Министерство общего и профессионального образования РФ

Ижевский государственный технический университет

Кафедра ’КРА’

# ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## К КУРСОВОЙ РАБОТЕ ПО КУРСУ

**’КТОП ЭВМ’**

### Выполнил:

Руководитель:

## Ижевск

2000

**Содержание**

1. Техническое задание ………………………………………………………….
   1. Наименование и область применения ……………………………………
   2. Основание для разработки ……………………………………………….
   3. Источники разработки ……………………………………………………
   4. Основные технические характеристики…………………………………..
   5. Цель и назначение разработки…………………………………………….
   6. Технические требования …………………………………………………
      1. Состав продукции ……………………………………………………
      2. Требования к надежности ……………………………………………
      3. Требования к технологичности ………………………………………
      4. Требования к составным частям продукции, исходным и эксплуатационным материалам ………………………………………….
      5. Условия эксплуатации ……………………………………………….
      6. Требования к ремонтопригодности …………………………………
      7. Требования к транспортированию и хранению ……………………..
   7. Порядок контроля и приемки ……………………………………………
2. Анализ технического задания …………………………………………………
3. Выбор и обоснование конструкции блока…………………………………….
4. Выбор и обоснование конструкции печатной платы ………………………..
   1. Выбор и обоснование типа печатной платы ……………………………..
   2. Выбор и обоснование класса точности …………………………………
   3. Выбор габаритных размеров и конфигурации ДПП ……………………
   4. Выбор материала основания печатной платы ……………………………
   5. Компоновка, размещение и установка ЭРЭ и ИМС ……………………
   6. Выбор и обоснование метода изготовления печатной платы ………….
   7. Выбор защитного покрытия печатной платы ……………………………
5. Трассировка соединений ………………………………………………………
   1. Расчет элементов печатного монтажа……………………………………
   2. Расчет электрических параметров схемы ………………………………
   3. Проверочный расчет и проверка помехоустойчивости…………………
6. Обоснование технических требований в чертежах …………………………
7. Оценка технологичности конструкции ………………………………………
8. Тепловой расчет…………………………………………………………………

Литература …………………………………………………………………………

1

1

1

1

1

1

2

2

2

2

2

2

3

3

3

3

3

4

4

5

5

5

6

6

7

7

7

9

11

13

13

15

21

**1. Техническое задание.**

* 1. **Наименование и область применения.**

**Наименование:**

Видеопорт – устройство для ввода изображений, закодированных в видеосигнале, в ZX-совместимые компьютеры.

**Область применения:**

Видеопорт работает в составе с персональным компьютером типа ZX-SPECTRUM. Данное устройство может применятся:

* в издательском деле, создании рекламных буклетов и брошюр;
* для организации небольшой домашней видеостудии на основе персонального компьютера,;
* оцифровки видеозаписей с целью создания видеотеки, и т.д. Видеопорт может применятся как в бытовых, так и промышленных условиях;
* создании иллюстративных программ, программ обработки бинарных изображений;
* создание систем технического зрения и т.д.
  1. **Основание для разработки.**

Видеопорт разработан на основании схемы электрической принципиальной ТО5.403.001.ЭЗ и описания устройства.

* 1. **Источник разработки.**

Сборник статей "ZX-FORUM", 1994.

Глава "Авторская разработка","Видеопорт", стр. 54.

* 1. **Основные технические характеристики.**

|  |  |
| --- | --- |
| - входное сопротивление по видеовыходу………………………… | 100 Ом |
| - амплитуда выходного сигнала …………………………………… | 0,5 – 1 В |
| - частота дискретизации видеосигнала …………………………… | 7 Мгц |
| - число строк, запоминаемое в ОЗУ ……………………………… | 312 |
| - напряжение питания ……………………………………………… | +12 В, +5 В |
| - потребляемый ток по цепи +12 В………………………………… | 40 мА |
| по цепи +5 В ………………………………… | 320 мА |
| - имеется возможность ручной установки контрастности и баланса белого | |

* 1. **Цель и назначение разработки.**

**Назначение:**

Видеопорт предназначен для ввода оцифрованных изображений с видео-выхода телевизора, видеокамеры, видеомагнитофона, оцифровки изображения и передачи в персональный компьютер семейства ZX-SPECTRUM для последующей их обработки. Видеопорт подключается к компьютеру через буферизированную шину внешних устройств.

**Цель разработки:**

Создать дешевое и надежное в эксплуатации устройство ввода.

* 1. **Технические требования.**
     1. **Состав продукции.**

Печатная плата с разьемами и пластмассовый корпус.

* + 1. **Требования к надежности.**

От разработанного устройства требуется высокая надежность, так как оно предназначено для работы в информационной сфере дейтельности, где требуется безошибочная передача данных.

* + 1. Требования к технологичности.

Требования к технологичности изделия очень высоки, так как это обеспечивает изделию минимальную стоимость, позволяет уменьшить количество доводочных и регулировочных операции после окончания сборки устройства.

