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

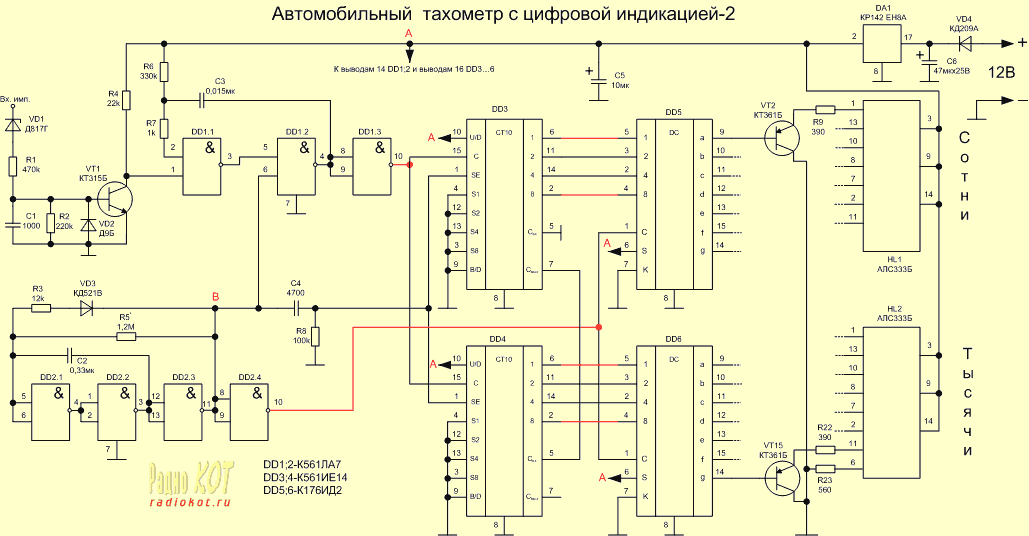


Рисунок 1 – Цифровой тахометр с цифровой индикацией

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

На электрический соединитель необходимо вывести контакты для шин «питание» и «земля» и контакты для подачи измеряемого напряжения («+ и –»). Таким образом, логичнее сделать два соединителя по два контакта. В данном случае нет необходимости оставлять резервные контакты. Так как к модулю подключается питание и измеряемое напряжение, то целесообразно на плате сделать соединитель типа «вилка».

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 |  |  |  |
| 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 |  |
| 7 | Диод Д9Б |  |  |  |
| 8 | Стабилизатор КР142ЕН8А |  | Микросхема КР142ЕН8А, характеристики, параметры, даташит, аналоги |  Микросхема КР142ЕН8А - купить с гарантией и доставкой по цене от 80.00  рублей |  |
| 9 | Микросхема К561ЛА7 |  | К561ЛА7 - корпус микросхемы |  |
| 10 | Микросхема К561ИЕ14 |  | К561ИЕ14 - корпус микросхемы |  |
| 11 | Микросхема К176ИД2 |  | К561ИЕ14 - корпус микросхемы |  |
| 12 | Цифровой индикатор АЛС333Б |  |  |  |

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 | Аналогово-цифровой преобразователь для 3-разрядного дисплея  СА3162Е | Штыревой | 0.5×0.25 | Диагональ 0.56 |
| 2 | Дешифратор для 7-сегментного полупроводникового цифрового индикатора КР514ИД2 | Штыревой | 0.5×0.34 | Диагональ 0.6 |
| 3 | Индикатор знакосинтезирующий АЛ324Б | Штыревой | ⌀0.6 | Диаметр 0.6 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ361 | Штыревой | 0.95×0.2 | Диагональ 0.97 |
| 5 | Конденсатор керамический K10-79-H90 | Планарный | 0.7×3.2 | Диагональ 3.27 |
| 6 | Конденсатор керамический K10-79-МП0 | Планарный | 1×3.2 | Диагональ 3.35 |
| 7 | Конденсатор электролитический К50-15 | Гибкий | ⌀0.8 | Диаметр 0.8 |
| 8 | Резистор постоянный ОМЛТ-0.125 | Гибкий | ⌀0.5 | Диаметр 0.5 |
| 9 | Подстроечный резистор СП3-19а, 0.5 Вт | Штыревой | ⌀0.5 | Диаметр 0.5 |
| 10 | Разъём PLS-2R (вилка штыревая) | Штыревой | 0.64×0.64 | Диагональ 0.91 |

