Зміст

Змн.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

1

*ДК41.402142.001ПЗ*

Розробив

Білаш Б.О.

Перевірив

Адаменко І.О.

Реценз.

Н. Контр.

Губар В.Г.

Затвердив

Губар В.Г.

Цифровий тахометр

Пояснювальна записка

Літ.

Аркушів

52

НТУУ «КПІ»

Технічне завдання 3

Вступ 8

Розділ 1. Опис та аналіз схеми електричної принципової 9

Розділ 2. Вибір елементної бази. Посадкові місця ІС 11

2.1 Вибір елементної бази 11

2.2 Посадкові місця 17

Розділ 3. Розміщення КЕ в монтажному просторі плати 21

Розділ 4. Вибір друкованої плати 27

4.1 Вибір типу та матеріалу ДП 27

4.2 Вибір класу точності ДП 29

4.3 Обґрунтування методу виготовлення ДП 31

4.4 Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів ДМ 32

4.4.1. Мінімальна ширина для ланцюгів живлення і землі 32

4.4.2. З урахуванням допустимого падіння напруги 35

4.4.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору 35

4.4.4. Визначення діаметра контактної площини 36

4.4.5. Визначення мінімальної ширини провідника 37

4.4.6. Мінімальна відстань між провідником і площиною 37

4.4.7. Мінімальна відстань між двома сусідніми провідниками 38

4.4.8. Мінімальна відстань між двох контактних площин 39

Розділ 5. Електричний розрахунок друкованої плати 40

5.1. Падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику 40

5.2. Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати 40

5.3. Визначення ємності між двома сусідними провідниками 41

5.4. Взаємна індуктивність двох провідників однакової довжини 41

Розділ 6. Розрахунок надійності друкованого вузла 44

Розділ 7. Проектування друкованих плат у середовищі Altium Designer 50

**Технічне завдання.**

1. **Найменування та галузь використання.**

Цифровий тахометр. Тахометр використовується при регулювальних операціях з електронними блоками запалювання двигуна автомобіля, при точній установці порогів спрацьовування економайзера та ін. Використовується як переносний вимірювальний прилад в автомайстерні або гаражі. Але не використовується в якості бортового (встановленого на приладовому щитку автомобіля) [2].

**2. Підстава для розробки.**

Підставою для проведення курсового проекту є завдання, що видане викладачем згідно учбового плану на 6 семестр.

**3. Мета і призначення розробки.**

Розроблення високоефективного, малогабаритного, цифрового тахометра. Призначений для вимірювання частоти обертання колінчастого валу чотирициліндрового автомобільного бензинового двигуна. Прилад може бути використаний як для регулювальних робіт на холостому ході, так і для оперативного контролю частоти обертання валу двигуна під час руху.

**4. Джерело розробки.**

Враховуючи те, що дана тема проекту розробляється не вперше, в якості джерела розробки береться розроблений раніше проект. В якості матеріалу взято статтю “Цифровой тахометр” з журналу «Радио» 11-1997 [1].

**5. Технічні вимоги**

**5.1. Склад виробу й вимоги до пристрою, що розробляється.**

Пристрій являє собою моноблочну конструкцію. Сигнал на вхідний вузол тахометра надходить з контактів переривника автомобіля.

**5.2. Показники призначення.**

Пристрій повинен забезпечувати:

• цифрову обробку результатів вимірювання

• розрахунок кінцевого результату

**5.3. Вимоги до надійності.**

Середній час напрацювання на відмову повинен бути на менше 35000 год.

**5.4. Вимоги до технологічності.**

Орієнтовані на передові прийоми виготовлення деталей і складання.

**5.5. Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації.**

Для виготовлення пристрою передбачається максимальне застосування стандартних, уніфікованих деталей та виробів.

**5.6. Вимоги безпеки обслуговування.**

Керуватися загальними вимогами безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 12.2.007-75.

**5.7. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних й експлуатаційних матеріалів.**

Для виробництва пристрою використовують матеріали імпортного виробництва.

**5.8. Умови експлуатації.**

Кліматичне виконання УХЛ.4.1 по ГОСТ 15150-69.

**5.9. Вимоги до транспортування і зберігання.**

Група умов зберігання Л1 по ГОСТ 15150-69. Зберігати в зачинених, опалювальних та вентильованих приміщеннях, в яких забезпечуються наступні умови: температура повітря +5…+40oС, відносна вологість повітря 60% при 20oС (середньорічне значення), атмосферний тиск 84…106кПа.

Транспортувати автомобільним, залізничним або авіаційним видами транспорту.

**5.10. Додаткові технічні вимоги.**

Технічні характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| Число розрядів індикатора | 3 |
| Максимальна похибка вимірювання | ±0,05% |
| Габаритні розміри | Не більше 100х80х20 |
| Маса | не більше 150г |
| Живлення | 12В±5% |

**6. Результати роботи**

**6.1.** Результати даної роботи можуть бути використані як вихідна документація по створенню прототипу пристрою, його програмування, налагодження й подальшого впровадження в серійне виробництво.

**6.2.** Дана робота (звітна документація) після виконання надається на кафедру КЕОА для подальшого захисту й зберігання як навчальної документації.

**7. Робота повинна містити в собі документи**

• Пояснювальну записку (формату А4, до 60 аркушів)

• Схему електричну принципову та перелік елементів (формату А3, А4 відповідно)

• Складальне креслення та специфікацію (формату А2, А4 відповідно)

• Креслення друкованої плати (формату А2)

**8. Порядок розгляду й приймання роботи**

Порядок розгляду й приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА. Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах. У процесі виконання роботи проміжні звіти надаються комісії не рідше 1 раз у тиждень на загальних умовах.

**9. Економічні показники**

В умовах даного проекту не розглядаються.

**10. Етапи розробки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Назва етапів виконання курсового проекту | Час виконання етапів проекту |
| 1 | Розробка технічного завдання | 16.02-24.02 |
| 2 | Аналіз технічного завдання | 24.02-16.03 |
| 3 | Схемо-технічне проектування | 01.04-16.04 |
| 4 | Виконання креслення схеми електричної принципової | 16.03-13.04 |
| 5 | Вибір елементної бази та друкованої плати | 24.02-01.03 |
| 6 | Проектування у Altium Designer | 13.02-24.05 |
| 7 | Конструкторсько-технологічні розрахунки. Електричний розрахунок друкованої плати | 24.02-16.05 |
| 8 | Розрахунок надійності | 16.05-16.05 |
| 9 | Виконання креслення друкованої плати | 12.05-18.05 |
| 10 | Виконання складального креслення друкованого вузла | 12.05-18.05 |
| 11 | Оформлення пояснювальної записки | 19.05-24.05 |

**Вступ**

Головною метою даного курсового проекту є отримати практичні навики з поетапного конструювання електронних пристроїв. Для набуття практичних навичок був обраний цифровий тахометр. Принципова схема не проектується з нуля, а вже береться готова, по якій планується покрокова розробка приладу.

