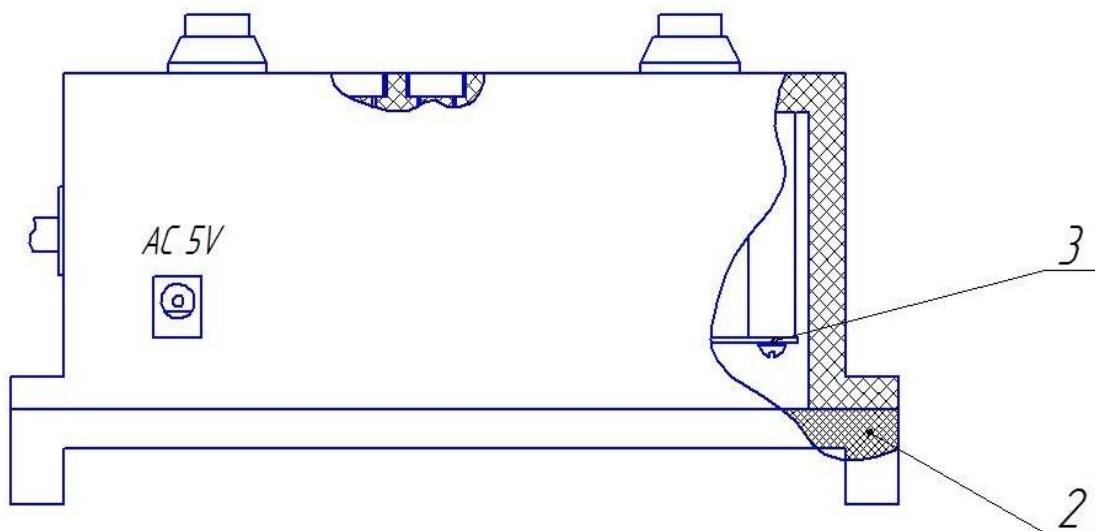


Рисунок 5.1 - Вид збоку

1 - корпус, 2 - кришка, 3 – друкований вузол

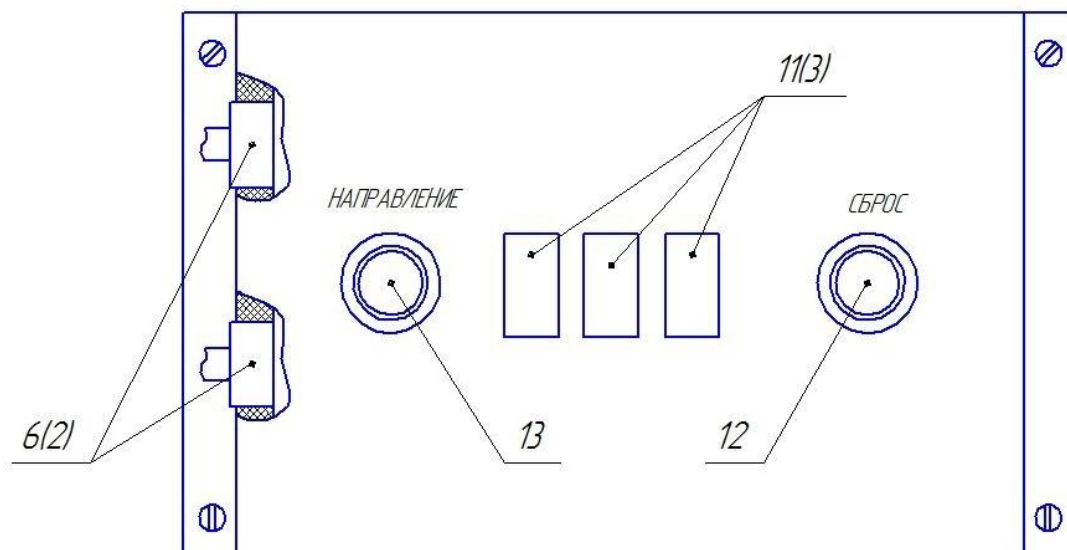


Рисунок 5.2 - Вид зверху (розріз)