Целесообразно объединить в группы компоненты со штыревыми и гибкими выводами:

* Группа 1 – элементы № 1, 2, 3, 8, 9 – диаметр 0.6 мм;
* Группа 2 – элементы № 4, 10 – диаметр 0.97 мм;
* Группа 3 – элементы № 7 – диаметр 0.8 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 | Аналогово-цифровой преобразователь для 3-разрядного дисплея  СА3162Е | 1 | 2.54 | 8.5 | 16 |
| 2 | Дешифратор для 7-сегментного полупроводникового цифрового индикатора КР514ИД2 | 1 | 2.5 | 7.5 | 14 |
| 3 | Индикатор знакосинтезирующий АЛ324Б | 3 | 2.5 | 7.5 | 10 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ361 | 3 | 2.5 | - | 3 |
| 5 | Конденсатор керамический K10-79-H90 | 2 | - | - | 2 |
| 6 | Конденсатор керамический K10-79-МП0 | 1 | - | - | 2 |
| 7 | Конденсатор электролитический К50-15 | 1 | - | - | 2 |
| 8 | Резистор постоянный ОМЛТ-0.125 | 16 | - | - | 2 |
| 9 | Подстроечный резистор СП3-19а, 0.5 Вт | 2 | Равносторонний треугольник со стороной 3.2 | | 3 |
| 10 | Разъём PLS-2R (вилка штыревая) | 2 | 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 119 контактов, поэтому сложность данного электронного модуля – средняя.

## 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. В данной работе используются с штыревыми, гибкими и планарными выводами. Поэтому выбираем класс С – смешанный монтаж. Компоненты будем размещать на одно стороне – тип 1. Таким образом компоновочная схема относится к 1С.

Для компоновочных схем 1А,1Б, 1С целесообразно применять ОПП и ДПП. Так как сложность цифрового модуля средняя, то остановим выбор на ДПП.

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 (средняя сложность).

5.3 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:

-конструктивной сложности модуля;

- класса точности;

-уровня модульности;

-уровнем технологического оснащения на производстве;

-типом производства (мелкосерийное, серийное. массовое).

Разрабатываемый модуль средней конструктивной сложности и классом точности печатной платы 3, следовательно, может использоваться комбинированный метод. Выберем комбинированный позитивный метод, так как это наиболее распространённый метод.

5.4 Выбор материала основания ПП

При выборе материала основания ПП необходимо учесть:

-тип конструкции ПП (ОПП, ДПП, МПП);

-класс точности;

-механические воздействия;

-климатические воздействия;

-требования к электрическим параметрам печатной платы;

-технологию изготовления ПП;

-стоимость.

Так как плата должна быть устойчива к внешним воздействиям (перепадам температур и влажности), то целесообразно выбрать стеклотекстолит в качестве материала для основания. Он обладает хорошей влагостойкостью, прочностью, устойчив к воздействие высоких температур. Марку стеклотекстолита выберем СТФ-2-35. (стеклотекстолит фольгированный с гальваностойкой фольгой, покрытый с двух сторон слоями фольги толщиной 35мкм).

5.5 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.

Толщину платы выберем, согласно условиям:

* Длина штыревого вывода, выступающего из отверстия платы должна быть не менее 0,5 мм для обеспечения надежной пайки.

Минимальная длина штыревого вывода у элемента – 3.0 мм. Следовательно, необходимо брать плату толщиной не более 2.5 мм.

* Отношение минимального диаметра отверстия к толщине (d/H) должно быть не менее величины установленной стандартом для данного класса. Для качественной металлизации отверстий рекомендуется отношение для всех классов брать не менее 0,4.

Минимальный диаметр отверстия 0.6 мм. Согласно этому условию, толщина платы должна быть не более 1.5 мм.

* Для жесткого крепления платы, например точечное крепление винтами, толщину платы можно брать небольшой, например 0,8-1 мм.
* Учет механических нагрузок. При значительных механических нагрузках (Ударных, вибрациях) толщину платы необходимо брать больше.

Исходя из всех условий выберем толщину печатной платы равной 1.5 мм. Такая толщина доступа для СТФ-2-35.

