МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ

УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.АЛЕКСЕЕВА

Институт радиоэлектроники и информационных технологий

Кафедра «Вычислительные системы и технологии»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине

«Конструкторско-технологическое проектирование ЭВМ и комплексов»

на тему:

«Цифровой тахометр с цифровой индикацией»

РУКОВОДИТЕЛЬ:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Макаров Н.Н.

СТУДЕНТ:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Игнаков К. М.

19-В-2

Работа защищена «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

С оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Нижний Новгород 2022

## 2. Анализ технического задания

2.1 Анализ назначения и объекта установки

Объектом для размещения изделия являются стационарными в отапливаемых помещениях (условное обозначение – группа 1). Тип производства – серийное. Согласно номеру варианта курсового проекта, изделие должно быть выполнено для умеренного – холодного климата (обозначение – УХЛ). Эксплуатироваться изделие будет в помещениях с искусственным климатом (условное обозначение категории 4).

2.2 Анализ условий эксплуатации

В соответствии с заданной климатической зоной и категорией изделия определены климатические факторы, воздействующие на изделие:

* Рабочей для данного изделия является температура от +1°C до +35°C. Предельной является температура от +1°C до +40°C.
* Средняя относительная влажность – 65% при 20°C. Предельным значением является 80% при 25°C.
* Плесневелые грибки.

Механические воздействия определены объектом размещения, указаны в таблице 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Воздействующий фактор | Параметры | Группа по объекту размещения |
| 4 |
| Вибрация на одной частоте | Частота, Гц. | 20 |
| Ускорение q | 2 |
| Время выдержки, час. | 0,5 |
| Вибрация в диапазоне частот | Частота, Гц. | 10-30 |
| Ускорение q | 0,25-1,1 |
| Время выдержки, час. | 4 |
| Одиночные удары | Длительность.мс. | 5-10 |
| Число ударов в 1 мин | 40-80 |
| Ускорение, q | 15 |
| Общее число ударов | 60 |
| Многократные удары | Длительность.мс. | 50-10 |
| Число ударов в 1 мин | 40-80 |
| Ускорение, q | 15 |
| Общее число ударов | 12000 |
| Падение | Высота, мм | - |

Таблица 1 – Параметры механических воздействий.

Путём анализа условий эксплуатации установлена группа жёсткости для печатной платы по климатическим воздействиям. С учётом температуры перегрева внутри корпуса, равной 20°C, верхнее значение температуры составляет 40°C, нижнее составляет 1°C, предельная влажность – 80%. Учитывая эти факторы, была выбрана 2 группа жёсткости печатной платы.

## 3. Анализ электрической принципиальной схемы

Электрическая принципиальная схема цифрового вольтметра выбрана из набора схем, предложенных преподавателем. Схема представлена на рисунке

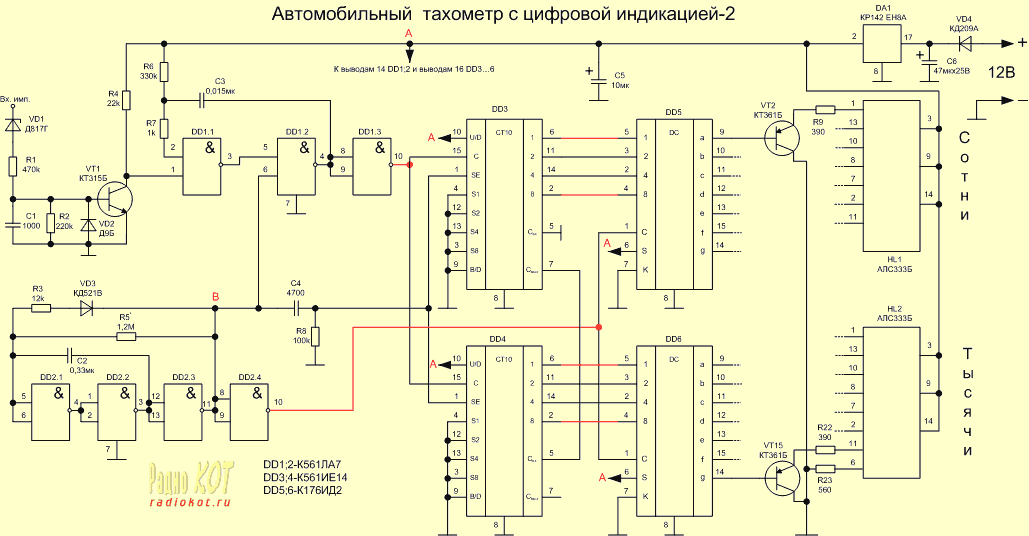


Рисунок 1 – Цифровой тахометр с цифровой индикацией

3.1 Выявление особенностей электрической схемы, влияющих на конструкцию печатной платы

Это электронная цифро-аналоговая схема. Отсутствует возможность самовозбуждения. Входное напряжение обрабатывается с помощью АЦП, значение этого напряжения выводится на индикаторы с помощью дешифратора. Схема питается от источника напряжение +12В. Теплонагруженными на схеме являются полупроводниковые и пассивные элементы. Отдельно необходимо рассмотреть цепь подачи измеряемого напряжения.

3.2 Выбор электрического соединителя

Соединителей с большим количеством контактов нет.

3.3 Исключение из схемы отдельных компонент

На схеме нет элементов, которые целесообразно вынести на другие конструкции.

3.4 Расчёт электрических режимов работы схемы

* Максимально допустимое падение напряжения.

Для цифровых схем до 10% от питания. Питание данной схемы равно 12В. Таким образом, .

* Максимально допустимый ток в статике и динамике.

В данной схеме максимально допустимый ток в статике (согласно документации):

Максимально допустимый ток в динамике:

* Сопротивление изоляции

Берется для цифровых схем 10-20 МОм. Возьмём 20 Мом.

* Максимальное напряжение в данной схеме .

3.5 Установка фильтрующих конденсаторов

Фильтрующие конденсаторы уже присутствуют в схеме.

## 4. Анализ элементной базы

4.1 Сбор информации об элементной базе

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Тип компонента | Символ | Конструкция (размеры указаны в мм) | Примечания |
| 1 | ОМЛТ – 0.125 Вт |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2 | К10-17 |  | A=5.0  B=5.0  L=7.5  H=5.6 |  |
| 3 | К50-15 |  | D = 9  L = 35 |  |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ315Б |  | Транзистор КТ315Б, характеристики, параметры, даташит, аналоги | Транзистор  КТ315Б - купить с гарантией и доставкой по цене от 11.00 рублей |  |
| 5 | Стабилитрон Д817Г |  | Стабилитрон Д817Г, характеристики, параметры, даташит, аналоги |  Стабилитрон Д817Г - купить с гарантией и доставкой по цене от 55.00 рублей |  |
| 6 | Диод КД209А |  | Диод КД209А, характеристики, параметры, даташит, аналоги | Диод КД209А -  купить с гарантией и доставкой по цене от 5.00 рублей |  |
|  | Диод КД521В |  | Диод КД521В, характеристики, параметры, даташит, аналоги | Диод КД521В -  купить с гарантией и доставкой по цене от 5.00 рублей |  |
| 6 | Диод Д9Б |  |  |  |
| 7 | Стабилизатор КР142ЕН8А |  | Микросхема КР142ЕН8А, характеристики, параметры, даташит, аналоги |  Микросхема КР142ЕН8А - купить с гарантией и доставкой по цене от 80.00  рублей |  |
| 8 | Микросхема К561ЛА7 |  | К561ЛА7 - корпус микросхемы |  |
| 9 | Микросхема К561ИЕ14 |  | К561ИЕ14 - корпус микросхемы |  |
| 10 | Микросхема К176ИД2 |  | К561ИЕ14 - корпус микросхемы |  |
| 11 | Цифровой индикатор АЛС333Б |  |  |  |
| 14 | Разъем 2 пин |  |  |  |

4.2 Анализ компонентов, усложняющих конструкцию электронного модуля

Компоненты, усложняющие конструкцию электронного модуля, отсутствуют.