6 - втулки, 12, 13 - кнопки регулювання, 11 – індикатори

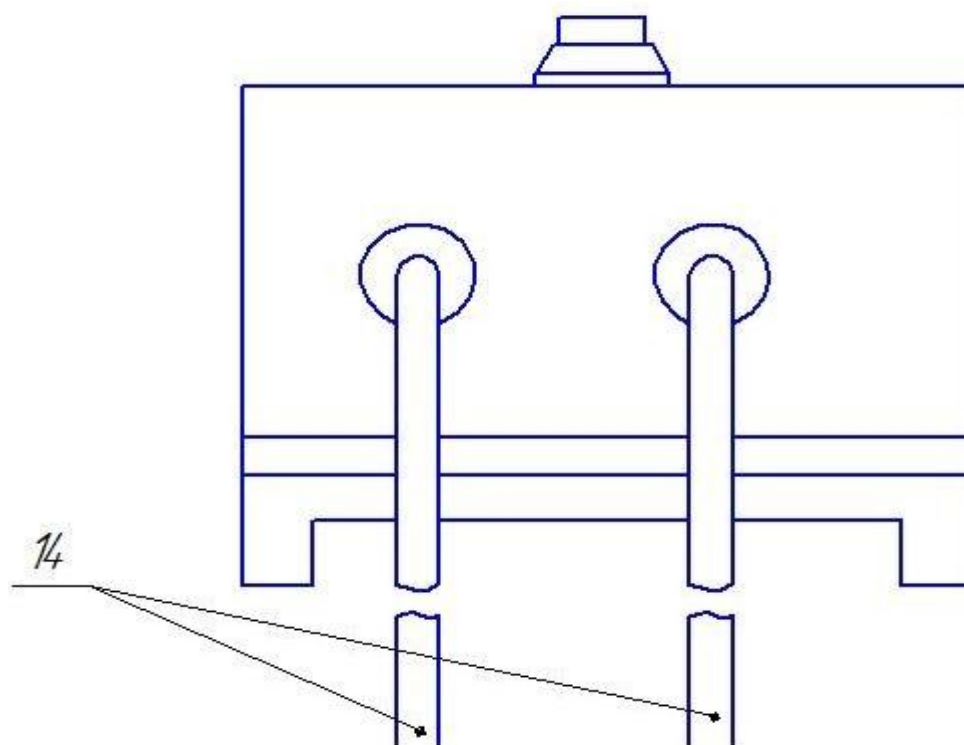


Рисунок 5.3 – Вид зверху

6 ЕЛЕМЕНТИ SMD

6.1 Резистори SMD

Резистори SMD загального призначення виготовляють з опором у межах від 0,1 (0) Ом до 10 МОм та потужністю від 0,05 до 2 Вт.

Спеціальні резистори з низьким опором виготовляються за SMD-технологією з кодом конструктивної форми 1206 та 2512. Номінальні значення опору таких резисторів знаходяться у межах від 0,001 Ом до 68 Ом, номінальна потужність - від 0,05 Вт до 2 Вт.

Високочастотні резистори SMD типу призначені для апаратури, що працює на частотах понад 10 МГц, кабелях, хвилеводах.

Через малі розміри резисторів SMD на них досить важко нанести маркування. У зв'язку з цим для них розроблений особливий **спосіб маркування**.

Найчастіше зустрічається маркування, яке містить три або чотири цифри, або дві цифри і букву, що має назву EIA-96.

При маркуванні з 3 і 4 цифрами перші дві або три цифри позначають чисельне значення опору резистора, а остання цифра показник множника. Ця остання цифра вказує ступінь, в яку необхідно звести 10, щоб отримати остаточний множник (рис. 6.1).

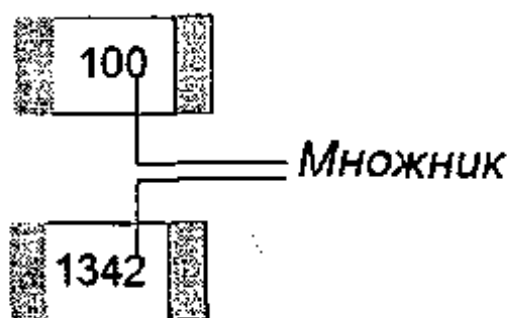


Рисунок 6.1 - Позначення множника для SMD резисторів

Наприклад:

- запис 100 означає $10 \cdot 10^0 = 10 \cdot 1 = 10$ Ом;
- запис 101 означає $10 \cdot 10^1 = 10 \cdot 10 = 100$ Ом;
- запис 1342 означає $134 \cdot 10^2 = 13400$ Ом = 13,4 кОм.

Буква "R" використовується для вказівки положення десяткового дробу для значень опору нижче 10 Ом (рис. 6.2).

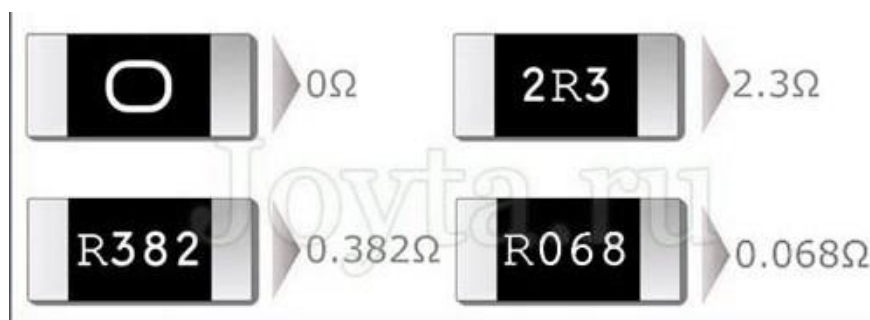


Рисунок 6.2 - Маркування низькоомних SMD резисторів

Наприклад:

- запис 0R5 = 0,5 Ом;
- запис 0R01 = 0,01 Ом.

SMD резистори підвищеної точності (прецизійні) в поєднанні з малими розмірами потребують ще більш компактного маркування.

У зв'язку з цим було створено стандарт EIA-96. Даний стандарт призначений для резисторів з допуском за опором в 1%.

Ця система маркування складається з трьох елементів: дві цифри вказують код номіналу резистора, а наступна за ними буква визначає множник. Дві цифри являють собою код, який дає тризначне число опору (див. табл. 6.1).