5.6 Расчёт 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.

5.6.1 Зона для размещения компонент

Площадь зоны рассчитывается по формуле:

Где – установочная площадь i-того элемента;

– коэффициент, зависящий от типа конструкции платы и приоритета к конструкции. Для ДПП – в интервале (1,5 …2,5). Так как нет требования «минимальные габариты», то возьмём коэффициент равным 1.5.

– количество компонент.

При расчете площади, занимаемой компонентом, берется площадь прямоугольника, включающая корпус элемента и монтажные площадки. Площадь определяется по формуле:

Где и – 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. Если компоненты устанавливаются на радиаторы, то берутся зоны для установки радиаторов. Если при установке компонента используются элементы крепежа, то зону необходимо рассчитывать с учетом элементов крепежа.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название компонента | n, шт | L, мм | B, мм | , мм2 | n·, мм2 |
| 1 | Аналогово-цифровой преобразователь для 3-разрядного дисплея  СА3162Е | 1 | 20 | 8.5 | 199.5 | 199.5 |
| 2 | Дешифратор для 7-сегментного полупроводникового цифрового индикатора КР514ИД2 | 1 | 19.5 | 7.5 | 174.25 | 174.25 |
| 3 | Индикатор знакосинтезирующий АЛ324Б | 3 | 19.5 | 10.2 | 229.6 | 688.8 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ361 | 3 | 7.2 | 3 | 32.8 | 98.4 |
| 5 | Конденсатор керамический K10-79-H90 | 2 | 2 | 1.25 | 6.75 | 13.5 |
| 6 | Конденсатор керамический K10-79-МП0 | 1 | 4.5 | 3.2 | 23.1 | 23.1 |
| 7 | Конденсатор электролитический К50-15 | 1 | 35+2·5 | 9 | 460 | 460 |
| 8 | Резистор постоянный ОМЛТ-0.125 | 16 | 6+2·5 | 2.2 | 54.4 | 870.4 |
| 9 | Подстроечный резистор СП3-19а, 0.5 Вт | 2 | - | - | 15.59 | 31.17 |
| Итого ( | | | | | | 2559.12 |

Таким образом:

5.6.2 Зона для размещения соединителя

Определяется исходя из габаритов соединителя и краевых полей для соединителя. Дело в том, что около соединителя со стороны подвода печатных проводников обычно создается высокая концентрация печатных проводников, особенно для соединителей с большим числом контактов. Для этого необходимо с данной стороны соединителя предусмотреть поле с расстоянием до зоны размещения компонент 10-20 мм. Расчет площади зоны для соединителя с прямоугольным корпусом осуществляется по формуле для разъёма, размещаемого на краю платы:

Где и – габаритные размеры соединителя.

Таким образом, для каждого из двух соединителей, размещаемых на краю печатной платы:

5.6.3 Зона для элементов управления и контроля функционирования

Элементы управления и контроля были учтены при расчёте площади для установки компонент.

5.6.4 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 – площадь элемента крепления;

– площадь краевого поля. Для плат толщиной до 1мм -2,5 – 5 мм. Для плат с толщиной от 1 до 2 мм - 5 – 7,5 мм. Толщина разрабатываемой платы равна 1.5 мм, возьмём ширину равной 5 мм. Крепление планируется на винтах типа М4 (диаметр резьбы 4 мм, диаметр головки 7 мм). Тогда:

Так как таких элементов четыре, то:

5.6.5 Зона для маркировки

Маркировка будет наноситься в зоне для установки компонент. Это делается для маркировки позиционных обозначений компонент, их номиналов, типа компонента. Отдельную зону выделять необязательно

5.6.6 Краевые поля ПП

Краевые поля ПП это поля по периметру платы, на которых не могут размещаться элементы печатного монтажа. Краевое поле зависит от толщины платы и выбирается в интервале для плат с толщиной от 1 до 2 мм - 5 – 7,5 мм. Ранее было выбрано краевое поле толщиной 5 мм. На краевых полях также разместим зоны крепления модуля и соединителя.

5.6.7 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 печатной платы, с учётом найденных ранее площадей:

По длине выберем 110 мм, по ширине выберем из ряда – 50 мм. Размер 110×50 мм2 удовлетворяет первому условию и чуть больше рассчитанной площади печатной платы.