4.3 Анализ типа выводов компонент и способов монтажа на печатную плату

Элементы схемы имеют гибкие, штыревые или планарные типы выводов.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название компонента | Тип выводов | Габариты вывода, мм | Диаметр/диагональ, мм |
| 1 | ОМЛТ – 0.125 Вт | Гибкий | ⌀0.5 | Диаметр 0.5 |
| 2 | К10-17 | Гибкий | ⌀0.6 | Диаметр 0.6 |
| 3 | К50-15 | Гибкий | ⌀0.8 | Диаметр 0.8 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ315Б | Штыревой | 0.95×0.2 | Диагональ 0.97 |
| 5 | Стабилитрон Д817Г | Планарный | ⌀4 | Диаметр 4 |
|  | Диод КД209А | Гибкий | 0.3х1.8 | Диагональ 1.9 |
|  | Диод КД521В | Гибкий | ⌀0.5 | Диаметр 0.5 |
| 6 | Диод Д9Б | Гибкий | ⌀0.4 | Диаметр 0.4 |
| 7 | Стабилизатор КР142ЕН8А | Штыревой | 0.88х0.8 | Диагональ 1.2 |
| 8 | Микросхема К561ЛА7 | Штыревой | 0.5х0.35 | Диагональ 0.6 |
| 9 | Микросхема К561ИЕ14 | Штыревой | 0.5х0.35 | Диагональ 0.6 |
| 10 | Микросхема К176ИД2 | Штыревой | 0.5х0.35 | Диагональ 0.6 |
| 11 | Цифровой индикатор АЛС333Б | Штыревой | 0.34х0.5 | Диагональ 0.6 |
|  | Разъем 2 пин | Штыревой | ⌀0.64 | Диаметр 0.64 |

Целесообразно объединить в группы компоненты со штыревыми и гибкими выводами:

* Группа 1 – элементы – диаметр 0.8 мм;
* Группа 2 – элементы – диаметр 1.2 мм;
* Группа 3 – элементы – диаметр 2 мм;
* Группа 4 – элементы – диаметр 4 мм.

4.4 Анализ размеров между выводами компонент и подготовка информации для выбора шага координатной сетки

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название компонента | Количество элементов | Шаг между соседними выводами, мм | Шаг между противоположным выводами, мм | Количество выводов, шт |
| 1 | ОМЛТ – 0.125 Вт | 11 | - | - | 2 |
| 2 | К10-17 | 4 | 5 | - | 2 |
| 3 | К50-15 | 2 | - | - | 2 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ315Б | 3 | 2.5 | - | 3 |
| 5 | Стабилитрон Д817Г | 1 | - | - | 2 |
| 6 | Диод КД209А | 1 | - | - | 2 |
| 7 | Диод КД521В | 1 | - | - | 2 |
| 8 | Диод Д9Б | 1 | - | - | 2 |
| 9 | Стабилизатор КР142ЕН8А | 1 | 2.54 | - | 3 |
| 10 | Микросхема К561ЛА7 | 2 | 2.5 | 7.5 | 14 |
| 11 | Микросхема К561ИЕ14 | 2 | 2.5 | 7.5 | 14 |
| 12 | Микросхема К176ИД2 | 2 | 2.5 | 7.5 | 14 |
| 13 | Цифровой индикатор АЛС333Б | 2 | 2.5 | 7.5 | 14 |
|  | Разъем 2 пин | 1 | 2.54 | - | 2 |

Большинство элементов удовлетворяет шагу 2.5 мм.

4.5 Расчёт конструктивной сложности электронного модуля

Суммировав количество контактов из таблицы пункта 4.4, определим конструктивную сложность. Малая сложность: менее 100 контактов, средняя сложность 100 – 300 контактов, высокая сложность – более 300 контактов.

В сумме вышло 76 контактов, поэтому сложность данного электронного модуля – малая.

## 5 Разработка печатной платы

Печатная плата (ПП) предназначена для размещения на ней компонент и связей между ними.

5.1 Выбор компоновочной структуры и типа печатной платы

Компоновочная структура ПП определяется элементной базой и

способом монтажа компонент при установке на печатную плату.

На печатную плату компоненты могут размещаться на одну или две

стороны, а сами компоненты могут монтироваться в отверстия или на

поверхностные площадки.

В соответствии со стандартом все компоновочные схемы разбиты на

типы и классы.

* Тип1- компоненты устанавливаются на одну сторону.
* Тип 2 –компоненты устанавливаются на две стороны ПП.
* Класс А – компоненты монтируются в отверстия,
* Класс Б – компоненты монтируются на поверхностные площадки,
* Класс С – смешанный монтаж.

Выбор компоновочной схемы ПП определяется приоритетными требованиями к изделию и элементной базой. Предполагается монтировать элементы на одну сторону печатной платы, компоненты монтируются в отверстия. Исходя из этого выбирается омпоновочная структура 1А.

Типы печатных плат могут быть:

* односторонние ОПП,
* двухсторонние ДПП,
* многослойные МПП.

При выборе типа ПП необходимо учитывать следующие факторы:

* выбранную компоновочную структуру ПП (для компоновочных схем 1А,1Б, 1С целесообразно применять ОПП и ДПП, для компоновочных схем 2А, 2Б, 2С - МПП с высокой плотностью монтажа);
* функциональную сложность цифрового модуля (при малой сложности применяют ОПП и ДПП, при средней сложности ДПП, при высокой сложности ДПП или МПП);
* технико-экономические показатели (стоимость, технологичность, уровень стандартизации, унификации, объем серии и прочее);
* возможность автоматизации и наличие конкретной технологической базы на предприятии - изготовителе.

Выберем тип печатной платы ДПП, так как схема относится к малому классу сложности и в схеме присутствует большое количество связей.

Таким образом будет разработана двухсторонняя печатная плата с компоновочной структурой 1А.

5.2 Выбор класса точности печатной платы

По российским стандартам (ГОСТ 23751….) существует 7 классов точности выполнения элементов печатного монтажа. В таблице 11 приведены первые 5 классов точности (классы 6 и 7 для плат средней сложности применять не целесообразно).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Условные обозначения элементов печатного монтажа | Класс точности | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| t (мм) | 0,75 | 0,45 | 0.25 | 0,15 | 0,10 |
| S (мм) | 0,75 | 0,45 | 0.25 | 0,15 | 0,10 |
| b (мм) | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,025 |
| d\H | 0,4 | 0,4 | 0,33 | 0,25 | 0,20 |
| (мм) без покрытия | +0,15 | +0,10 | +0,05 | +0,03 | +0.03 |
| (мм) без покрытия | -0,15 | -0,10 | -0,05 | -0,03 | -0.03 |
| (мм) с покрытием | +0,25 | +0,15 | +0,10 | +0,05 | +0,03 |
| (мм) с покрытием | -0,20 | -0,10 | -0,10 | -0,05 | -0,03 |
| (мм) | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,03 | 0,02 |

t- наименьшая номинальная ширина проводника,

S-наименьшее номинальное расстояние между проводниками,

b-минимально допустимая ширина контактной площадки,

d\H-отношение минимального диаметра контактной площадки к толщине платы,

(мм) –верхнее предельное отклонение ширины печатного проводника или контактной площадки от номинального значения,

(мм) - нижнее предельное отклонение ширины печатного проводника или контактной площадки от номинального значения,

- позиционный допуск на размещение проводника.