Наприклад, код 04 означає 107 Ом, а 60 відповідає 412 Ом. Множник дає кінцеве значення резистора, наприклад:

$$01A = 100 \text{ Ом} \pm 1\%$$

$$38C = 24300 \text{ Ом} \pm 1\%$$

$$92Z = 0.887 \text{ Ом} \pm 1\%$$

Розміри корпусів плоских SMD-резисторів стандартизовані і діляться на типорозміри. Типорозмір чіп-резистора вказують у вигляді чотирьох (рідше п'яти) цифр, які є кодом розміру. Зазвичай, в ньому записана довжина і ширина резистора в дюймах.

На ділі ж існує дві системи кодування розмірів SMD-компонентів (в тому числі і резисторів). В одній з них для кодування типорозміру використовується довжина і ширина компонента в дюймах, а в іншій - в міліметрах.

Таблиця 6.1 - Кодування SMD резисторів за стандартом EIA-96

Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value		
01	100	17	147	33	215	49	316	65	464	81	681		
02	102	18	150	34	221	50	324	66	475	82	698		
03	105	19	154	35	226	51	332	67	487	83	715		
04	107	20	158	36	232	52	340	68	499	84	732		
05	110	21	162	37	237	53	348	69	511	85	750	Code	Multiply factor
06	113	22	165	38	243	54	357	70	523	86	768	Z	0.001
07	115	23	169	39	249	55	365	71	536	87	787	Y/R	0.01
08	118	24	174	40	255	56	374	72	549	88	806	X/S	0.1
09	121	25	178	41	261	57	383	73	562	89	825	A	1
10	124	26	182	42	267	58	392	74	576	90	845	B/H	10
11	127	27	187	43	274	59	402	75	590	91	866	C	100
12	130	28	191	44	280	60	412	76	604	92	887	D	1'000
13	133	29	196	45	287	61	422	77	619	93	909	E	10'000
14	137	30	200	46	294	62	432	78	634	94	931	F	10'0000
15	140	31	205	47	301	63	442	79	649	95	953		
16	143	32	210	48	309	64	453	80	665	96	976		

Наприклад, дюймовий типорозмір 0805 - це те саме, що і 2012 в метричній системі. Насправді, метрична система зручніша, оскільки розміри в дюймах округлюються.

Для того ж типорозміру 0805 (0.08" x 0.05") довжина в міліметрах становить 2,0 мм, а ширина 1,2 мм. Якщо перевести величину довжини і ширини в дюйми, то отримаємо 0,0787 " (2,0 мм.) та 0,0472" (1,2 мм.). Ці значення округлюють, одержуючи 0,08" і 0,05" (типорозмір 0805). Найбільш поширеною є дюймова система кодування розміру SMD-корпусу, хоча вона і є застарілою.



Рисунок 6.3 - Зовнішній вигляд резистора SMD

Параметри деяких найбільш широко застосовуваних SMD резисторів, розміри яких відповідають наведеним на рисунку 6.3, наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Параметри SMD резисторів

Код		Номинал, R		l	w	h	Потужність, P
imp	metr	Ом	МОм	мм	мм	мм	Вт
0201	0603	0	1,2	0,6	0,3	0,25	0,050
0402	1005	0	10	1,0	0,5	0,35	0,062
0603	1608	0	10	1,6	0,8	0,45	0,100
0805	2012	0	10	2,0	1,2	0,45	0,125
1206	3216	0	10	3,2	1,6	0,55	0,250
1210	3225	0	10	3,2	2,5	0,55	0,500
1218	3246	0	10	3,2	4,6	0,55	1,000
2010	5025	1	10	5,0	2,5	0,60	0,750
2512	6332	1	0,1	6,3	3,2	0,60	1,000
2512*	6332	0,001...0,1 Ом		6,3	3,2	0,60	2,000

*точність 1%

Існують і інші типорозміри корпусів плоских SMD-резисторів, та їх кількість постійно збільшується.

На даний момент найменшим типорозміром є 0050 (inch).

Типорозміри 0202, 0303, 0404, 0505, 0606, 0808 нерідко мають чіп-резистори, які встановлюються в гібридні схеми або збірки.

Деякі SMD-резистори, наприклад, у серії IGBR (Vishay) мають контакти не на торцях підкладки, як це зроблено у звичайних чіп-резисторів, а на верхній і нижній стороні корпусу. Це так звані, Back-Contact Chip Resistors (рис. 6.4).