Під час написання курсового проекту виконується повний аналіз та розрахунок схеми, елементів, різні варіанти як покращити пристрій частково або взагалі.

Йде аналіз різних елементів та обирання з них найбільш кращих. В результаті було обрано більшість елементів по технології SMD, тому що ця технологія є більш сучасною та надійнішою. Основні елементи розміщують по матриці елементів для забезпечення максимально коректної взаємодії з іншими елементами на платі.

Для аналізу довготривалості роботи приладу робиться розрахунок надійності та порівняння його з умовами ТЗ.

**Розділ 1. Опис та аналіз схеми електричної принципової.**

Функціонально прилад складається з кварцового генератора, зібраного на мікросхемі DD1, вхідного вузла на транзисторі VT1, потроювача частоти вхідних імпульсів на елементах DD2.1-DD2.3 і лічильника DD3, лічильників DD4-DD6, перетворювачів коду DD7-DD9, цифрових індикаторів HG1- HG3 і стабілізатора напруги живлення ОА1. Сигнал на вхідний вузол тахометра надходить з контактів переривника.

При розмиканні контактів переривника транзистор VT1 відкриється, перемкне тригер DD2.1, DD2.2 і відкриє елемент DD2.3. Лічильники DD3 і DD4 почнуть рахунок імпульсів частотою 1 024 Гц. За спаду третього вхідного імпульсу лічильника DD3 на його виході 2 сформується імпульс, який перемкне тригер DD2.1, DD2.2 в початковий стан, елемент DD2.3 виявиться знову закритим, а лічильник DD3 - обнуленим. При наступному імпульсі з переривника процес повториться. Таким чином, при кожному розмиканні контактів переривника число, записане в ланцюг лічильників DD4-DD6, буде збільшуватися на 3.

Процес запису буде тривати протягом секунди, тобто до того моменту, коли на виході S1 лічильника DD1 з'явиться черговий позитивний перепад напруги. У цей момент інформація, що накопичилася в лічильниках DD4-DD6, буде переписана в буферні регістри перетворювачів коду DD7-DD9, а незабаром лічильники DD4-DD6 обнулять по входу R сигнал з ланцюга C5R9. Відразу після спаду імпульсу високого рівня на вході лічильників DD4-DD6 почнеться новий цикл запису і т. д. Для забезпечення необхідної тимчасової затримки між моментами перезапису інформації з лічильників DD4-DD6 в буферні регістри перетворювача коду DD7-DD9 і обнулення лічильників служить диференціювання ланцюга C3R6 , C4R8, C5R9 і елемент DD2.4.

Потроєння частоти імпульсів, що надходить з переривника, необхідно для отримання відповідності між показаннями індикатора і частотою обертання колінчастого вала двигуна в хв-1. Так як час рахунку вхідних імпульсів дорівнює 1 с, то в лічильники запишеться, а потім буде виведено на індикатори число , де N - частота обертання колінчастого вала в хв-1, 2N - частота іскроутворення. При частоті обертання валу 3000 хв-1 показання індикатора будуть 3.00.

**Розділ 2. Вибір елементної бази. Посадкові місця ІС.**

**2.1 Вибір елементної бази.**

Вибір елементної бази проводиться на основі схеми електричної принципової з урахуванням викладених у ТЗ умов і вимог.

***Вибір мікросхем***

Вибір та обґрунтування елементної бази.

Вибір елементної бази буде здійснюватися методом вибору ІС по матриці параметрів.

Для прикладу буде розглянуто вибір необхідної ІС з 4, котрі складаються з 4 логічних елементів 2І-НІ різних серій (CD4011A, К176ЛА7, К561ЛА7, КР1533ЛА3), які повністю аналогічні по своїй функціональності.

Таблиця 2.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Серія ІС | Параметри | | | | |
| Vccmax, V | Uomin,V | Iomax,uA | tpd, ns | Price, $ |
| CD4000 | 15 | 9,95 | 0,15 | 100 | 0.12 |
| К176 | 9 | 8,2 | 0,3 | 220 | 0,042 |
| К561 | 15 | 9,2 | 1,3 | 80 | 0,17 |
| КР1533 | 4,5 | 2,5 | 0,7 | 11 | 0,25 |
| Ваговий коеф bj | 0,3 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 0,1 |

Вибираємо вагові коефіцієнти у відповідності до важливості параметру. Важливість параметру обрана з економічних показників. З серед обраних параметрів найбільш важливим є напруга живлення, так як вона впливає на споживану потужність мікросхеми, тому має найбільший ваговий коефіцієнт.

Складаємо матрицю параметрів |X| згідно таблиці 1. та заносимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | - | - | - | - |
| 15 | 9,95 | 0,15 | 100 | 0.12 |
| 9 | 8,2 | 0,3 | 220 | 0,042 |
| 15 | 9,2 | 1,3 | 80 | 0,17 |
| 4,5 | 2,5 | 0,7 | 11 | 0,25 |

Аналізуємо параметри (стовпчики) матриці та приведемо їх до такого вигляду, щоб більшому значенню параметра відповідала найкраща якість ІС. Параметри, що не задовольняють цій умові, перераховуються за формулою:

– кількість вибраних ІС

– кількість параметрів ІС.

Параметри, які більшому значенню не відповідає найкраща якість матриці |X|, позначені «-».

Тоді матриця приведених параметрів |Y| приймає вигляд:

Таблиця 2.3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 15 | 0,1 | 6,667 | 0,01 | 8,333 |
| 9 | 0,122 | 3,333 | 0,0045 | 23,81 |
| 15 | 0,109 | 0,769 | 0,0125 | 5,882 |
| 4,5 | 0,4 | 1,429 | 0,091 | 4 |

Далі матрицю |Y| приведемо до матриці |A| - нормованих параметрів. Нормування параметрів виконуємо за наступною формулою:

Де – максимальний елемент у стовпчику;

– поточне значення елементу у стовпчику |Y|.

Таблиця 2.4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 0,75 | 0 | 0,89 | 0,65 |
| 0,4 | 0,695 | 0.5 | 0,95 | 0 |
| 0 | 0,7275 | 0,885 | 0,0125 | 0,753 |
| 0,7 | 0 | 0.786 | 0 | 0,832 |

Для узагальненого аналізу системи параметрів вводимо оцінюючу функцію.