Выберем 3-й класс точности, учитывая приведенные факторы. В частности, сложность разрабатываемой платы (малая сложность).

## **5.3. Расчет габаритов ПП.**

Расчет габаритов ПП ведется в несколько этапов. Сначала выявляются конструкторско – технологические зоны на печатной плате для размещения разных элементов, потом определяются размеры этих зон и выполняется их компоновка на плоскости печатной платы. После компоновки выбираются габаритные размеры платы в соответствии с требованиями стандарта. После этого осуществляется размещение компонент на ПП. После размещения компонент при необходимости проводится корректировка габаритных размеров ПП.

На ПП могут быть следующие зоны:

* зона для размещения компонент,
* зона для размещения соединителя,
* зона для размещения элементов контроля функционирования,
* зона для размещения элементов крепления модуля,
* зона для маркировки,
* краевые поля ПП.

**Зона для размещения компонент.**

Площадь зоны рассчитывается по формуле:



Где  -установочная площадь i элемента.

 - коэффициент, зависящий от типа конструкции платы и приоритетных требований к конструкции. Для ДПП – в интервале (1,5 …2,5).

- количество компонентов.

При расчете площади, занимаемой компонентом, берется площадь прямоугольника, включающая корпус элемента и монтажные площадки.

Площадь определяется по формуле:



Где Li и Bi - стороны прямоугольника (в мм).

При установке габаритных элементов, имеющих форму отличную от прямоугольника, площадь берется равной площади, занимаемой компонентом с учетом зоны по периметру в 0,5 мм.

Составим расчетную таблицу для элементов:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Тип компонента | Li (мм) | Bi (мм) | n | (мм2) |
| 1 | ОМЛТ – 0.125 Вт | 10 | 10 | 11 | 1331 |
| 2 | К10-17 | 7.5 | 5.6 | 4 | 225 |
| 3 | К50-15 | 39 | 9 | 2 | 800 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ315Б | 7.2 | 3 | 3 | 98.4 |
| 5 | Стабилитрон Д817Г | 13 | 13 | 1 | 196 |
| 6 | Диод КД209А | 11 | 5 | 1 | 72 |
| 7 | Диод КД521В | 7.8 | 1.9 | 1 | 25.52 |
| 8 | Диод Д9Б | 13.5 | 3.5 | 1 | 65.25 |
| 9 | Стабилизатор КР142ЕН8А | 10.3 | 4.8 | 1 | 54.24 |
| 10 | Микросхема К561ЛА7 | 19.5 | 8 | 2 | 369 |
| 11 | Микросхема К561ИЕ14 | 19.5 | 8 | 2 | 369 |
| 12 | Микросхема К176ИД2 | 19.5 | 8 | 2 | 369 |
|  | Разъем 2 пин | 2.54 | 5.08 | 1 | 21.53 |
| 13 | Цифровой индикатор АЛС333Б | 19.5 | 10.2 | 2 | 459.2 |

Суммарная площадь = 4455.14 мм2.

=1.5 \* 4433.61 = 6682.71 мм2.

**Зона для размещения соединителя.**

Устройство не имеет соединителей с большим количеством выводом. Соединители для питания и щупа уже учтены в зоне размещения компонент.

**Зона для элементов управления и контроля функционирования.**

Элементов управления у устройства нет, площадь цифровых индикаторов, как элементов контроля функционирования уже учтена в зоне размещения компонент.

**Зона для размещения элементов крепления модуля.**

Элементы крепления модуля –это винты, защелки зоны для установки в направляющие, если используется выдвижная конструкция. Размеры зон выбираются по формуле:



Где Sкр площадь элемента крепления.

Sполя - площадь краевого поля, которая берется по периметру площади, занимаемой элементом крепления. Ширина краевого поля берется равной 5 – 7,5 мм

Модуль будет крепиться в корпусе прижимом за часть краевого поля шириной 2мм. Саму ширину краевого поля возьмем равной 5мм.

**Зона для маркировки.**

Маркировка будет размещаться непосредственно в зоне размещения компонент.

**Компоновка конструкторско-технологических зон.**

После расчета всех зон необходимо их скомпоновать на площади платы. Компоновку необходимо начать с зоны для размещения компонент постепенно подсоединяя к ней остальные зоны. При компоновке зон необходимо учитывать конструктивные особенности модуля и его способ закрепления в конструкции 2-го уровня. После компоновки необходимо определить габаритные размеры ПП. Размер ПП следует выбрать с учетом следующих требований ГОСТ:

* соотношение длины к ширине не более 3,
* размер по ширине рекомендуется выбирать из ряда: 20, 30, 40, 45, 50, 60, 75, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140,150, 160, 170, 200 мм.

Общая площадь компонентов равна 6682.71 мм2. Таким образом компоненты можно вписать в прямоугольник со сторонами 80мм и 90мм, учитывая краевые поля, размеры печатной платы получаются 90мм на 100мм. Площадь печатной платы будет равна 9000 мм2.

## **5.4. Определение толщины ПП.**

Толщину ПП выбирают в зависимости от конструктивных, технологических особенностей и механических нагрузок: вибраций и ударов при эксплуатации и транспортировке, которые могут вызвать механические перегрузки и привести к деформации и разрушению ПП.

Толщина платы выбирается из условий:

1. Толщину платы рекомендуется выбирать из предпочтительного ряда значений толщины для ОПП и ДПП. Предпочтительными являются значения: 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм. для стеклотекстолита и 1,0; 1,5; 1,0; 3,0 мм для гетинакса.
2. Отношение минимального диаметра отверстия к толщине должно быть не менее величины установленной стандартом для данного класса. Для 3-го класса точности это отношение должно быть не менее 0,33. Для качественной металлизации отверстий рекомендуется отношение для всех классов брать не менее 0,4.
3. Длина штыревого вывода, выступающего из отверстия платы должна быть не менее 0,5 мм для обеспечения надежной пайки.
4. Если применяется соединитель прямого сочленения, то толщина платы берется согласно указаниям на соединитель.
5. Учет механических нагрузок. При значительных механических нагрузках (Ударных, вибрациях) толщину платы необходимо брать больше. Толщина платы и её размеры влияют на частоту собственных колебаний, которая не должна быть равна частоте вибрации. В противном случае может быть разрушение печатной платы.
6. Учет конструктивных особенностей модуля и способа его закрепления в конструкции 2-го уровня. Для бескаркасных конструкций толщину платы необходимо взять не менее 1 мм. Для жесткого крепления платы, например, точечное крепление винтами, толщину платы можно брать небольшой, например, 0,8-1 мм.
7. Толщина платы определяется используемым материалом для основания ПП. Для стеклотекстолита берутся меньшие толщины, чем для гетинакса.

Так как не выдвигаются требования к высокой устойчивости к механическим нагрузкам можем взять толщину платы 1 мм. Минимальный размер отверстия на плате 0.8 мм. Отношение минимального диаметра отверстия к толщине для данного класса точности d/H=0,8/1=0,8>0,33. Условие 2) выполняется, при этом, желательно, чтобы данное отношение для любого класса точности было не менее 0,4 для качественной металлизации. Эта рекомендация также выполняется.