5.7 Расчёт элементов печатного рисунка

5.7.1 Расчёт 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.

– 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 третьего класса точности.

|  |  |
| --- | --- |
| Диаметр отверстия | Наличие металлизации и оплавления |
| 3 класс |
| До 1,0 мм  включительно | Без металлизации | +0,05 |
| -0,05 |
| С металлизацией, без оплавления | 0 |
| -0,10 |
| С металлизацией и оплавлением | 0 |
| -0,13 |
| Свыше  1,0 мм | Без металлизации | +0,10 |
| -0,10 |
| С металлизацией, без оплавления | +0,05 |
| -0,15 |
| С металлизацией и оплавлением | +0,05 |
| -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 ранее были сгруппированы:

* Группа 1– диаметр 0.6 мм;
* Группа 2 – диаметр 0.97 мм;
* Группа 3 – диаметр 0.8 мм.

Проверим условие. Каждый или . Рассчитаем для всех групп выводов . Выберем величину зазора равной 0.1 мм, так как изделие мелкосерийное и выгоднее использовать ручной монтаж. Таким образом:

Все значения удовлетворяют условию Составим таблицу элементов с диаметром выводов и рассчитанным диаметром отверстия.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Название компонента | Диаметр выводов, мм | Диаметр отверстия, мм |
| 1 | Аналогово-цифровой преобразователь для 3-разрядного дисплея  СА3162Е | 0.56 | 0.9 |
| 2 | Дешифратор для 7-сегментного полупроводникового цифрового индикатора КР514ИД2 | 0.6 | 0.9 |
| 3 | Индикатор знакосинтезирующий АЛ324Б | 0.6 | 0.9 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ361 | 0.97 | 1.3 |
| 5 | Конденсатор электролитический К50-15 | 0.8 | 1.1 |
| 6 | Резистор постоянный ОМЛТ-0.125 | 0.5 | 0.9 |
| 7 | Подстроечный резистор СП3-19а, 0.5 Вт | 0.5 | 0.9 |
| 8 | Разъём PLS-2R (вилка штыревая) | 0.91 | 1.3 |

5.7.2 Расчёт размеров контактных площадок

Для контактных площадок поверхностного монтажа расчет ведется исходя из размеров планарного (плоского) вывода компонента. Например, для микросхем с планарными выводами размер планарного вывода может быть равным 0,6\*(2,1-2,5) мм. Следовательно контактная площадка берется с данными размерами, увеличенными на допуск , взятый для выбранного класса точности.

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 – диаметр отверстия;

– гарантированный поясок. Определяется для выбранного класса по таблице;

– верхнее отклонение ширины проводника. Определяется по таблице;

– верхнее отклонение диаметра отверстия. Определяется по таблице;

– позиционный допуск расположения центра контактной площадки. Определяется по таблице;

– позиционный допуск расположения центра отверстия. Определяется по таблице;

– нижнее отклонение ширины проводника. Определяется по таблице.

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

Определим значения коэффициентов по указанным в методических указаниях таблицам:

Рассчитаем диаметр контактной площадки для каждого диаметра отверстий (0.9 мм, 1.1 мм, 1.3 мм).

Составим таблицу компонентов с диаметрами отверстий и размерами контактных площадок.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Название компонента | Диаметр отверстия, мм | Диаметр/Размер контактной площадки, мм |
| 1 | Аналогово-цифровой преобразователь для 3-разрядного дисплея  СА3162Е | 0.9 | 1.4 |
| 2 | Дешифратор для 7-сегментного полупроводникового цифрового индикатора КР514ИД2 | 0.9 | 1.4 |
| 3 | Индикатор знакосинтезирующий АЛ324Б | 0.9 | 1.4 |
| 4 | Транзистор кремниевый p-n-p КТ361 | 1.3 | 1.8 |
| 5 | Конденсатор керамический K10-79-H90 | - | 1.25×0.7 |
| 6 | Конденсатор керамический K10-79-МП0 | - | 3.2×1 |
| 7 | Конденсатор электролитический К50-15 | 1.1 | 1.6 |
| 8 | Резистор постоянный ОМЛТ-0.125 | 0.9 | 1.4 |
| 9 | Подстроечный резистор СП3-19а, 0.5 Вт | 0.9 | 1.4 |
| 10 | Разъём PLS-2R (вилка штыревая) | 1.3 | 1.8 |

5.7.3 Расчёт ширины проводника

При расчете ширины проводника учитывают:

-класс точности;

-допустимый ток нагрузки;

-допустимое падение напряжения.