*bj* – ваговий

QCD4000=0\*0,3+0,75\*0,25+0\*0,15+0,89\*0,2+0,65\*0,1=0+0,1875+0+0,178+0,065=0,4305

Таблиця 2.5

|  |  |
| --- | --- |
| Серія ІС | Q |
| CD4000 | 0,4305 |
| К176 | 0.55875 |
| К561 | 0.392425 |
| КР1533 | 0.4114 |

Визначивши Qi для кожної з порівнюваних серій ІС, виберемо ту серію, яка найбільш задовольняє вимогам, що пред’являються до ЕОА. Меншому значенню Q відповідає краща серія ІС.

З аналізу робимо висновок, що найкраще підходить серія К561, але не дуже значно. Практично всі ІС знаходяться біля одне одного.

Але за таку якість ця серія і коштує найдорожче за всіх. Хоча так як виріб не піде в серійне виробництво, то це не дуже важливо.

З представлених ІС лише CD4000 є імпортною, та її виробником є корпорація Texas Instruments, котра на міжнародному ринку закріпилась як гарант надійності.

Тому з цих причин обираємо в серійне виробництво саме цю ІС.

Тепер виберемо інші складові для пристрою.

Ряд інших ІС, котрі використовуються, виготовляє також компанія TI, тому вибираємо їх. Це мікросхеми CD4511B, CD4017A, CD4071B, TC5971.

MM5368 виготовляє корпорація National Semiconductor, яка є підрозділом Texas Instruments.

***Вибір резисторів***

При виборі типу резистора враховуємо наступні параметри: номінальний опір, нормований допуск, розсіювана потужність, робоча температура, тип резистора, максимальна робоча напруга, спосіб монтажу.

Виходячи з вимог викладених в ТЗ і схеми електричної принципової, вибрали потрібний тип резисторів. Будемо використовувати резистори SMD 0805 5%. У пристрої використання високоточних резисторів недоцільно, тому допуск ± 5% підходить. Потужність 0,125Вт. Робоча температура -55 ° C ... + 125 ° C з великим допуском покриває температурний режим роботи резисторів в пристрої. Максимально робоча напруга 12В, є більш, ніж достатнім для коректної роботи пристрою.

***Вибір конденсаторів***

При виборі конденсатора для конкретного пристрою враховуємо наступні параметри: необхідне значення ємності конденсатора, робоча напруга конденсатора, необхідна точність, тип конденсатора, робоча температура, спосіб монтажу.

Аналізуючи дані параметри, вибрали конденсатор, який буде задовольняти всі вимоги викладені в ТЗ і схемою електричної принципової. Зупиняємо свій вибір на керамічних конденсаторах 0805 50В X7R 10%. Конденсатор має точність ± 10%. Робоча напруга на 50 В. Діапазон робочих температур: від -55 ° C до +125 °C. SMD компонент. Даний конденсатор широко поширений, характеризується високою стабільністю ємності, широким діапазоном робочих температур, невисокою вартістю.

***Вибір діодів***

Вибираємо діод BAS316 SMD. В джерелі [1] запропоновано використати діод КС133А. Діод BAS316 є зарубіжним аналогом КС133А.

***Вибір транзисторів***

Вибираємо транзистор BFP720, тому що з усіх зарубіжних аналогів К315Б він має найбільшу надійність, необхідну точність, та має SMD корпус з підложкою для відводу температурі..

***Вибір індикаторів.***

Обираємо UQB71/A, тому що він є єдиним аналогом індикатора АЛ304Г.

***Вибір стабілізаторів напруги.***

На стабілізаторі вихідна напруга повинна дорівнювати 9В. Відповідно, для такої напруги обираємо стабілізатор L7809CV.

***Вибір кварцевих резонаторів.***

Резонатор у схемі працює на частоті 32768 Гц. Схема не працює на високих температурах. Тому обираємо резонатор JTX520. Він працює на менших температурах, ніж інші резонатори цієї серії, але має менший розмір. В даному випадку цей параметр має більший ваговий коефіцієнт.

**2.2 Посадкові місця.**

Посадкові місця ІС визначається видом корпусу, який характеризується його габаритними і приєднувальними розмірами, числом виводів і розташуванням їх відносно площини корпусу. Виводи мікросхеми можуть розташовуватися в площині підстави корпусу (планарні) або бути перпендикулярними йому (штирьові).

У пристрої використовуємо DIP та SMD мікросхеми. Вибір SMD типу компонентів був зроблений виходячи з великої кількості переваг. Основною перевагою є зменшення розмірів тіла, а отже збільшення щільності розміщення компонентів і зменшення габаритів, маси пристрою. Де не вдалося знайти SMD корпус – було поставлено DIP. Для подальшого монтажу ІС на друкованій платі, розглянемо посадочні місця для CD4017A, CD4511B, MM5368. Посадкові місця для всіх цих мікросхем зображено на Рис.1.1.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 2.1. Посадкові місця для CD4017A, CD4511B, MM5368  Мікросхема CD4071B має повністю ідентичну будову, за відмінності, що у неї 14 пінів. Посадкові місця для CD4071B зображено на Рис.1.2 |

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 2.2. Посадкові місця для CD4071B |

Посадкові місця для BFP720 зображено на Рис. 2.3.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 2.3. Посадкові місця для BFP720 |

Посадкові місця для L7812CV зображено на Рис. 2.4.

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| Рис. 2.4. Посадкові місця для L7812CV | |

**Висновки:** Було виконано вибір елементної бази та розглянуто посадкові місця.

За допомогою матриці параметрів було обрано різні параметри мікросхем. Кожен параметр мав свою вагу. Мікросхеми, що порівнювалися, виконують однакове схемотехнічне завдання. Тому по матриці параметрів можна вибрати з них більш кращу. Але в даному випадку кінцевий вибір мікросхеми зупинився на виробнику.

Також окрім мікросхем було обрані інші елементи. Вектор був обраний у SMD напрямі. Так як сучасна апаратура базується саме на SMD, що дозволяє максимально використовувати плати з двох сторін та робити їх багатошаровими. Також завдяки SMD зменшується розмір елементів і сумарний розмір всього пристрою. В тих мікросхемах, де не вдалось знайти SMD аналог, буде використовуватись DIP технологія.

Обрана елементна база забезпечує виконання вимог викладених в ТЗ.

**Розділ 3. Розміщення КЕ в монтажному просторі плати.**

При вирішенні задачі розміщення КЕ завжди дана схема електрична принципова, яка описана матрицею зв’язків А та дано дискретний монтажний простір, який описується матрицею відстаней D. Потрібно на кожне посадкове місце розмістити КЕ, щоб функція якості розміщення була оптимальна.

В якості критеріїв оптимальності використовується ряд критеріїв:

**-** мінімум сумарної довжини всіх з’єднань, тобто довжини усіх провідників повинні бути мінімальними. Ці провідники займають малу область монтажного простору та створюють сприятливі умови для трасування різних варіантів провідників

**-** мінімізація кількості найдовших з’єднань

**-** максимально близьке розміщення КЕ, які мають найбільше число зв’язків між собою

- максимальне число провідників простої конфігурації і т.д.