* + 1. **Требования к составным частям продукции, исходным и эксплутационным материалам.**
* устройство должен быть выполнено в виде конструктивного модуля 2-ого уровня,
* конструкция не должна содержать материалы, сырье и компоненты, создающие опасность возникновения вредных химических реакций и являющиеся токсичными,
* технология изготовления устройства должна быть приемлемой для серийного производства.
* печатная плата должна быть прочной, следовательно ее необходимо изготовить из твердых материалов. Габаритные размеры 110х130х16 мм. Масса устройства не должна превышать 700г. Компоновка – одноплатная.
* для защиты поверхности печатной платы, а также дополнительной защиты печатных проводников от физических воздействий и коррозии, а также для предотвращения замыканий, будем покрывать печатную плату полиуретановым лаком УР-231 ГОСТ 92.1486-76. Это покрытие твердое, механически прочное, выдерживает .



* + 1. Условия эксплутации.
* устройство должно выдерживать климатические и механические воздействия по ГОСТ 11478, установленные для I-ой группы эксплуатации (см. таблицу 1),
* питание устройства должно осуществляться от внешнего источника питания +5В.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметры климатических воздействующих факторов** | | |
|  | Пониженная температура | Повышенная температура |
| Рабочая | +10°С | +40°С |
| Предельная | +1°С | +55°С |
| Изменение температуры от +10°С до +40°С | | |
| Повышенная влажность: относительная влажность 80%  при температуре +25°С | | |
| Пониженное давление: 61 кПа при температуре +1°С | | |
| Морской туман: содержание воды 2-3 г/м3 при температуре +27°С | | |
| **Параметры механических воздействующих факторов** | | |
| Вибрация на одной частоте: 20 Гц с ускорением 2g | | |
| Вибрация в диапазоне частот: 10-30 Гц с ускорением 0.25-1.1g | | |
| Удары одиночные в течение 5-10 мс с частотой 0.0125-0.025 Гц  с ускорением 15g | | |
| Удары многократные в течение 5-10 мс с частотой 0.0125-0.025 Гц  с ускорением 15g | | |

Таблица 1. Параметры воздействующих факторов I-ой группы эксплуатации.

* + 1. Требования к ремонтопригодности.

Конструкция устройства должна обеспечить легкий доступ ко всем узлам, быстрый поиск неисправного узла и его замену, неопасную для всего узла.

* + 1. Требования к транспортированию и хранению.

Транспортировка и хранение согласно ГОСТ 5651, табл.1 и табл.2. Во время транспортирования устройства в упаковке всеми видами транспорта должны обеспечиваться меры по предохранению его от механических повреждений, проникновения влаги, пыли и грязи.

|  |  |
| --- | --- |
| Температура окружающего воздуха °С  Относительная влажность воздуха при 30°С, %  Атмосферное давление, кПа  Ударные нагрузки многократного действия:  Ускорение, g  Длительность импульса, мс | -50…+50  40…90  62…105  15  5…10 |

Таблица 2. Воздействующие факторы при транспортировке.

* 1. Порядок контроля и приема.

Документация:

Схема электрическая принципиальная ТО3.403.001 ЭЗ

Перечень элементов ТО5.403.001 ПЭЗ

Сборочный чертеж ТО5.103.001 СБ

Спецификация ТО5.103.002

Плата печатная ТО7.102.003

1. Анализ технического задания.

Анализируя техническое задание можно сделать следующие выводы:

* дешевизна и тип производства устройства Видеопорт будут обеспечены соответствующим выбором технологии изготовления печатной платы, классом точности печатных проводников, типом установки элементов на печатную плату.
* надежность устройства будет определяться типом защитных покрытий, величиной помехоустойчивости ИС, электромагнитной совместимостью элементов платы. Для обеспечения дополнительной помехоустойчивости узлы, непосредственно связанные с видеосигналом нужно разместить по возможности подальше от генератора. Так же цепь связи с компьютером должна быть подальше от цепей видеосигнала.
* учитывая ограничения на габаритные размеры выбираем способ охлаждения естественный, так как установка вентиляторов увеличит габаритные размеры устройства. Естественного воздушного охлаждения будет достаточно для обеспечения теплового режима работы устройства (доказательства в расчетах, cтр ...).
* изделие должно удовлетворять требованиям эргономики и технической эстетики по ГОСТ 24750-81, ГОСТ 12.2.032-71, ГОСТ 12.3.033-78. Обеспечить защиту от внешних воздействий в соответствии с ГОСТ 15150-69, ГОСТ 17785-72, ГОСТ 17786-72, ГОСТ 16962-71, ГОСТ 21552-76.

1. Выбор и обоснование конструкции блока.