## **5.5 Выбор метода изготовления ПП.**

Для изготовления ДПП используют следующие технологические процессы:

* Комбинированный позитивный
* Комбинированный негативный
* Аддитивный
* Фотоформирование
* Электрохимический
* Тентинг процесс

Выбор технологического процесса определяется исходя из следующих факторов:

* Конструктивная сложность модуля. При средней и высокой сложности применяют комбинированные методы изготовления печатных плат
* Класс точности. Для 3-4 классов точности используют комбинированные методы
* Уровень модульности – печатный монтаж используют для модулей 0-го, 1-го и 2-го уровней
* Уровень технологического оснащения на производстве – если известна технологическая база предприятия, где предполагается изготовление данного изделия, то технологический процесс подбирают под заданную технологическую базу
* Тип производства. При мелкосерийном производстве часто рекомендуется использовать более простые технологические процессы, например, химические, а для массового производства используют, как правило, комбинированные методы.

Разрабатываемый модуль средней конструктивной сложности и классом точности печатной платы 3, следовательно, можно использоваться комбинированный метод. Выберем комбинированный позитивный метод.

## **5.6. Выбор материала основания ПП.**

Стеклотекстолит чаще других материалов применяется для изготовления основания жесткой платы. Стеклотекстолит обладает хорошими диэлектрическими свойствами, механической прочностью и химической стойкостью, долговечностью и безопасностью, допускается эксплуатация стеклотекстолита в условиях повышенной влажности.

Стеклотекстолит фольгированный марки СФ (ГОСТ 10316-78) - представляет собой листы, изготовленные на основе стеклотканей, пропитанных связующим на основе эпоксидных смол и облицованные с одной или двух сторон медной электролитической гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм. Изготавливается толщиной от 0,5 до 3,0 мм с основным размером листов 920x1030 мм, имеет очень высокие механические и электроизоляционные свойства, хорошо поддается механической обработке резкой, сверлением, штамповкой.

Таким образом можно сделать вывод что, стеклотекстолит марки СТФ-2-35 подходит по нашим требованиям.

## **5.7. Расчет элементов печатного рисунка.**

**Расчет диаметра отверстия контактной площадки.**

Диаметр рассчитывается с учетом диаметра вывода компонента, точности позиционирования отверстия, и необходимого зазора для обеспечения свободной установки вывода компонента при монтаже.



где:  -максимальное значение диаметра вывода компонента. Если сечение вывода имеет сложную форму, то в качестве диаметра принимается диаметр описываемой окружности.

r- зазор (разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода). Зазор выбирается конструктором для ручного монтажа из интервала (0,1-0.3) мм, а для автоматизированного монтажа и установки компонент – из интервала (0,3 – 0,4) мм.

- нижнее предельное отклонение диаметра отверстия.

Погрешность  возникает при изготовлении ПП и зависит от технологии изготовления ПП. Если отверстие без металлизации, то погрешность возникает при сверлении и имеет равные отклонения в плюс и минус. Если отверстия металлизируются, то допуски смещаются в минус примерно на 0,05 мм. Если согласно технологии, осуществляется оплавление сплавом олово – свинец, то допуск сместится в минус еще примерно на 0,03 мм. В таблице приведены допуски в плюс и в минус для пяти классов точности.

Для расчёта диаметра отверстия использовать значение допуска из таблицы в минус, так как именно уменьшение диаметра опасно (вывод компонента может не стать в отверстие).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр отверстия | Наличие металлизации и оплавления | Предельные отклонения диаметра отверстия | | | | |
| 1 класс | 2 класс | **3 класс** | 4 класс | 5 класс |
| До 1,0 мм включительно | Без металлизации | +0,10 | +0,10 | +0,05 | +0,05 | +0,025 |
| -0,10 | -0,10 | -0,05 | -0,05 | -0,025 |
| С металлизацией, без оплавления | +0,05 | +0,05 | 0 | 0 | 0 |
| -0,15 | -0,15 | -0,10 | -0,10 | -0,075 |
| С металлизацией и оплавлением | +0,05 | +0,05 | 0 | 0 | 0 |
| -0,18 | -0,18 | -0,13 | -0,13 | -0,13 |
| Свыше 1,0 мм | Без металлизации | +0,15 | +0,15 | +0,10 | +0,10 | +0,10 |
| -0,15 | -0,15 | -0,10 | -0,10 | -0,10 |
| С металлизацией, без оплавления | +0,10 | +0,10 | +0,05 | +0,05 | +0,05 |
| -0,20 | -0,20 | -0,15 | -0,15 | -0,15 |
| С металлизацией и оплавлением | +0,10 | +0,10 | +0,05 | +0,05 | +0,05 |
| -0,23 | -0,23 | -0,18 | -0,18 | -0,18 |

После расчета значение диаметра округляется в большую сторону до 0,1 мм. Диаметр отверстия выбирается из предпочтительного ряда диаметров отверстий: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0.

После выбора конкретного размера диаметра необходимо проверить условие: 

где H – толщина ПП,

-коэффициент, определяемый классом точности.

Если соотношение не выполняется, то диаметр увеличивают.

Отверстия предполагается металлизировать, технология изготовления платы включает также оплавление сплавом олово – свинец.

Элементы были сгруппированы в группы по выводам: 0.6 мм и 1мм.

Проверим условие d ≥ H ∗ γ

Найдем H\*γ = 1мм\*0,33=0,33мм.

Рассчитаем диаметр отверстия для всех групп выводов 

Выберем величину зазора для ручного монтажа 0.2 мм.

d1=0.8+0.2-(-0.13) = 1.13 = 1.2 мм

d2=1.2+0.2-(-0.13) = 1.53 = 1.6 мм

d2=2+0.2-(-0.13) = 2.33 = 2.4 мм

d2=4+0.2-(-0.13) = 1.33 = 4.4 мм

Составим таблицу элементов с диаметром вывода и рассчитанным диаметром отверстия:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Тип компонента** | **Диаметр выводов, мм** | **Диаметр отверстия, мм** |
| 1 | ОМЛТ – 0.125 Вт | 0.5 | 1.2 |
| 2 | К10-17 | 0.6 | 1.2 |
| 3 | К50-15 | 0.8 | 1.2 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ315Б | 0.97 | 1.2 |
| 5 | Стабилитрон Д817Г | 4 | 4.4 |
| 6 | Диод КД209А | 1.9 | 2.4 |
| 7 | Диод КД521В | 0.5 | 1.2 |
| 8 | Диод Д9Б | 0.4 | 1.2 |
| 9 | Стабилизатор КР142ЕН8А | 1.2 | 1.6 |
| 10 | Микросхема К561ЛА7 | 0.6 | 1.2 |
| 11 | Микросхема К561ИЕ14 | 0.6 | 1.2 |
| 12 | Микросхема К176ИД2 | 0.6 | 1.2 |
| 13 | Цифровой индикатор АЛС333Б | 0.6 | 1.2 |
|  | Разъем 2 пин | 0.64 | 1.2 |

**Расчет размеров контактных площадок.**

Для контактных площадок поверхностного монтажа расчет ведется исходя из размеров планарного (плоского) вывода компонента.