Вихідна електрична принципова схема зображена на *ДК41.402142.001ЕЗ*

Спрощуємо схему (виключаємо зі схеми прості елементи: резистори, конденсатори, кварцовий резонатор, діод, транзистор, шини землі та живлення; залишаємо лише мікросхеми та роз’єми), отримана схема зображена на Рис.3.1.

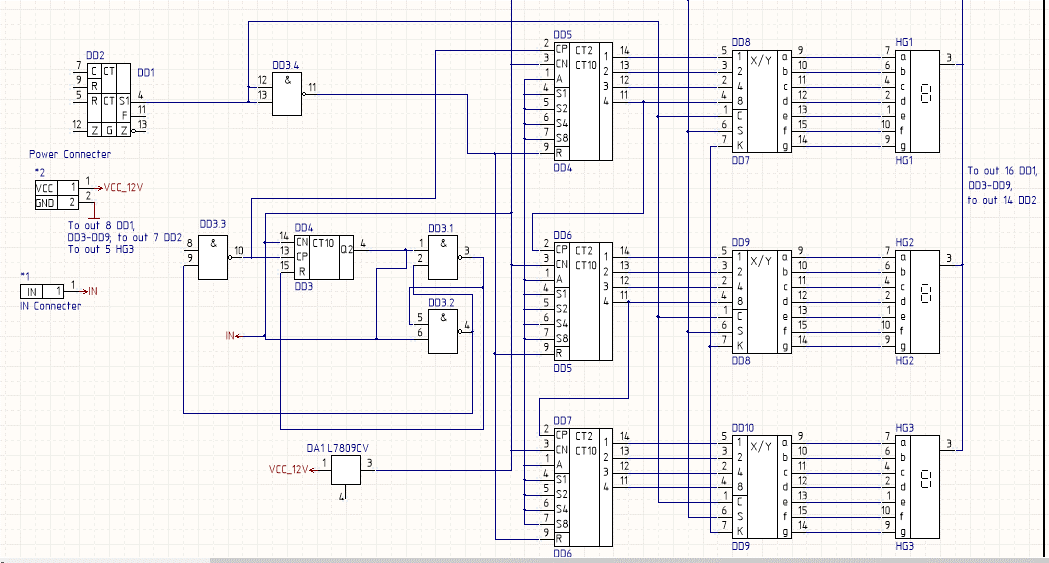


Рис. 3.1. Спрощена електрична принципова схема

Дана схема містить множину елементів:

Х = {XS1, XS2, DA1, DD1, DD2, DD3, DD4, DD5, DD6, DD7, DD8, DD9, HG1, HG2, HG3}

Та множину посадкових місць:   
Р = {Р1, Р2, Р3, Р4, Р5, Р6, Р7, Р8, Р9, Р10, Р11, Р12, Р13, Р14, Р15}.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 3.2. Посадкові місця |

Далі виконуємо розміщення КЕ послідовним алгоритмом. Послідовний алгоритм це покроковий процес розташування. На кожному кроці вибирається елемент, який має максимальну зв’язність з вже розташованими елементами та розташовується в одну оптимальну, вільну позицію при незмінному положенні розміщених елементів.

Критерій оптимізації: мінімальна сумарна довжина зв’язків між розміщеними елементами.

Описуємо спрощену схему (Рис. 3.1) матрицею зв’язків А.

Таблиця 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | XS1 | XS2 | DD1 | DD2 | DD3 | DD4 | DD5 | DD6 | DD7 | DD8 | DD9 | DA1 | HG1 | HG2 | HG3 | ρ |
| XS1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 |
| XS2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| DD1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| DD2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| DD3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| DD4 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 17 |
| DD5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 17 |
| DD6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| DD7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 1 | 8 | 1 | 1 | 25 |
| DD8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 8 | 1 | 24 |
| DD9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 | 24 |
| DA1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| HG1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 17 |
| HG2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 17 |
| HG3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 0 | 17 |

Вибираємо елемент, який ще не розташовано та має найбільшу кількість зв’язків. Це три елементи DD7, DD8, DD9, вони мають найбільшу кількість зв’язків з HG1, HG2, HG3, тому розміщуємо їх на Р4, Р9, Р14. HG1, HG2, HG3 же тоді розміщаємо, на Р5, Р10, Р15. Наступними з DD7, DD8, DD9, мають найбільшу кількість зв’язків DD4, DD5, DD6 відповідно. Розміщуємо їх на Р3, Р8, Р13. В Р1, Р6, Р11 розміщуємо відповідно DD1, XS1, XS2, такий порядок обраний для максимальної ефективності у підключенні та мінімізації виводів. Залишились лише DA1, DD2, DD3. Принципової різниці у їх певному порядку розміщення немає, тому помістимо їх відповідно у Р2, Р7, Р12.

Трасування проводиться по методу Прімма.

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 3.3. Розміщення та зв’язки КЕ на ПМ  Зв’язки, біля яких немає цифри, означають, що там лише один провідник. |

Від результатів розташування елементів залежать такі параметри друкованого вузла:

**-** габарити

**-** вага

**-** надійність

**-** завадостійкість

Тому при установці елементів на ДП слід враховувати наслідки вибору варіантів їх розташування. Вибір кроку розташування ІС на ДП визначається температурним режимом, складністю принципової схеми, параметрами корпусу. При цьому зазор між корпусами не повинен бути меншим 1.25мм.

ІС на ДП розташовуються лінійно-багаторядно. Допускається розташування ІС у шаховому порядку. Таке розташування дозволяє ефективно використовувати корисну площу ДП.

Корпуси штирьових ІС рекомендується встановлювати з однієї сторони плати. З двох сторін плати дозволяється встановлювати ІС в корпусах з планарними виводами.

**Висновок:** аналізуючи принципову схему, особливо спрощену, в першу чергу бачиться, що три набори мікросхем працюють майже паралельно, і три останні стовпчики матриці однакові та йдуть майже послідовно один до одного. Це дозволило спростити з’єднання мікросхем між собою. Найбільшу трудність виявляє ділянка між 2 и 3 стовпчиком мікросхем. Тому при проектуванні ДП там слідує зробити більшу площу для з’єднань. Можливий варіант поміняти місцями DD2 i DD3, але проаналізувавши, прийшли к висновку, що це ситуацію по суті не змінить, тому розташування визначається з особистих міркувань розробника. Спрощена схема дає змогу приблизно побачити, як буде виглядати майбутня ДП, та де слід більше звернути увагу, в яких місцях, при її розробці.