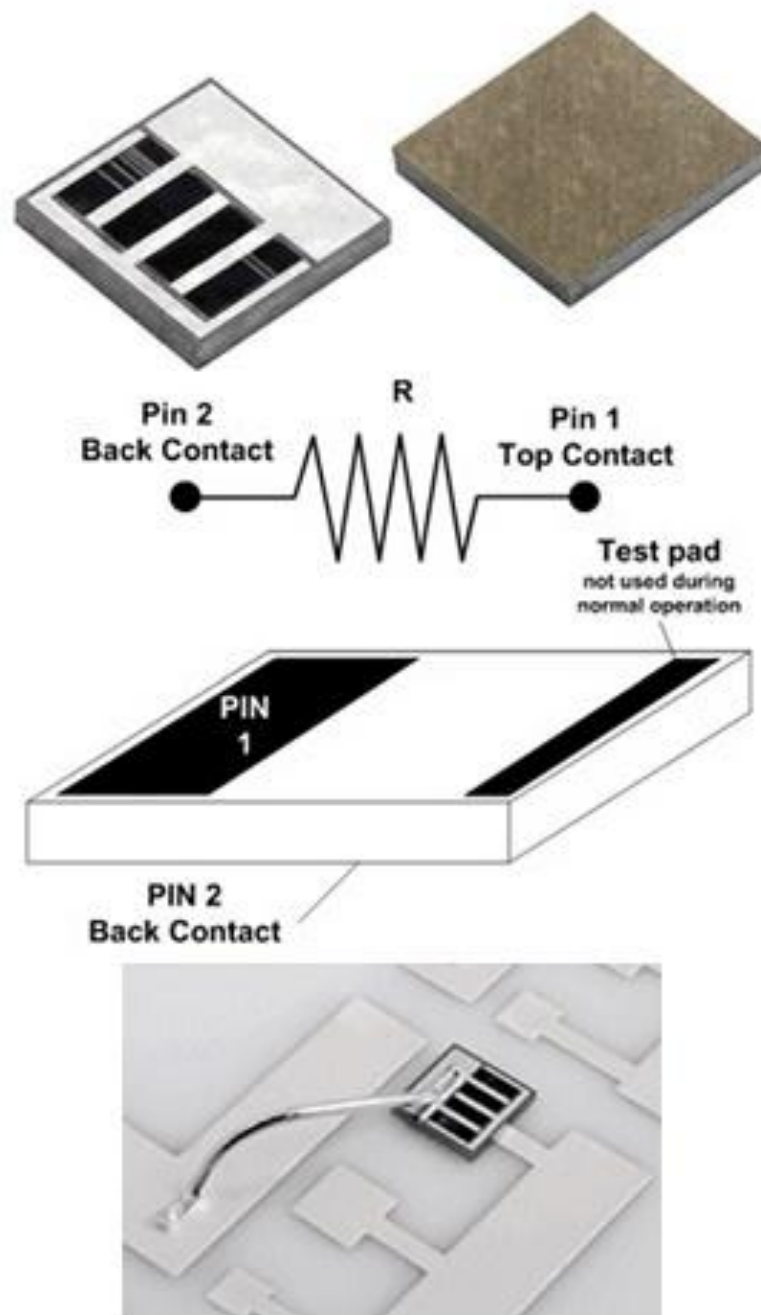


Рисунок 6.4 - Зовнішній вигляд Back-Contact Chip Resistors

Така конструкція дозволяє позбутися від одного з виводів, оскільки нижній контакт такого резистора приєднується до субстрату методом евтектичного сплаву або за допомогою провідної епоксидної смоли.

Типорозміри 0404 (0402 x 2), 0408 (0402 x 4), 0606 (0603 x 2), 0612 (0603 x 4), 1005 (0402 x 4), 1224 (1206 x 4) мають резисторні SMD-збірки.

На рисунку 6.5 наведена **резисторна збірка TC124-JR-07**, яка являє собою набір з чотирьох резисторів 0402 у корпусі 0804.

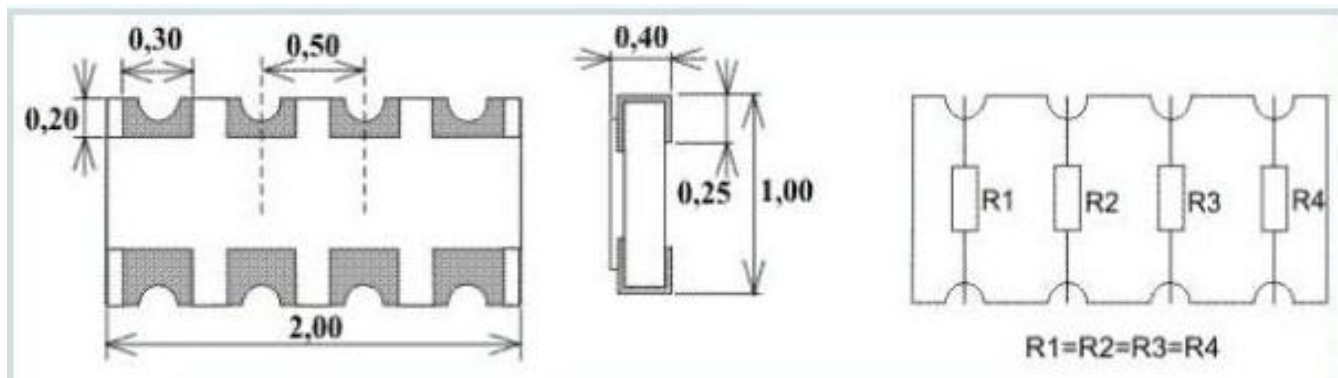


Рисунок 6.5 - Зовнішній вигляд резисторної збірки TC124-JR-07

Номінал кожного резистора збірки від 220 Ом до 10 кОм, номінальна потужність 0,0625 Вт. Промисловістю випускаються також **підстроювальні SMD-резистори** (рис. 6.6) та **терморезистори** з від'ємною залежністю опору від температури (рис. 6.7).