Где – расчётное значение ширины;

– минимальная ширина проводника для заданного класса точности. Определяется по таблице.

– ширина проводника, рассчитанная из условия допустимого тока.

– ширина проводника, рассчитанная из условия заданного допустимого падения напряжения.

– нижний допуск на ширину проводника. Определяется по таблице.

Определим значения по таблице в методических указаниях: ,

*Ширина проводника, рассчитанная из условия допустимого тока*:

Где – максимальный ток через проводник;

– плотность тока;

– толщина проводника.

Плотность тока определяется материалом проводника. Так как используется медная фольга, то . Так как выбран стеклотекстолит СТФ-2-35, .

*Ширина проводника, рассчитанная из условия допустимого падения напряжения:*

Где – максимальный ток через проводник;

– удельное сопротивление слоя металла;

– максимальная длина проводника на печатной плате;

– допустимое напряжение на проводнике.

Максимальная длина проводника принимается равной сумме двух сторон платы. Допустимое падение напряжения для цифровых схем берется 10% от питающего напряжения. В качестве проводника выступает медная фольга. Таким образом значения параметров равны:

Таким образом

*Минимальная ширина проводника для заданного класса точности* согласно справочным материалам равна 0.25.

Тогда

Данное значение ширины проводника используют для узких мест. В местах, где возможно ширину проводника взять больше расчетной, рекомендуется её выбирать с запасом. Выберем для проводников ширину равную 0,4 мм. Ширину шин питания выбирают не менее 1 мм.

По проводникам с измеряемым напряжением будет течь ничтожно малый ток, поэтому будем делать их толщиной, аналогичной ранее высчитанной.

5.7.4 Расчёт расстояния между элементами печатного рисунка

Наименьшее расстояние между элементами печатного рисунка определяется по формуле:

Где – верхнее предельное отклонение ширины проводника. Определяется по таблице;

– позиционный допуск расположения печатных проводников. Определяется по таблице;

– минимально допустимое расстояние между элементами печатного рисунка. Это расстояние определяется приложенным напряжением и условиями эксплуатации. Определяется по таблице, исходя из допустимого напряжения:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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(СТФ-2-35, 5 В, всеклиматическое исполнение) выберем минимально допустимое расстояние между элементами печатного рисунка равным 0.25 мм.

Наименьшее расстояние между элементами печатного рисунка:

– больше, чем заданное наименьшее.

## 6. Описание САПР, используемой при проектировании

Автоматизированная программа DIP TRACE предназначена для проектирования печатных плат. Пакет программы состоит из четырёх взаимосвязанных приложений, причем отдельные приложения могут функционировать самостоятельно, даже если другие программы не установлены на компьютере. Пакет содержит следующие приложения: DIP TRACE Schematic; DIP TRACE PCB Layout; DIP TRACE Pattern Editor; DIP TRACE Component Editor.

Программа DIP TRACE Schematic является графическим редактором схем. С помощью неё выполняется принципиальная электрическая схема электронного узла, который затем размещается на печатной плате.

Программа DIP TRACE PCB Layout является графическим редактором и используется для разработки печатной платы.

Программа DIP TRACE Pattern Editor предназначена для создания посадочных мест элементов на печатную плату. Посадочные места объединяются в библиотеки и в дальнейшем используются программой DIP TRACE PCB Layout при выполнении чертежа печатной платы.

DIP TRACE Component Editor используется для создания условных графических обозначений элементов и интегрированных библиотек компонентов.

## 7. Разработка библиотеки компонент

Для разработки библиотеки компонент используется информация об элементной базе, представленная в разделе 5.

7.1 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 - изменение 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 отечественных и иностранных стандартов.

Ширина линий рисования по умолчанию: 0,2 мм.

Настройку в системе команд «Корпус» настроим в соответствии с пунктами 5.7.1 и 5.7.2, так как 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.