**Розділ 4. Вибір друкованої плати. Конструкторсько-технологічний розрахунок елементів друкованого монтажу.**

**4.1 Вибір типу та матеріалу ДП**

Друкована плата— пластина, виконана з діелектрика (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо), на якій або всередині якої сформований хоча б один шар з провідними доріжками. На друковану плату монтуються електронні компоненти, які з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка паянням, у результаті чого складається електронний модуль — змонтована друкована плата.

Друковані плати за конструкцією поділяються на такі класи:

-односторонні (одношарові) - ОДП,

-двосторонні (двошарові) – ДДП,

-багатошарові - БДП.

Односторонні друковані плати використовуються виключно для одностороннього монтажу елементів гладкі (неметалізовані) отвори. Установка елементів на поверхню практикується зазвичай в аматорських або макетних конструкціях. Весь електричний монтаж здійснюється на одному шарі. Загальноприйнято вважати першим (верхнім) шаром той, на якому розташовані елементи.

Відомо два різновиди двосторонніх ДП (ДДП): без металізації і з металізацією наскрізних отворів. Плати без металізації по багатьом параметрам відповідають одностороннім платам. Але за наявності ще одного шару підвищується трасувальна здатність ДП і щільність компонування елементів. Плати з металізацією перехідних отворів мають високу трасувальну здатність, забезпечують високу щільність монтажу елементів і хорошу механічну міцність їх кріплення. Технологічний процес виготовлення

двосторонніх плат, також як односторонніх, є частиною більш загального процесу виготовлення багатошарових ДП. Однак для двосторонніх плат не потрібно застосовувати пресування шарів, значно простіше виконується очищення отворів після свердління.

Також слід зауважити, що популярна і проста в своєму логічному розумінні методика трасування ДП на одній стороні перпендикулярно ніж на іншій також має найбільш практичне застосування саме на ДДП і не потребує більших шарів, тому що траси і так не будуть пересікатись одна з іншою.

БДП складаються із спресованих шарів, ізольованих один від одного ізоляційною основою. Вони діляться на дві групи: з міжслойованими сполуками, коли з'єднання шарів здійснюється об'ємними деталями (штирями, заклепками, перекриттями та ін) або за допомогою хіміко-гальванічної металізації; без міжшарових з'єднань. На платі можуть бути наскрізні і перехідні отвори, що забезпечують електричну зв'язок між шарами. Також вони включають додаткові екранні шари (земля і харчування), а також кілька сигнальних шарів.

Згідно ТЗ і схеми електричної принципової вибираємо ДДП для нашого завдання. Вибираємо саме завдяки тому, що схема не має велику складність. Щоб не було більших затрат на виробництво усю конструкцію достатньо розмістити на ДДП.

Правильний вибір матеріалів, технологічних процесів і елементної бази при розробці сучасних друкованих вузлів багато в чому визначає рівень працездатності і надійність електронного пристрою в цілому при раціональних економічних витратах у виробництві.

При виробництві ДП застосовуються вітчизняні та імпортні матеріали різних виробників. Матеріали, що застосовуються в якості основи для ДП повинні мати:

-високі електроізоляційні властивості,

-достатню механічну міцність,

-бути стійкими до кліматичних впливів.

Цим вимогам задовольняють електротехнічні матеріали: склотекстоліт, кераміка, фторопластова плівка, сапфір і ін..

В даний час введено новий параметр - опірність займання. Для цього параметру виділені полімерні композиційні матеріали FR-1 ... FR-5 в залежності від вибраного класу точності. В нашій платі є металізовані отвори. FR-3, котрий є модифікацією FR-2 призначений для виробництва плат без металізації отворів. Цього недоліку не має FR-4. Саме він є найбільш поширеним матеріалом для виробництва ДДП і БДП, а також вітчизняний СФ2. Обираємо саме FR-4, бо він імпортний та більш надійний і сучасний, ніж його вітчизняний аналог. Стандартний FR-4 представляє собою композитивний матеріал на основі скловолокна (склотекстоліти). Має товщину 1,5 мм і складається з 8 шарів склотекстоліту. Застосування FR-4 дозволяє отримати отвори високої якості, а це важливо для монтажу елементів в отвори.

Таким чином, для реалізації ДДП обраний сучасний, з високими параметрами матеріал FR4-2-35-1,5. Даний матеріал є фольгованим склотекстолітом з підвищеною нагрівостійкістю, товщиною 1,5 мм, облицювальний з двох сторін мідною електролітичної фольгою товщиною 35 мкм.

**4.2 Вибір класу точності ДП**

Точність виготовлення ДП залежить від комплексу технологічних параметрів і з практичної точки зору визначає основні параметри елементів ДП. В першу чергу це відноситься до мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка і до ряду інших параметрів.

ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності ПП. Вибір класу точності завжди пов'язаний з конкретним виробництвом. Спроба вирішити цю задачу в зворотному порядку може призвести до того, що проект не буде реалізований.

При конструкторському-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу і допустимі похибки наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1. Граничні значення основних параметрів ПМ  


Таблиця 4.2. Допустимі похибки виконання елементів ПМ

Згідно ГОСТ 23571-86 , виготовлення ДП п'ятого класу точності вимагає застосування унікального високоточного обладнання, спеціальних (як правило, дорогих) матеріалів і навіть створення у виробничих приміщеннях «чистої зони». Таким вимогам відповідає не кожне виробництво. Однак, ДП невеликого розміру можуть виконуватися по п'ятому класу на обладнанні, що забезпечує виробництво плат четвертого класу.

ДП четвертого класу випускаються на високоточному обладнанні, але вимога до матеріалів, обладнання і виробничих приміщень нижче, ніж для п'ятого класу.

ДП третього класу - найбільш поширені, оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва достатньо звичайного спеціалізованого обладнання.

Випуск ДП другого і третього класів здійснюється на звичайному не спеціалізованому обладнанні. Такі ДП, з невисокими конструктивними параметрами, призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу.

На даний момент ГОСТ 23571-86 слабо актуальний до виробництва ІС. Більшість розробників використовують інший стандарт IPC-A-600. Аналізуючи джерело [5] робиться глобальний висновок, що для сучасних мікросхем та технологій виготовлення ДП більшість класів точності є не актуальними. Для схеми даного курсового проекту 4 стандарт точності підходить. Крім цього, у ГОСТ 23571-86 говориться: «Для свободного места указанные значения допускается устанавливать по любому более низкому классу, а для первого класса — увеличивать в два раза».

Для даного завдання вибираємо 4-ий клас точності, так як у нашій схемі застосовуються сучасні SMD мікросхеми, котрі мають малий габаритний розмір, а 4-ий клас точності забезпечує достатню щільність трасування і

монтажу з урахуванням необхідних габаритів пристрою. Також обраний клас точності дозволяє проводити друковані провідники поміж контактних майданчиків мікросхем з планарними виводами.