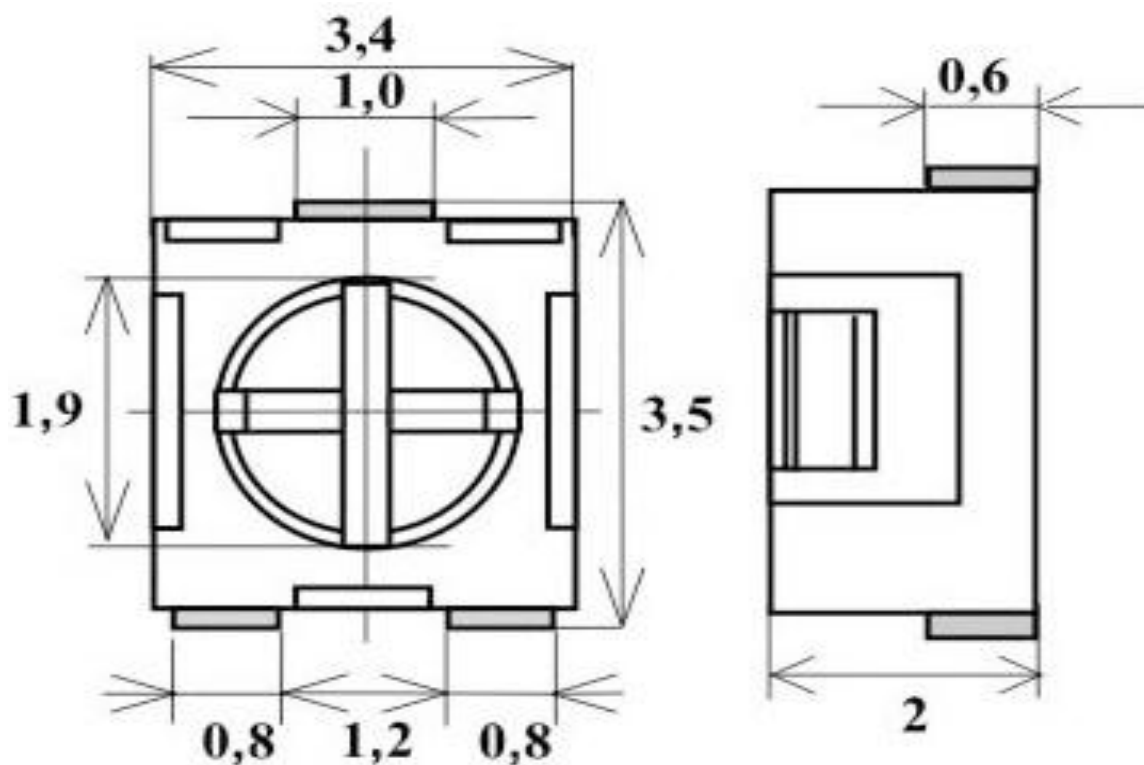
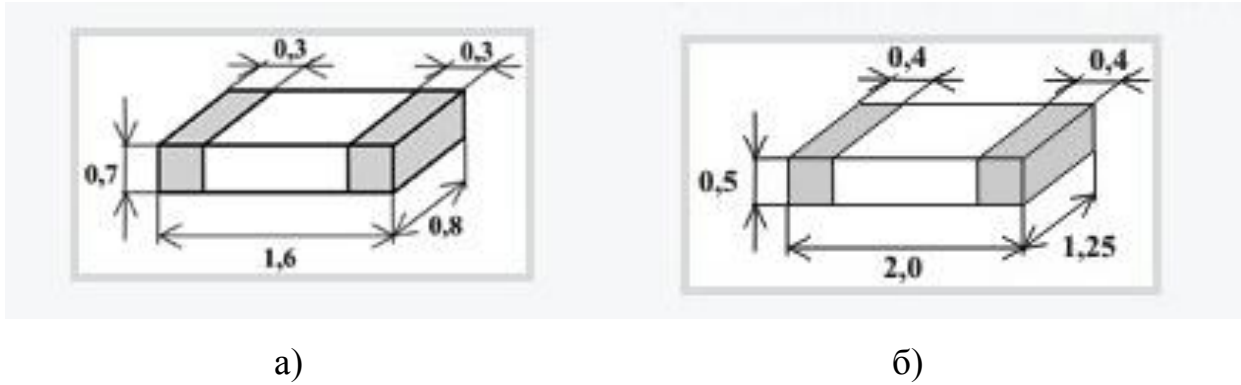


Рисунок 6.6 - Підстроювальний SMD-резистор ST32

Номінальний опір SMD-резистора ST32 від 100 Ом до 1 МОм, номінальна потужність 0,125 Вт.



а) - терморезистор EWTF03 типорозміру 0603

б) - терморезистор EWTF05 типорозміру 0808

Рисунок 6.7 - SMD терморезистори

6.2 Конденсатори SMD

Наступного часу випускаються керамічні та полярні кондекнсатори SMD, а також декілька видів підстроювальних конденсаторів.

Керамічні конденсатори SMD маркуються кодом, що складається з одного або двох символів і цифри. Перший символ, якщо він є - код виробника (наприклад, К для Кемет, і т.д.), другий - мантиса, а цифра - показник ступеня ємності у пФ. Коди мантис наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Коди мантис у маркуванні конденсаторів SMD

Буква	Мантисса	Буква	Мантисса	Буква	Мантисса
A	1.0	L	2.7	T	5.1
B	1.1	M	3.0	U	5.6
C	1.2	N	3.3	m	6.0
D	1.3	b	3.5	V	6.2
E	1.5	P	3.6	W	6.8
F	1.6	Q	3.9	n	7.0
G	1.8	d	4.0	X	7.5
H	2.0	R	4.3	t	8.0
J	2.2	e	4.5	Y	8.2
K	2.4	S	4.7	y	9.0
a	2.5	f	5.0	Z	9.1

Наприклад:

- S3 означає конденсатор від невідомого виробника ємністю $4,7 \cdot 10^3$ пФ;
- KA2 означає конденсатор від фірми Кemet ємністю $1,0 \cdot 10^2$ пФ.