Контактные площадки со сквозными отверстиями обычно имеют круглую форму. Если форма отличается от круглой, то расчет ведут для окружности, вписываемой в данную форму. Расчет для контактных площадок со сквозными отверстиями ведется по формуле: 

Где d –диаметр отверстия

b – гарантированный поясок (в данном случае 0.1),

-верхнее отклонение ширины проводника (в данном случае 0.05),

- верхнее отклонение диаметра отверстия (в данном случае 0),

- позиционный допуск расположения центра контактной площадки (в данном случае 0.15),

- позиционный допуск расположения центра отверстия (в данном случае 0.08),

 - нижнее отклонение ширины проводника (в данном случае -0.05).

Расчетное значение округляется в большую сторону до 0,1 мм.

Рассчитаем диаметр контактной площадки для полученных отверстий:

мм

мм

мм

мм

Составим таблицу компонентов с диаметрами отверстий и контактных площадок:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Тип компонента** | **Диаметр отверстия, мм** | **Диаметр контактных площадок, мм** |
| 1 | ОМЛТ – 0.125 Вт | 1.2 | 1.7 |
| 2 | К10-17 | 1.2 | 1.7 |
| 3 | К50-15 | 1.2 | 1.7 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ315Б | 1.2 | 1.7 |
| 5 | Стабилитрон Д817Г | 4.4 | 4.9 |
| 6 | Диод КД209А | 2.4 | 2.9 |
| 7 | Диод КД521В | 1.2 | 1.7 |
| 8 | Диод Д9Б | 1.2 | 1.7 |
| 9 | Стабилизатор КР142ЕН8А | 1.6 | 2.1 |
| 10 | Микросхема К561ЛА7 | 1.2 | 1.7 |
| 12 | Микросхема К561ИЕ14 | 1.2 | 1.7 |
| 13 | Микросхема К176ИД2 | 1.2 | 1.7 |
| 14 | Цифровой индикатор АЛС333Б | 1.2 | 1.7 |
|  | Разъем 2 пин | 1.2 | 1.7 |

**Расчет ширины проводника.**

При расчете ширины проводника учитывают:

* класс точности,
* допустимый ток нагрузки,
* допустимое падение напряжения.

Ширина проводника выбирается из условия:



Где - расчетное значение ширины,

t – минимальная ширина проводника для заданного класса точности (для 3-го класса точности равна 0.25мм),

- ширина проводника, рассчитанная из условия допустимого тока,

 - ширина проводника, рассчитанная из условия заданного допустимого падения напряжения,

 - нижний допуск на ширину проводника (для 3-го класса точности равна 0.5мм).

*Расчет ширины проводника исходя из условия допустимого тока.*



 - максимальный ток через проводник,

i – плотность тока,

h – толщина проводника.

Так как материалом проводника является медная фольга i = 100 А/, h = 0.035mm.

*мм*

*Расчет ширины проводника исходя из условия допустимого падения напряжения.*



Где - удельное сопротивления слоя металла,

- максимальная длина проводника на печатной плате,

- допустимое падение напряжения на проводнике.

Удельное сопротивление для медной фольги равно 0.0000000172 Ом\*м

Максимальная длина проводника принимается равной сумме двух сторон платы.

= 80мм+90мм=170мм=0.17м

h = 0.035мм=0.000035м

= 1.2 В

= 0.0544 А

Выберем максимальное значение ширины проводника

= max(0.25; 0.0155; 0.03787)-0.05=0.25-0.05=0.2мм

Данное значение ширины проводника используют для узких мест. В местах, где возможно ширину проводника взять больше расчетной, рекомендуется её выбирать с запасом.

**Расчет расстояния между элементами печатного рисунка.**

Наименьшее расстояние между элементами печатного рисунка определяется по формуле:



Где - верхнее предельное отклонение ширины проводника.

- позиционный допуск расположения печатных проводников.

- минимально допустимое расстояние между элементами печатного рисунка. Это расстояние определяется приложенным напряжением и условиями эксплуатации. Зная допустимое напряжение, которое может быть приложено к печатным проводникам, по таблице можно найти данное расстояние.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние между проводниками (мм) | Значение допустимого напряжения (В) | | | | | | | |
| При нормальных условиях | | При повышенной температуре или повышенной влажности | | При пониженном атмосферном давлении | | | |
| 400 мм\рт.ст. | | 5 мм\рт.ст. | |
| ГФ | СФ | ГФ | СФ | ГФ | СФ | ГФ | СФ |
| 0,1-0,2 | - | 25 | - | 15 | - | 20 | - | 10 |
| 0,2-0,3 | 30 | 50 | 20 | 30 | 25 | 40 | 20 | 30 |
| 0,3-0,4 | 100 | 150 | 50 | 100 | 80 | 110 | 30 | 50 |
| 0,4-0,7 | 150 | 300 | 100 | 200 | 110 | 160 | 58 | 80 |
| 0,7-1,2 | 300 | 400 | 230 | 300 | 160 | 200 | 80 | 100 |
| 1,2-2,0 | 400 | 600 | 300 | 360 | 200 | 300 | 100 | 130 |
| 2,0-3,5 | 500 | 830 | 360 | 430 | 250 | 400 | 110 | 160 |

Используя, ранее выбранные материалы и учитывая допустимое напряжение выберем минимально допустимое расстояние между элементами печатного рисунка равным 0,2мм.

S= 0.2+0.05+0.05/2=0.275≈0.3мм

Полученное значение больше значения из таблицы для класса точности, значит оставляем полученное значение.

1. **Описание САПР, используемой при проектировании.**

DipTrace — программное обеспечение EDA/CAD для создания принципиальных схем и печатных плат. Разработчики предоставляют многоязычный интерфейс и обучающие программы (в настоящее время доступны на английском и 21 другом языке). DipTrace имеет 4 модуля: редактор схем, редактор компоновки печатных плат со встроенным автотрассировщиком на основе форм, а также предварительный просмотр и экспорт в 3D, редактор компонентов и редактор посадочных мест.

DipTrace Schematics — инструмент проектирования принципиальных схем, с поддержкой многолистовых и многоуровневых иерархических режимов, с рядом функций для визуальных и логических соединений контактов. Сквозное проектирование гарантирует, что принципиальные схемы могут быть легко преобразованы в печатную плату, снабжены обратными аннотациями или импортированы/экспортированы из/в другое программное обеспечение EDA, форматы CAD и списки цепей. Есть проверка ERC и экспорт в Spice для внешнего моделирования.

DipTrace PCB Layout — инструмент для проектирования плат с интеллектуальной ручной трассировкой, дифференциальными парами, выравниванием по длине, автотрассировщиком, расширенной проверкой DRC, менеджером слоёв и широкими возможностями импорта/экспорта. Требования к дизайну определяются классами цепей, правилами от класса к классу и подробными настройками по типам объектов для каждого класса или слоя. При трассировке с DRC в реальном времени программа сообщает об ошибках «на лету», до их создания. DRC также проверяет допуски для дифференциальных пар и управляет синхронизацией сигналов для цепей и шин, включая задержки сигналов. Плату можно предварительно просмотреть в 3D и экспортировать в формат STEP для дальнейшего моделирования.

Редактор компонентов позволяет использовать имеющиеся (более 140000 компонентов в стандартных библиотеках) или создавать свои компоненты и их библиотеки, с различными параметрами (визуальные и электрические параметры контакта, Spice-модель, 3D-модель). Имеются инструменты импорта BSDL и группового управления выводами. Поддерживается импорт библиотек из разных форматов EDA.

Редактор посадочных мест - позволяет создавать новые или редактировать существующие посадочные места компонентов. Имеет стандартные шаблоны для DIP, QFP, BGA и проч. Позволяет создавать собственные шаблоны, для создания сложных макетов есть возможность импорта из DXF.