**4.3 Обґрунтування методу виготовлення ДП**

При виборі необхідного методу виготовлення розглянули наступні методи: -хімічний субтрактивний метод,

-комбінований позитивний метод,

-метод попарного пресування друкованих плат,

-метод пошарового нарощування,

-метод металізації наскрізних отворів.

Вивчивши переваги, недоліки комбінованого методу і вимоги викладені в ТЗ, будемо використовувати комбінований позитивний метод.

**4.4 Виконання конструкторсько-технологічного розрахунку елементів ДМ**

Формули беруться з ГОСТ 23751-86 (Додаток)

**4.4.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі.**

Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму bmin I (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається виразом 4.1:

(4.1)

де *Imax*– максимально можливий струм в ланцюгу, А

*j*доп – допустима щільність струму для ДП, яка виготовлена

комбінованим позитивним методом,

*t*пров– товщина друкованого провідника, яка визначається виразом (4.2)

Друкований провідник виготовлюється комбінованим позитивним методом. Згідно методу виготовлення:

, (4.2)

де *hф* – товщина фольги, *hф=*0,035 мм

*hгм* – товщина шара гальванічно осадженої міді, hгм = 0,055 мм

*hхм*– товщина шара хімічно осадженої міді, hхм = 0,0065 мм

*tпров*=0,035+0,055+0,0065=0,0965 мм

Параметр *Imax* в виразі (4.1) визначається як сума струмів, які споживають усі активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 Струми, які споживають елементи схеми

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ІС | Кількість ІС | Iспож, мА |
| CD4017A | 1 | 5 |
| CD4071B | 1 | 0,03 |
| CD4511B | 3 | 3\*0,6=1,8 |
| MM5368 | 1 | 0,01 |
| TC5971 | 3 | 0,05\*3=0,15 |
| UQB71/A | 3 | 11\*3=33 |

У результаті:

*Imax =*5+0,03+1,8+0,01+0,15+33=40 мА

Мікросхема UQB71/A є світлодіодним індикатором, тому споживає таку найбільшу кількість струму, але це все одно не критично для вибраного класу точності.

Тоді мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» визначається наступним чином:

Отримане значення мінімальної ширини провідника bminI = 0,06 мм входить в значення обраного 4 класу точності = 0,15 мм). Таким чином, оптимальна ширина провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» дорівнює розрахованому значенню.

**4.4.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому.**

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається (4.3):

(4.3)

де ρ–питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом, ρ=0,0175

Lпров – довжина найдовшого друкованого провідника ДП, Lпров=360мм

Uдоп – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику, Uдоп=0,05×Eп,

Uдоп =0,05×12=0,6 В

Lпров=0,36 м

**4.4.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору**

, (4.4)

де dвэ – діаметр виводу елементів, для якого визначається діаметр монтажного отвору,

∆d – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО, ∆dмо=0,1 мм

r– різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента, r=0,1…0,2 мм

**4.4.4. Визначення діаметра контактної площини.**

, (4.5)

де Dmin1 – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм,

hф – товщина фольги, hф = 0,035 мм. Коефіцієнт 1,5hф враховує підтравлювання фольги друкованого провідника у ширину,

0,03 – КМ виготовлюють комбінованим позитивним методом.

, (4.6)

де dmax– максимальний діаметр отвору в ДП, мм,

bпо - ширина пояска КМ, bпо =0,05 мм (табл.4.1)

δо- похибка розташування центру отвору відносно вузла КС, δо=0,07 мм (табл.2),

δкм- похибка розташування центру КМ відносно вузла КС, δкм=0,05 (табл.2).

Максимальний діаметр отвору ДП:

dmax=d+∆d+(0,1…0,15), (4.7)

де d– номінальний діаметр МО, мм,

∆d- допуск на діаметр отвору, ∆d=0,05 мм

dmax=d+∆d+(0,1…0,15)=0,7+0,05+0,1=0,85 мм

Максимальний діаметр КМ:

D max = Dmin+0,02, (4.8)

D max = 1,27+0,02=1,29 мм

**4.4.5. Визначення мінімальної ширини провідника.**

bmin=, (4.9)

де –мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (табл.1). Для 4-го класу точності ДМ

bmin=

Максимальна ширина провідника:

bmax=bmin+0,02, (4.10)

bmax=0,23+0,02=0,25 мм

**4.4.6. Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною.**



(4.11)

де L0– відстань між центрами отворів та друкованим провідником, які кратні кроку КС, L0=1,25 мм (найгірший випадок).

Dmax - максимальний діаметр КП,

bmax - максимальна ширина провідника,

δкм - похибка розташування центра КП відносно вузла КС, δкм=0,05 (табл.2),

δсп - похибка, яка враховує зміщення провідника, δсп=0,05 мм

**4.4.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників)**



(4.12)

**4.4.8. Визначення мінімальної відстані між двох контактних площин.**



, (4.13)

де L01- відстань між центрами сусідніх КП, L01=2,5 мм.

Отримане значення задовольняє 4й клас точності.

**Висновки:** В даній роботі в першу чергу був обраний клас точності для проекту. Для 5 класу використовують спеціальні умови, обладнання і тд., його використовувати не має сенсу. Із тих, що залишились, класів найдоречніше обрати 4 клас. Тому всі розрахунки ширини, діаметру доріжок, контактних площадок мають бути менші або такого значення, які подані для 4 класу. В розрахунках було отримано дані менші, що є добрим показником. Після того, як розрахунки підтвердили можливість використання 4 класу, було обрано матеріал для друкованої плати, FR4-2-35-1,5. Насправді цей матеріал був імовірно вибраний на початку роботи, але виходячи з того, що наша схема не досить складна, а за допомогою 4 класу точності виготовляються і набагато складніші схеми, то зрозуміло, що 4 клас точності повністю підходить для даного проекту.

**Розділ 5. Електричний розрахунок друкованої плати**

Розрахунок виконується за умов, що плата виготовлена комбінованим методом [4], згідно ГОСТ Р 50621-93.

**5.1. Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику.**

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

,

де ρ - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП,

ρ = 0,0175

lпр – максимальна довжина друкованого провідника, lпр=0,36м.

tпр - товщина провідника, tпр = 0,0965 мм

Imax – максимальний струм у провіднику, Imax = 40мА

= 0,01В

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення (Uж = 12В).