Зовнішній вигляд керамічного конденсатора SMD наведений на рисунку 6.8.

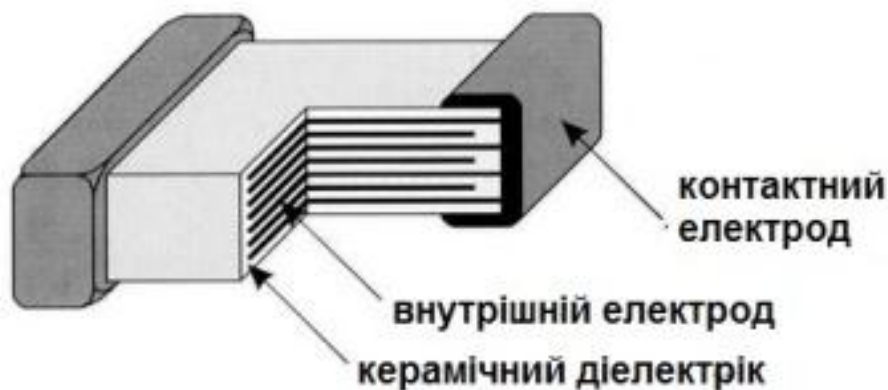


Рисунок 6.8 - SMD конденсатор з керамічним діелектриком

У конденсаторах використовуються різні типи діелектриків, такі як NP0, Z5U, Y5V і X7R.

Застосування того чи іншого діелектрика дає дещо різні властивості конденсатора. Відповідно він може бути більшій ємності, але також мати велику похибкою номінального значення або великий температурний коефіцієнт ємності.

У ланцюгах загального призначення зазвичай використовуються конденсатори з діелектриками X7R і Z5U.

За стандартом EIA маркуються конденсатори на основі діелектрика з високою проникністю. Вони позначаються трьома символами. Два перших символи (буква і цифра) позначають температурний робочий діапазон, перший символ відповідає нижній межі температури, а другий відповідно верхній. Останній символ вказує на точність конденсатора. Коди маркування конденсаторів за стандартом EIA наведені у таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Коды маркування конденсаторів за стандартом EIA

Температурний діапазон				Зміна ємності	
Перший символ	Нижня границя	Другий символ	Верхня границя	Третій символ	Точність
Z	+10°C	2	+45°C	A	±1.0%
Y	-30°C	4	+65°C	B	±1.5%
X	-55°C	5	+85°C	C	±2.2%
		6	+105°C	D	±3.3%
		7	+125°C	E	±4.7%
		8	+150°C	F	±7.5%
		9	+200°C	P	±10%
				R	±15%
				S	±22%
				T	+22,-33%
				U	+22,-56%
				V	+22,-82%

Наприклад, код Z4B означає, що температурний діапазон для даного конденсатора складає від +10°C до +65°C, а точність $\pm 1,5\%$.

Маркування **електролітичних конденсаторів SMD** відрізняється від маркування керамічних.

Зазвичай у електролітичних SMD конденсаторів ємність і робоча напруга позначається їх точним записом на корпусі, наприклад 20 12V означає конденсатор з ємністю 20 мкФ та напругою 12В.

Але в деяких випадках для цього вводиться код, в який входить буква і три цифри. Буква позначає робочу напругу, дві цифри - ємність в пФ, а остання цифра є

множником - ступенем десяткової основи. Додаткові позначення на корпусі (зазвичай, смуга) вказують на полярність конденсатора, як правило "+". Коди робочих напруг для електролітичних SMD конденсаторів наведені у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 - Коди робочих напруг для електролітичних SMD конденсаторів

Буква кода	e	G	J	A	C	D	E	V	H
Робоча напруга, В	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	20,0	25,0	35,0	50,0

Наприклад C565 означає конденсатор ємністю $5,6 \cdot 10^6$ пФ на напругою 16 В.

Існують і інші способи маркування електролітичних SMD конденсаторів.

Ємність і робоча напруга **танталових** SMD конденсаторів позначаються їх прямим записом, наприклад 47 6V - 47 мкФ 6В.

Керамічні SMD конденсатори випускаються у таких самих корпусах, що і резистори, та мають аналогічні позначення типорозмірів корпусів.

Керамічні чіп конденсатори типорозміру 0201 мають найменші геометричні розміри. Цей типорозмір керамічних конденсаторів зручний для застосування в ланцюгах живлення. Внаслідок численного використання блокувальних конденсаторів на одній друкованій платі їх малий розмір дозволяє зменшити площу РСВ і знизити вимоги до ширини провідників.

Блокувальні конденсатори SMD 0201 рекомендується застосовувати при трасуванні мікросхем в BGA корпусах.

Для автоматичного складання, де немає жорстких вимог до зменшення габаритів, рекомендується використання керамічних конденсаторів 0402.

При виготовленні електронних модулів, що допускають неавтоматизоване складання і для ланцюгів, що потребують значних ємностей, використовуються керамічні конденсатори 0603 і 0805.

У високовольтних ланцюгах використовуються конденсатори 1206 і 1210.

Для роботи в ланцюгах змінного струму напругою до 250В японська компанія "Мурата" випускає спеціальні високовольтні конденсатори, сертифіковані за класом безпеки.