Существует бесплатная версия DipTrace со всеми функциями полного пакета, за исключением того, что она ограничена 300 контактами, 2 сигнальными слоями и некоммерческим использованием.

1. **Разработка библиотеки компонент.**
   1. **Разработка библиотеки посадочных мест средствами Dip Trace.**

Библиотека разрабатывается в программе Dip Trace Pattern Editor. Запускаем программу и выполним настройки. Настройки в системе команд «Вид».

Включаем команды: свойства корпуса, стандартная, объекты, рисование, показывать комментарий, размеры корпуса, начало координат, сетка.

Выполним установки:

* Вид - номера контактных площадок - скрыть,
* Вид - номера контактных площадок – шрифт – авто
* Вид - единицы измерения – мм
* Вид-отображение сторон – контраст
* Вид - измерение стандартных – установим набор стандартных значений шагов координатной сетки 0,05; 0,5; 1,0; 1,25; 2,5мм и 0,635; 1,27; 2,54 мм. Это сделано по причине того, что в схеме присутствуют элементы российских и иностранных стандартов.
* Ширина линий рисования по умолчанию: 0,2 мм

Настройку в системе команд «Корпус» настроим в соответствии с пунктами 4 и 5, т.к. в этих пунктах описаны диаметры отверстий и контактных площадок для каждого элемента, присутствующего в схеме. При выполнении каждого элемента, будем руководствоваться информацией из таблиц, и менять значения в соответствии с данными.

* 1. **Разработка библиотеки компонент средствами Dip Trace.**

Библиотека разрабатывается в программе Dip Trace Component Editor. Запускаем программу и выполним настройки. Запустим программу и выполним настройки.

Выполнить следующие настройки в системе команд «Компонент»:

* Компонент - номера выводов – показать

Выполнить следующие настройки в системе команд «Вид»:

Включить команды:

* Вид - свойства компонента
* Вид – стандартная
* Вид – объекты
* Вид - показывать комментарий
* Вид - начало координат
* Вид - сетка

Выполнить установки:

* Вид - номера выводов – показать
* Вид - номера выводов - шрифт - 8п
* Вид - единицы измерения-мм
* Вид-изменение стандартных - установить набор значений шагов координатной сетки 0,05; 0,5; 1,0; 1,27, 2,0; 2,5; 2,54 и 10 мм. Шаг сетки выбирается в процессе работы оперативно из стандартной панели из заданного ряда.

Изменим настройки в пункте «Объекты»:

* Объекты - параметры установки выводов - тип – none
* Объекты - параметры установки выводов - показывать имя
* Объекты - параметры установки выводов - размер-5 мм
* Объекты - параметры установки выводов - расстояние по х – 4 мм.
* Объекты - параметры установки выводов - расстояние по y – 4 мм.

Ширина линий рисования по умолчанию: 0,25 мм.

После отрисовки всех компонент, к ним необходимо привязать корпуса по соответствию из библиотеки посадочных мест.

Обозначения:

C- конденсаторы,

DD- схемы интегральные цифровые,

HL- индикатор световой сигнализации,

R- резисторы,

VD- диод, стабилитрон,

VT- транзистор,

X- соединители (разъёмы),

HA – приборы звуковой сигнализации.

1. **Выполнение электрической принципиальной схемы средствами Dip Trace.**

Электрическая принципиальная схема выполняется в соответствиями с правилами ЕСКД. Размеры и начертания условных графических обозначений (УГО) элементов должно соответствовать стандартам.

Электрическая принципиальная схема выполняется в Dip Trace Schematic. Запустим программу. Подключим ранее созданную библиотеку в программу. Для этого выбрать команду «Библиотека - подключение библиотек».

Укажем следующие настройки для программы:

* Система единиц – мм
* Ширина линий для рисования:
* Линии связи: 0,2мм
* Линии шины: 0,6мм
* Диаметр узлов: 1мм
* Рамка и штамп: 0,6мм
* Линии таблицы: 0,2мм
* Тип шрифта: векторный 8pt
* Основной шаг координатной сетки – 1мм
* Вводимые атрибуты:
* Метка
* Тип (только для микросхем и транзисторов)
* Значение (только для резисторов, конденсаторов)

1. **Выполнение перечня элементов средствами Dip Trace.**

Перечень элементов представляется в виде самостоятельного документа, выполненного по ЕСКД. Перечень должен содержать 4 графы:

* Позиционное обозначение элемента. Указываются позиционные обозначения компонент согласно схемы. Компоненты записываются в перечень в алфавитном порядке для позиционных обозначений.
* Наименование элемента с указанием ГОСТ или ТУ, которым соответствует элемент. Указывается тип компонента схемы, номинальное значение, допуск и название документа на его применение (ГОСТ, ТУ и прочее). Номинальное значение и допуск указывают для таких компонент, как резистор, конденсатор, индуктивность.
* Количество. Указывается количество компонент данного типа.
* Примечание.

Допускается одинаковые компоненты указывать одной строкой. Если есть группы однотипных элементов, но разных наименований, то их можно указывать группой, а группу именуют, например, резисторы.

1. **Выполнение чертежа печатной платы средствами Dip Trace.**

Чертеж печатной платы выполняется в масштабе: 1:1, 1:2, 1:4 на нескольких листах (В максимальном случае на 6 листах).

Первый лист: на первом листе изображается основная и боковая проекции платы без топологии рисунка. Указываются габаритные размеры, крепежные отверстия и даются общетехнические требования. На первом листе могут быть показаны сечения платы с крепежными и монтажными отверстиями.

Второй и третий листы: на листах 2 и 3 располагают топологические рисунки с контактными площадками сторон А и Б соответственно. На этих листах также может быть представлена таблица для указания ширины проводников. На чертежах должна присутствовать координатная сетка. Оцифровка координат координатной сетки должна присутствовать на всех листах, кроме первого, где указываются только габаритные размеры. На листах 2 и 3 элементы маркировки не указывать.

Четвёртый и пятый листы: На 4,5 листах располагают слои маркировки сторон А и Б соответственно. Если маркировка на слое Б отсутствует, то лист 5 не исполняется.

Шестой лист: На листе 6 размещается чертёж печатной платы с условными обозначениями отверстий и таблица для указания параметров отверстий.

1. **Выполнение сборочного чертежа электронного модуля средствами Dip Trace.**

Сборочный чертеж и спецификация разрабатываются с помощью программы DIP-TRACE PCB Lyout. Выполняется в масштабе: 1:1, 2:1, 2.5:1, 4:1.

На первом листе размещается главный вид модуля и боковая проекция со всеми крепежными деталями. Размещение компонент на этом рисунке не указывается. На 2 и 3 ем листах представляются стороны А и Б с размещением компонент. Для модулей с односторонним размещением компонент допускается компоненты показывать непосредственно на рисунке с главным видом. В этом случае чертеж выполняется на одном листе.

Сборочный чертеж должен давать полное представление о конструкции модуля, поэтому чтобы показать сложные конструктивные участки, например, элементы крепления, фиксации и пр. необходимо показывать разрезы в этих местах. На чертеж наносят габаритные, установочные и присоединительные размеры, предельные отклонения, позиционные обозначения. Компоненты изображаются в упрощенном виде. Всем составным частям присваивают позиционные номера, которые указывают с помощью выносок вне поля платы. Сборочный чертеж должен содержать технические требования по монтажу и сборке.