**5.2. Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати.**

Потужність втрат визначається:

,

де *f*=1, тому що розрахунок виконується на постійному струмі

*tg*σ – тангенс кута діелектричних втрат для матеріала ДП, *tg*σ =0,002 для

матеріалу FR4

С – ємність ДП

,

де ε – діелектрична проникність, ε = 4,5 для FR4

Sm - площа металізації, Sm =552,96 мм2

h - товщина ДП, мм

== 14,9 нФ

Рпот =

**5.3. Визначення ємності між двома сусідними провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину**

,

де S – відстань між двома паралельними провідниками, S=0,9 мм

bпр - ширина друкованого провідника, мм

tпр - товщина друкованого провідника, мм

lпр - довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, мм

**5.4. Визначення взаємної індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини**

,

де lпр – довжина перекриття паралельних провідників, lпр=4 см

Lо-відстань між осьовими лініями двох паралельних провідників, Lо=0,125 см

нГн

**Висновки:** Отримали значення падіння напруги на найдовшому провіднику 10 мВ, воно знаходиться дуже далеко від межі, що дорівнює 5% від напруги живлення. Потужність втрат дорівнює 26,95 нВт. Це незначна величина. Паразитна ємність (31,1 пФ) та індуктивність (0,144 нГн) не впливають на роботу друкованого вузлу.

**Розділ 6. Розрахунок надійності друкованого вузла**

Найбільш точна кількісна міра надійності кожного конструктивного елементу – його індивідуальне напрацювання до моменту виникнення відмови.

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи визначається:

Тср = , (6.1)

Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та ступеню тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д.

Тоді можна записати

λе = λое · K1 · K2 ·…· Kn , (6.2)

де λое - інтенсивність відмов елементу при нормальних умовах роботи (температура навколишнього середовища Тºокр.ср = 20 ± 5ºС, відносна вологість 65 ± 15%); коефіцієнт електричного навантаження Кn = 1 , К1, К2, Кн - поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації.

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження, що дорівнює відношенню навантаженню в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі:

Кн = , (6.3)

Коефіцієнт навантаження для резисторів

(6.4)

для конденсаторів

Кн.c = , (6.5)

Розраховуємо коефіцієнти навантаження:

Резистори

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *R1* | *RES SMD 150K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,01* |
| *R2* | *RES SMD 22M OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,00* |
| *R3* | *RES SMD 1K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *1,15* |
| *R4* | *RES SMD 510K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,00* |
| *R5* | *RES SMD 10K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,12* |
| *R6* | *RES SMD 27K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,04* |
| *R7,R8* | *RES SMD 10K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,12* |
| *R9* | *RES SMD 27K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,04* |
| *R10* | *RES SMD 20K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,06* |
| *R11* | *RES SMD 27K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,04* |
| *R12-R17* | *RES SMD 1.6K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,72* |
| *R18* | *RES SMD 10K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,12* |
| *R19-R24* | *RES SMD 1.6K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,72* |
| *R25* | *RES SMD 10K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,12* |
| *R26-R32* | *RES SMD 1.6K OHM 5% 1/16W 0805 Faithful Link* | *0,72* |

Конденсатори:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *C1,C1* | *CAP SMD 62 PF 10% 50V 0805 X7R* | *0,18* |
| *C2* | *CAP SMD 15 PFARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C3* | *CAP SMD 3300 PFARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C4* | *CAP SMD 240 PFARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C5* | *CAP SMD 390 FARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C6* | *CAP SMD 200 PFARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C7* | *CAP SMD 100 UFARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C8* | *CAP SMD 240 PFARAD 10% 50V 0805 X7R* |
| *C9-C11* | *CAP SMD 0.01 UFARAD 10% 50V 0805 X7R* |

Визначаємо результуючу інтенсивність відмов друкованого вузлу формувача величини напруги. Друкований вузол відноситься до наземної апаратури, експлуатується при Тр = 60º С, інші умови експлуатації нормальні. Вихідні дані для розрахунку λр – схема принципова, перелік елементів, часова діаграма та інтенсивність відмов “компонентів надійності” від температурних впливів. По картам робочих режимів визначаємо коефіцієнти навантаження, температурні коефіцієнти ІС та інших ЕРЕ, підраховуємо кількість всіх елементів. Вихідні дані для визначення λр зведені до табл. 5.1

Таблиця 6.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Компонент** | **N** | **λ0e·10-8, год-1** | **Кн** | **at** | **ae** | **N ·λ0e· Кн·at·ae·10-8** |
| **Конденсатор** | 19 | 2 | 0,18 | 0,4 | 20 | 54,72 |
| **Резистор** |  |  |  |  |  | 0 |
| *R1* | 1 | 4 | 0,065 | 0,15 | 20 | 0,78 |
| *R2* | 1 | 4 | 1,27 | 0,15 | 20 | 15,24 |
| *R3* | 1 | 4 | 12,7 | 0,15 | 20 | 152,4 |
| *R4* | 1 | 4 | 6,48 | 0,15 | 20 | 77,76 |
| *R5* | 1 | 4 | 1,27 | 0,15 | 20 | 15,24 |
| *R6* | 1 | 4 | 0,127 | 0,15 | 20 | 1,524 |
| *R7,R8* | 2 | 4 | 0,014 | 0,15 | 20 | 0,336 |
| *R9* | 1 | 4 | 1,38 | 0,15 | 20 | 16,56 |
| *R10* | 1 | 4 | 6,48 | 0,15 | 20 | 77,76 |
| *R11* | 1 | 4 | 0,065 | 0,15 | 20 | 0,78 |
| *R12-R17* | 6 | 4 | 0,648 | 0,15 | 20 | 46,656 |
| *R18* | 1 | 4 | 6,48 | 0,15 | 20 | 77,76 |
| *R19-R24* | 6 | 4 | 0,65 | 0,15 | 20 | 46,8 |
| *R25* | 1 | 4 | 1,38 | 0,15 | 20 | 16,56 |
| *R26-R32* | 7 | 4 | 0,065 | 0,15 | 20 | 5,46 |
| **Кварцовий резонатор** | 1 | 4,6 | 0,8 | 1 | 20 | 73,6 |
| **Стабілітрон** | 1 | 13 | 1 | 1 | 20 | 260 |
| **ІС** | 12 | 1,17 | 1 | 1 | 20 | 280,8 |
| **Друкована плата** | 2 | 10 | 1 | 1 | 20 | 400 |
| **Контакт роз’єма** | 3 | 2 | 1 | 1 | 20 | 120 |
| **Пайка виводів** | 291 | 0,05 | 1 | 1 | 20 | 291 |
| **Транзистор** | 1 | 16 | 1 | 1 | 20 | 320 |
| **Стабілізатор напруги** | 1 | 12 | 1 | 1 | 20 | 240 |
| **Перехідні отвори** | 53 | 0,0375 | 1 | 1 | 20 | 39,75 |
|  | Сумарна інтенсивність відмов друкованого вузла | | | | | 2631,486 |
|

В таблиці 6.1:

**ae –** поправочний коефіцієнт на вплив зовнішніх впливів (для переносної апаратури **ae** = 20),

**at** - поправочний температурний коефіцієнт.

Показники інтенсивності відмов, що наведені в таблиці, дещо завищені, дозволяє виконати розрахунок для «найгіршого випадку».