У ланцюгах, що допускають застосування полярних конденсаторів і вимагають значних значень ємностей, використовуються танталові і алюмінієві конденсатори для поверхневого монтажу.

Окрім резисторів та конденсаторів промисловістю випускається ще багато типів електрорадіоелментів та пристроїв функціональної електроніки - активних та пасивних, у дискретному та інтегральному виконанні.

Їх асортимент постійно поповнюється.

7 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Розрахунок надійності

Розрахунок надійності проводиться з метою з'ясувати, чи достатня час зможе працювати пристрій без поточного або профілактичного ремонту. Виходячи з результатів розрахунку надійності, можна обчислити приблизну тривалість роботи, наприклад, в роках, що буде також підставою для призначення гарантійного терміну експлуатації.

Зазвичай виробник дає гарантію на термін, який менше розрахункового. Це обумовлено тим, що виробник намагається уникнути гарантійного обслуговування, а значить і великих витрат на утримання сервісних відділів.

Крім того, розрахунок надійності може показати, що прилад абсолютно не готовий до запуску у виробництво в зв'язку з дуже коротким середнім терміном експлуатації. При цьому у виробника виникає необхідність створювати об'ємні пакети ЗІП до кожного пристрою, містити велику кількість сервісних центрів по ремонту.

Складності, що призводять до різкого зростання вартості виробів. У цьому випадку застосовуються різні заходи щодо підвищення надійності: застосування більш досконалої елементної бази, заміна деяких схемотехнічних рішень для виключення найменш надійних елементів, передбачається експлуатація у сприятливих режимах і ін.

Методика розрахунку полягає в тому щоб, знаючи інтенсивність відмови кожного конкретного елемента, визначити загальну інтенсивність відмови у всьому пристрої. Розрахункові дані і результати розрахунку заносяться в таблицю 7.1. Далі виробляємо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи системи за цікавий час. За результатами розрахунку будемо графік (рисунок 7.1).

Таблиця 7.1 - Результати розрахунку надійності

Елемент	Позначення	Кількість, n	$\lambda_{i, 1/\text{год}}$	$\lambda_{i \cdot n, 10^{-6}}$ 1/год
Фототранзистор	BL1, BL2	2	0,15E-06	0,30
Мікроконтролер PIC16F876A	DD1	1	0,02E-06	0,02
Конденсатори 293D107X96R3A2TE3	C1	1	0,17E-06	0,17
Конденсатори CL05B104KO5NNNC	C2	1	0,02E-06	0,02
Індикатор знаковий АЛС3336	HG1-HG3	3	0,42E-06	1,46
Світлодіод BL-L314IRBB	HL1,HL2	2	0,034E-06	0,068
Резистори C2-23	R1- R16	16	0,04E-06	0,64
Кнопки PBS-11A/B	SB1,SB2	2	0,16E-06	0,32
Транзистор КТ315	VT1- VT3	3	0,04E-06	0,12
Гніздо DS-210	XS1	1	0,01E-06	0,01
Інтенсивність відказів, λ	3,13E-06			
Напрацювання на відмову, T, год	319488			
Термін роботи, років	36,5			

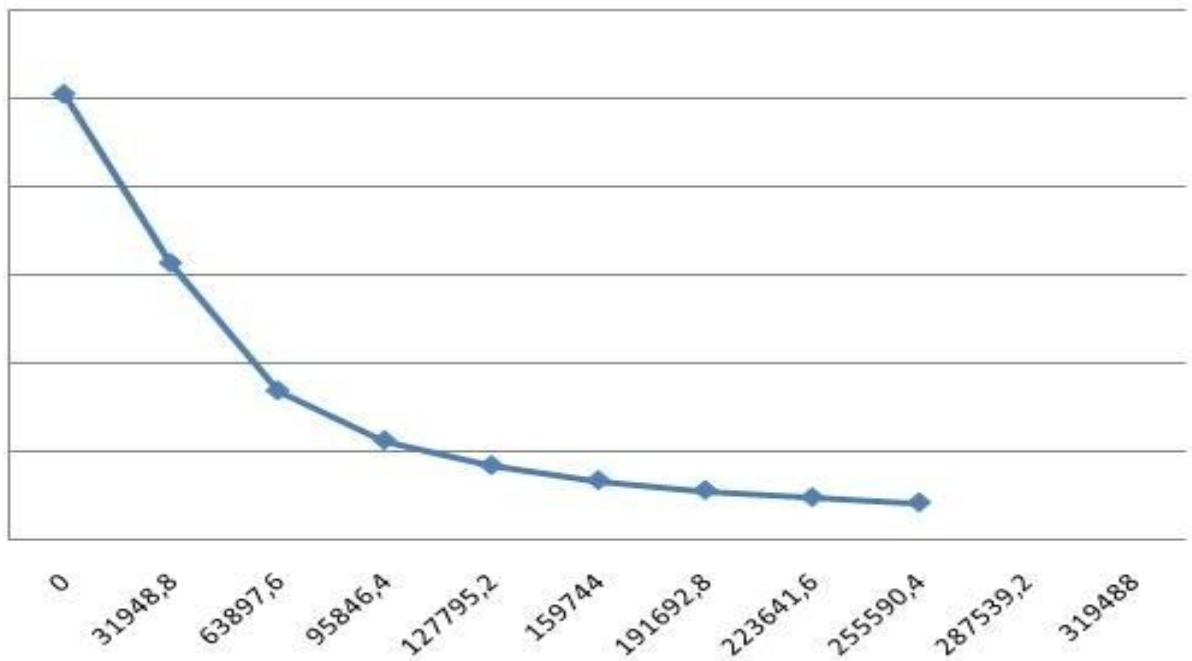


Рисунок 7.1 - Графік ймовірності безвідмовної роботи системи за цікавий час

Виходячи з отриманого графіка ймовірності безвідмовної роботи виробу, можна дати рекомендації щодо гарантійного терміну виробу тривалістю в 2 роки.