1. **Выполнение спецификации.**

Спецификация представляет собой таблицу, содержащую перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, и конструкторских документов. Она выполняется на листах формата А4.

Спецификация содержит следующие графы:

* «Формат» -заполняется только для документации, при этом указывается формат, на котором выполнен документ.
* «Зона» -используется для больших и сложных сборочных чертежей, в которых поле чертежа разбивается на зоны. Используется редко.
* «Поз.»-указывается позиция на сборочном чертеже. Позиции обозначают цифрами в порядке возрастания.
* «Обозначение» -указывают децимальный номер документа. Заполняется только для документации.
* «Наименование»-указывается наименование документа, детали . компонента и прочее. Для компонент в этой графе указывают также ГОСТ или ТУ, по которым выполнен компонент.
* «кол.» - указывают количество однотипных элементов.
* «Примечание» -указывают позиционные обозначения для компонент согласно электрической принципиальной схемы.

1. **Распечатка конструкторских документов.**

Состав графической части:

1. Схема электрическая принципиальная.
2. Перечень элементов к схеме электрической принципиальной.
3. Чертеж печатной платы (5 листов).
4. Сборочный чертеж модуля.
5. Спецификация.
6. **Поверочные расчеты.**
   1. **Расчет надежности.**

Исходные данные для расчета:

* принципиальная электрическая схема с указанием типов компонент,
* топология печатной платы
* режимы работы всех компонент
* условия эксплуатации изделия
* значения интенсивностей отказов компонент и элементов печатного монтажа.

Выявить все элементы конструкции, которые влияют на работоспособность. Это:

* электрорадиоэлементы,
* элементы печатного монтажа,
* соединитель.

В графе 1 перечисляются все компоненты и элементы печатного монтажа, влияющие на надежность.

В графе 2 устанавливается значение коэффициента k 1, учитывающего механические воздействия. Он определяется объектом размещения.

|  |  |
| --- | --- |
| Объект | k1 |
| лаборатория | 1 |
| портативные | 1,07 |
| Корабль | 1,37 |
| Автомобиль | 1,46 |
| Ж\.Д транспорт | 1,54 |
| Гусеничный транспорт | 1,6 |
| Самолет | 1,65 |

В графе 3 устанавливается значение коэффициента k2, который зависит от максимальной температуры и влажности при которых эксплуатируется изделие. Он определяется:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| температура | влажность | k2 |
| 20-40 градусов C | До 70% | 1 |
| Более 40 гр. | До 70% | 1,5 |
| До 25 градусов с | 70 – 100% | 2,0 |
| Свыше 25 градусов | 70 – 100% | 2,5 |

В графе 4 устанавливается значение коэффициента K3, который зависит от высоты над уровнем моря и определяется по таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота км. | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3-5 | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-15 | 15-20 | 20-25 |
| K3 | 1 | 1,05 | 1.1 | 1,14 | 1,16 | 1,2 | 1,25 | 1,3 | 1,35 | 1,38 |

Коэффициенты k1, k2, k3 для всех элементов одинаковы.

Учитывая требования к устройству k1 = 1, k2 = 2.5, k3 = 1.

Коэффициент kni нагрузки вычисляется только для компонент. Он вычисляется исходя из электрического режима работы i-го компонента индивидуально по одному или нескольким электрическим параметрам. В общем случае он равен

kni = Эр\Эдоп

Где Эр –рабочий параметр компонента. Находится путем расчета режима работы схемы.

Эдоп –допустимый рабочий параметр компонента. Находится по справочным данным для каждого конкретного компонента.

Для микросхем коэффициент определяется по числу нагрузок. В справочниках обычно указывается максимальное число нагрузок подключаемых к выходу микросхемы. Если число нагрузок менее 30%, то kn =0,4, если число нагрузок от 30% до 70%, то kn=0,7, если число нагрузок более 70% то kn=1. Расчет необходимо провести по всем выходам микросхемы и взять большее значение. Если kn для отдельных элементов рассчитать не удается, то он принимается равным 1.

Коэффициент  зависит от kni и от температуры корпуса компонента. В общем случае эта зависимость сложная и нелинейная. Для учебных целей используем линейную зависимость и рассчитываем  по формулам:

= 1,0\* kni -при температуре корпуса компонента менее 30 градусов Цельсия.

=1,5\* kni -при температуре корпуса компонента от 30 до 50 градусов Цельсия.

=2,0\* kni -при температуре корпуса компонента более 50 градусов Цельсия.

Для элементов печатного монтажа и элементов, не выделяющих тепло, коэффициент  принять равным 1. Температуру корпусов компонентов для расчетов принять одинаковой для всех компонентов с учетом перегрева субблока по отношению к температуре внешней среды на 20 градусов и перегрева корпуса компонента относительно температуры субблока на 10 градусов.

В графе 7 указывается интенсивность отказов элементов.

|  |  |
| --- | --- |
| Вид компонента или элемента монтажа | (1\час) |
| Микросхема | 0,1\* 10-7 |
| Резистор | 0,5\*10-8 |
| Конденсатор | 0,8\* 10-8 |
| Диод | 0,1\* 10-7 |
| Транзистор | 0,2\* 10-7 |
| Мощный транзистор | 0,5\* 10-7 |
| Пайка | 0,5\* 10-9 |
| Переходное отверстие | 1,0\* 10-9 |
| Контакт разъема | 0,5\* 10-8 |
| Печатная плата (1 дм на 1 слой) | 1,0\* 10-7 |
| Проводник (1 м) | 0,2\* 10-9 |

В графе 8 указываются интенсивности отказов компонент и элементов печатного монтажа с учетом условий эксплуатации и режимов работы.

 определяется по формуле:

=k1\*k2\*k3\*\*

В графе 9 записываются значения произведений, где ni –число элементов указанных одной строкой таблицы.

Заполним таблицу данных для расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компонент | k1 | k2 | k3 |  |  |  |  |  |
| Дешифратор К555ИД7 (1) | 1 | 2.5 | 1 | 0.7 | 1.4 | 0,1\* 10-7 | 0.35\* 10-7 | 0.35\* 10-7 |
| Счетчик К155ИЕ2 (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 0.5\* 10-7 |
| Микросхема К155ЛА8 (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 0.5\* 10-7 |
| Микросхема К155ЛА3 (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 0.5\* 10-7 |
| цифровой индикатор АЛС321А (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 0.5\* 10-7 |
| Индикатор АЛС311А (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 0.5\* 10-7 |
| Транзистор КТ315А (1) | 1 | 2.5 | 1 | 0.2 | 0.4 | 0,2\* 10-7 | 0.2\* 10-7 | 0.2\* 10-7 |
| Транзистор КТ361А (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,2\* 10-7 | 1\* 10-7 | 1\* 10-7 |
| Транзистор КТ3102В (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,2\* 10-7 | 1\* 10-7 | 1\* 10-7 |
| Диод КД522Б (2) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 1\* 10-7 |
| Диод 1N4001 (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,1\* 10-7 | 0.5\* 10-7 | 0.5\* 10-7 |
| Резистор МЛТ-0,125 (17) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,5\*10-8 | 2.5\*10-8 | 42.5\* 10-8 |
| Конденсатор K10-43б (4) | 1 | 2.5 | 1 | 0.1 | 0.2 | 0,8\* 10-8 | 0.4\*10-8 | 1.6\* 10-8 |
| Конденсатор поляризованный  К53-1 (2) | 1 | 2.5 | 1 | 0.16 | 0.32 | 0,8\* 10-8 | 0.64\*10-8 | 1.28\* 10-8 |
| Пьезодинамик  YHE12-05 (1) | 1 | 2.5 | 1 | 1 | 2 | 0,5\*10-8 | 2.5\*10-8 | 2.5\* 10-8 |
| Разъем 1пин (1) | 1 | 2.5 | 1 | - | 1 | 0,5\* 10-8 | 1.25\*10-8 | 1.25\* 10-8 |
| Разъем 2пин (1) | 1 | 2.5 | 1 | - | 1 | 0,5\* 10-8 | 1.25\*10-8 | 1.25\* 10-8 |
| Проводники | 1 | 2.5 | 1 | - | 1 | 0,2\* 10-9 | 0.5\* 10-9 | 0.5\* 10-9 |
| Печатная плата(0.51 дм2) | 1 | 2.5 | 1 | - | 1 | 0,51\* 10-7 | 3.1875\* 10-7 | 1.6256\* 10-7 |