Результуюча інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивності відмов компонентів:

(6.6)

Середній час напрацювання до першої відмови:

Тср = .

Ймовірність безвідмовної роботи на протязі року:

*Р=*0,794

Ймовірність відмов на протязі року:

Q(t)=1-0,794=0,206

Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу представлені на наступних графіках

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 6.1. Графік залежності безвідмовної роботи ДВ від часу |

|  |
| --- |
|  |
| Рис. 6.2. Графік ймовірності відказу ДВ від часу |

**Висновок:** отримане значення напрацювання на відмову відповідає технічному завданню. З одного боку це за умови безперервної роботи, що на практиці для даного приладу не завжди можливо. З іншої сторони в цих теоретичних розрахунках не враховані такі фактори як старіння приладу, його знос і т.д..

**Розділ 7. Проектування друкованих плат у середовищі Altium Designer.**

Altium Designer – це система, що дозволяє реалізувати проекти електронних пристроїв на рівні схеми або програмного коду з можливістю в майбутньому передавати інформацію проектувальнику ПЛІС або друкованих плат. Відмінністю програми є проектна структура і наскрізна цілісність ведення розробки на різних рівнях проектування.

Програма AD надає великі можливості для розробки електронних пристроїв. Під час написання курсової роботи були розглянуті такі можливості програми:

* самостійне створення бібліотеки компонентів (додавання УГП і посадкового місця);
* створення принципової електричної схеми;
* трасування друкованої плати (ручне або автотрасування).

7.1. Створення проекту друкованої плати.

PCB Project – це набір документів, необхідний для виготовлення друкованої плати, данні якої призначені для рішення однієї конструктивно-закінченої задачі. Документи представляють собою файли різни типів, котрі можуть додаватися в проект. Редагування документів виконується редактором, причому назва редактора співпадає з типом документу.

7.2. Створення бібліотеки компонентів.

AD має готові бібліотеки компонентів. Але використання даних бібліотек є неоптимальним у зв’язку з рядом недоліків:

* УГП компонентів не відповідає ГОСТ;
* Дана бібліотека не має вітчизняну елементну базу.

Тому для правильної, оптимальної роботи при проектуванні друкованого

вузла необхідно створювати бібліотеку компонентів і моделі у відповідності до усіх вимог.

УГП і посадкові місця компонентів формуються у редакторі бібліотек (Library Editor). В середовищі AD є чотири типи бібліотек: моделей, символів, баз даних, інтегровані бібліотеки.

* 1. Створення схеми електричної принципової.

В кожному редакторі AD є свій набір панелей і інструментів для роботи. Основною панеллю, з якою ведеться робота в редакторі схем є панель Libraries. AD ділить об’єкти, котрі є на полі електричної схеми на графічні та електричні.

До графічних відносять:

* Лінія;
* Дуга, еліптична дуга;
* Еліпс, окружність;
* Сплайн-лінія;
* Прямокутник, округлений прямокутник;
* Многокутник;
* Секторна діаграма;
* Графік.

До електричних об’єктів відносять:

* Схемні компоненти;
* Лінії електричного зв’язку;
* Лінії групового зв’язку;
* Лінії групового зв’язку у виді джгута;
* Ідентифікатори електричних кіл.

Процедура формування схеми насправді проста, і в загальному випадку представляє собою послідовне розміщення і з’єднання на листі електричних і графічних об’єктів.

7.4. Створення розводки друкованої плати.

Створення файлу плати може бути виконано вручну, а також за допомогою майстера PCB Board Wizard, котрий по етапам питає інформацію о ДП, котра потім виражається у виді конструктивних параметрів і правил проектування. Під розробкою конструктивних параметрів розуміється етап розробки ДП від формування файлу плати до розміщення компонентів, котрі складаються з чотирьох кроків: формування контуру ДП, описання стека слоїв, установки кріпильних отворів і визначення заборонених зон для трасування.

В AD задача інтерактивного трасування вирішується інструментом автотрасування, котрий знаходиться в меню AutoRoute. Автоматичне трасування окремих елементів дає не дуже задовільний результат, так як немає можливості настройки її алгоритму, котрий може бути вказаний тільки для трасування всієї плати.

**Висновок:**

В даному курсовому проекті було розглянуто та застосовано на практиці способи створення ДВ та ДП, їх розрахунок.

Результатом цього став реальний пристрій, а саме цифровий тахометр.

Під час його створення було розроблено технічне завдання і проведені наступні розрахунки, котрі повинні відповідати ТЗ. Було розглянуто метод вибору типу ДП, класу точності, розміри. За допомогою методу матриці елементів було оптимально розміщено елементи на платі та оптимальні зв’язки мі ними. 4 клас точності дозволив робити трасування між доріжками мікросхеми. На основі розробки ДП була розроблена конструкторська документація.

Елементи: як мікросхеми, так і резистори та конденсатори в проекті відповідають сучасності, є імпортними та знаходяться у SMD корпусах. Було розглянуто та застосовано на практиці методи розрахунку електричних властивостей ДП, котрі відповідають ТЗ.

Розрахунок надійності дав результат, що пристрій має час напрацювання на відказ 38000 годин, що є більше, ніж вимагається у ТЗ.

В загальному випадку після розрахунків з’являється висновок, що пристрій відповідає сучасним нормам та вимогам, є надійним та працездатним.

**Список джерел**

1. А. Бирюков “Цифровой тахометр”, журнал «Радио» №11-1997 с. 54, 55
2. А. Межлумян "Цифровая или аналоговая?", журнал «Радио» № 7-1986, с. 25, 26.
3. Б.Н.Деньдобренко, А.С.Малика «Автоматизация конструирования РЭА. Учебник для ВУЗов». — М.: Высшая школа, 1980. C 171 – 192
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005
5. Справочник «Надежность электроизделий», Министерство обороны и отраслей разработчиков и изготовителей электрорадиозделий (ЭРИ)
6. <http://www.circuitry.ru/files/article_pdf/2/article_2242_556.pdf>
7. Килибаева Ж. К. Анализ отказов и надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем // Молодой ученый. — 2014. — №8.1.
8. ГОСТ 12.2.007-75
9. ГОСТ 15150-69
10. ГОСТ 23571-86
11. ГОСТ Р 50621-93
12. ГОСТ 17467-88
13. http://elektronika.rukodelkino.com/stati/avto/388-cifrovoj-taxometr.html