7.2 Розрахунок коефіцієнта заповнення плати

Коефіцієнт заповнення плати визначається за формулою:

$$K_{zn} = \frac{S_{эф}}{S_{общ}}$$

$S_{эф}$ - ефективна площа плати, мм;

$S_{общ}$ - загальна площа плати, мм.

Загальна площа плати визначається геометричними розмірами плати.

$$S_{общ} = 130 * 85 = 11050 \text{ мм}$$

Ефективна площа плати визначається за формулою:

$$S_{эф} = \sum_{i=1}^n S_i K_i + S_{техн}$$

S_i - площа і-го елемента, мм;

K_i - кількість елементів одного типорозміру;

n - кількість груп типорозмірів елементів;

$S_{техн}$ - площа технологічних полів плати (площа необхідна для закріплення плати), мм.

Елементи одного типорозміру - елементи з однаковими габаритними і установочними розмірами, і встановлені по одному варіанту.

Площа технічних полів включає в себе площі ділянок плати, що використовуються для її закріплення.

$$S_{техн} = 3\left(a + \frac{d}{2} + 0,5\right)\left(b + \frac{d}{2} + 0,5\right)$$

де a, b - відстань від країв плати до центру кріпильного отвору, мм;

d - максимальний діаметр кріпильного елемента, мм.

$$K_{зп} = \frac{822+500+1536+250+120+360}{11050} = 0,32$$

Перевіряємо необхідну умову. Якщо $K_{зп} \geq (0,6 \dots 0,7)$, то плата скомпонована вдало. При $K_{зп} < (0,6 \dots 0,7)$ необхідно змінити компоновку для більш ефективного використання площі.

Для плат з великою кількістю мікросхем $K_{зп} \geq (0,25 \dots 0,3)$.

Коефіцієнт заповнення дорівнює 0,32.

Дане значення коефіцієнта заповнення є недостатнім, тому даний виріб може бути оптимізовано шляхом виконання більш компактного рисунка друкованої плати і зміни компонування елементів друкованого вузла.

ВИСНОВКИ

В ході виконання курсового проекту були виконані наступні роботи для розробки лічильника прохідного:

- визначено призначення і принцип дії пристрою;
- перераховані технічні вимоги до пристрою:
 - а) експлуатаційні вимоги;
 - б) вимоги технологічності;
 - в) вимоги надійності;
 - г) вимоги ергономіки;
 - д) вимоги техніки безпеки;
- перераховані технічні рішення;
- наведено обґрунтування вибору конструкції пристрою;
- дано опис конструкції;
- проведені конструкторські розрахунки:
 - а) розрахунок коефіцієнта заповнення плати;
 - б) розрахунок надійності.

При розробці пристрою були знайдені переваги і недоліки, проаналізувавши які, можна зробити висновок, що даний пристрій відповідає вимогам, що пред'являються до нього, буде користуватися попитом і може бути запущено у виробництво. Очевидною особливістю розробленого пристрій є та обставина, що пристрій дозволяє стабілізувати напругу мережі в широкому діапазоні, налаштовувати верхні і нижні межі діапазону, а також відключати роботи навантаження в разі виходу значень напруги мережі за введений діапазон.

Тому користувач може використовувати пристрої для проміжного підключення через нього різних дорогих пристроїв не побоюючись за їхню безпеку в разі сильних перепадів напруги мережі.

Виходячи з конструкторських розрахунків, виріб може працювати безвідмовно протягом 2 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Дасоян М.А. и др. «Стартерные АБ: Устройство, эксплуатация, ремонт.
– М.: Транспорт, 1993,242с.»
- 2 Методические указания к циклу лабораторных работ по курсу КРЭС
«Системный анализ» для студентов всех форм обучения специальностей 7.091.002 и 7.091.701 /Составители: Перегрин Г.Р., Поспеева Е.И, Башмакова Л.И – Запорожье: ЗГТУ, 1997-36с.
- 3 Методические указания по расчету надежности РЭА в дипломных и курсовых проектах радиотехнических специальностей. – Запорожье: ЗГТУ, 1991. – 40с.
- 4 Гель П.П., Иванов-Есепович Н.К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для ВУЗ-ов. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение. 1984. – 536с.
- 5 Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». – М.: Высш.шк., 1984. – 247с., ил.
- 6 Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы/ В.Л.Соломаха, Р.И.Томилин, Б.В.Цитович, Л.Г.Юдин. – Мн.: Высш.шк.,1988. – 272с.
- 7 ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды.
- 8 ГОСТ 11478-88 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Технические требования и методы испытаний в части механических и климатических воздействий.
- 9 ГОСТ 12.2.006 – 87 . Требования безопасности и методы испытаний.