Интенсивность отказов печатного блока будет определяться по формуле:

 = 11,6686 \* 10-7 (1\час)

Наработка на отказ определяется по формуле:

Т0 =1\(час)=857000 (час)

Вероятность безотказной работы за время t определяется по формуле:

= 0.999972

Вероятность отказа за время t определяется по формуле:

= 1-0.999972=0.000028

Вероятности посчитаны за 24часа.

* 1. **Расчет уровня стандартизации и унификации.**

Уровень стандартизации и унификации определяется по формуле:



где:

 -уровень стандартизации и унификации в процентах

 -число стандартных деталей (Детали, выполненные на предприятии по стандартам, например, болты, гайки, стальные уголки и пр.)

 -число деталей, заимствованных из предыдущих изделий, выпускаемых данным предприятием.

 - число покупных изделий (Число покупных компонент)

 -общее число деталей, которое кроме перечисленных выше включает также уникальные детали, например, печатную плату.

Общее число деталей, согласно спецификации, составляет =39 шт. Уникальной деталью является только ПП. Остальные детали - покупные. Исходя из этого, уровень стандартизации и унификации составляет:

Y=100\*38/39=97.44%

* 1. **Тепловой расчет.**

Из тепловых расчетов в курсовом проекте выполняется только предварительный тепловой расчет, который используется для выбора системы охлаждения. Для проведения предварительного расчета не требуются точные данные о конструкции. В качестве исходных данных используются:

* мощность, рассеиваемая блоком. Вычисляется на этапе анализа электрической схемы.
* габаритные размеры печатной платы с установленными на ней компонентами,
* максимальную температуру внешней среды с учетом перегрева корпуса прибора.
* минимальную допустимую рабочую температуру компонента.

1)Находим температуру допустимого перегрева субблока. Она определяется:



где:

-допустимая рабочая температура компонента. Выбирается по самому наихудшему компоненту по критерию устойчивости к повышенной температуре. Наименее устойчивы к повышенной температуре цифровые индикаторы (+70 °C).

 - максимальная для заданной климатической зоны температура внешней среды. Для данной климатической зоны +60 °C.

 - температура перегрева корпуса, в который будет установлена плата. Для учебных целей зададимся температурой перегрева корпуса, равной 10 градусам.

= 70-(60+10)=0 °C

2)Находим мощность, рассеваемую субблоком.



где pi – мощность, рассеиваемая i-ым компонентом.

Так как мы знаем максимальную силу тока и напряжение можем применить другую формулу.

P=U\*I=5\*0.107=0.535 Вт

3)Находим площадь, через которую будет рассеиваться тепло. Печатную плату с установленными на ней компонентами условно представляем моделью в виде пластины и считаем, что площадь рассеивания равна двум площадям платы.



где H и L - габаритные размеры платы.

Считаем, что тепло распределяется по поверхности платы равномерно (Если данное условие не выполняется, то площадь платы в расчете необходимо уменьшить до величины площади, занимаемой теплонагруженными компонентами).

Возьмем для расчета площадь, занимаемую компонентами.

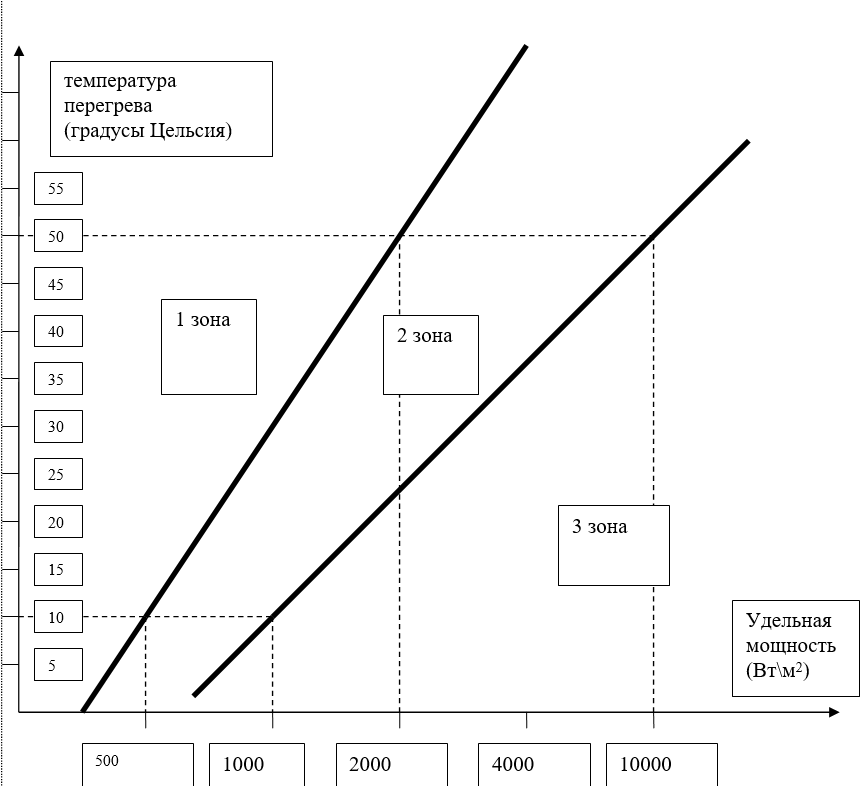
S = 2\*(50\*75) = 7500 = 0.0075

4)Находим удельную мощность рассеивания на единицу площади:

=0.535/0.0075=71.33 Вт/

По диаграмме находим точку, характеризующую тепловой режим работы субблока и определяем зону, в которую она попала.

Точка попала в зону 1, следовательно, достаточно естественного воздушного охлаждения.



1. **Заключение и выводы.**

В ходе выполнения курсового проекта, первоначально было разработано техническое задание в соответствии с предоставленной схемой. Далее был произведен анализ технического задания для выявления наиболее важных параметров необходимых при разработке устройства. Следующим этапом был сбор информации об элементной базе и расчеты параметров для них необходимые для создания библиотеки компонент. Была разработана библиотека посадочных мест и библиотека компонент в соответствии с полученными значениями. Далее была разработана принципиальны схема и модель печатной платы. Для платы была создана техническая документация: чертеж печатной платы, сборочный чертеж, спецификация, перечень элементов и принципиальная электрическая схема.

Разработанная печатная плата соответствует критериям, указанным в техническом задании.

Была разработана интегрированная библиотека компонент для системы автоматизированного проектирования DIP-TRACE. Также были освоены входящие в данный пакет программы: PCB Lyout, Schematic, Component Editor, Pattern Editor.