Учитывая ограничения на габаритные размеры устройства и размеры печатной платы выбираем размер корпуса устройства равным: 140×120×25 мм. Высоту корпуса устройства равную 25 мм берем исходя из высоты печатной платы с установленными на ней микросхемами (ИМС) и электронных радиоэлементов (ЭРЭ) равной 15 мм. Для улучшения обеспечения теплового режима между корпусом и печатной платой (ПП) по всем координатам оставляем зазор 5 мм. Исходя из условий технического задания для обеспечения защиты людей от поражения электрическим током необходимо изготовить корпус устройства из материала непроводящего электрический ток. Исходя из этого и учитывая, что стоимость устройства должна быть небольшой выбираем материал корпуса. Отсюда получаем, что корпус устройства лучше всего изготовить из пластмассы: фенопласт марки К-15-202 ТУ 2475-51 горячим или литьевым прессованием.

При изготовлении корпуса необходимо предусмотреть отверстия под разъемы и отверстия для крепления ПП. Печатная плата крепится на шайбах высотой 5 мм для обеспечения зазора между платой и нижней частью корпуса.

Учитывая размеры разъемов: ГРПМ2-61ГО2 [ 2, стр. 143 ] (40x15 мм) и разъема ОНП-КГ-47 (18,5×7,5 мм ) [ 2, стр. 197 ] необходимо изготовить в корпусе соответствующие отверстия. (рис. 2).

Отверстия, необходимые для крепления печатной платы в корпусе показаны на рис. 1.



Рис. 1. Корпус устройства.



### Рис. 2. Отверстия под разъемы

1. Выбор и обоснование конструкции печатной платы.
   1. Выбор и обоснование типа печатной платы.

Необходимо выбрать двустороннюю печатную плату (ДПП) исходя из следующих причин:

* большое количество корпусов ИС (24) приводит к большому количеству соединительных проводников ( более 200), такое количество проводников сложно реализовать на односторонней плате;
* Кроме того, печатные проводники располагаются с обоих сторон платы и при отсутствии ограничений на размеры это позволяет реализовать практически любую схему. Использование ДПП позволяет повысить плотность монтажа с 1,5 ЭРЭ/см2 у односторонних печатных плат до 2 ЭРЭ/см2 у ДПП.
* Использование ДПП позволяет увеличить ожидаемое количество осуществленных связей, что позволит при трассировке печатных проводников воспользоваться САПР PCAD 8.5 . Благодаря этому значительно упростится и ускорится процесс проектирования ПП. Кроме того использование в данном случае ДПП значительно увеличит выход годных ПП, что повысит экономические показатели данного устройства и уменьшить расходы материала при изготовлении ДПП.
  1. Выбор и обоснование класса точности.

При трассировке печатной платы с учетом большой плотности расположения элементов пришлось прокладывать печатный проводник между ножками ИС, а так как минимальное расстояние между их ножками 2.5 мм, то необходим III-класс точности печатного монтажа, который по ГОСТ 23751-86 имеет следующие параметры:

1. расстояние между соседними элементами проводящего рисунка не менее 0.25 мм
2. ширина проводника не менее 0.25 мм
3. отношение минимального диаметра металлизированного отверстия к толщине печатной платы не менее 0.33
4. гарантийный поясок 0.1 мм

Исходя из вышесказанного выбираем шаг координатной сетки равным 1.25 мм.

* 1. Выбор габаритных размеров и конфигурации ДПП.

Выбор габаритных размеров ДПП осуществлялся по ГОСТ 10317-79. Исходя из выше изложенного и результата трассировки платы, выбираем размер платы равным 110х130 мм.

Выбор полей допусков и рекомендуемых посадок по ГОСТ 25347-82.

* 1. Выбор материала основания печатной платы.

В качестве материала для производства печатной платы выбираем стеклотекстолит с двусторонним фольгированным слоем и толщиной печатного проводника равной 35 мкм – СФ-2-35 – для изготовления двусторонних печатных плат.

В данное время стеклотекстолит наиболее распространенный материал для изготовления печатных плат, имеет хорошие технологические и эксплуатационно-технологические свойства, среди которых:

* широкий диапазон рабочих температур (-60…+105°С),
* низкое водопоглащение (0.2…0.8 %),
* большое объемное и поверхностное сопротивления (1010…1013 Ом),
* стойкость к короблению,
* повышенная жесткость и прочность.

Толщину печатного проводника выбираем равной 35 мкм по ряду причин:

1. между толщиной печатного проводника и его шириной существует тесная зависимость. Если уменьшать толщину, то соответственно будет увеличиваться ширина проводника, а вместе с ней и размеры всей печатной платы.
2. необходимо, чтобы печатный проводник выдерживал токи, текущие в схеме, что также зависит от толщины печатных проводников. Подробней об этом описывается в разделе 4.2.
3. чем меньше толщина фольги, тем меньше расход материала и ниже стоимость печатной платы.

СФ-2-35 обладает следующими характеристиками по ГОСТ 10316-78:

1. удельное поверхностное сопротивление ρS = 1010…1011 Ом
2. удельное объемное сопротивление ρV = 1011…1013 Ом\*см
3. диапазон рабочих температур -60…+105°С
4. диэлектрическая проницаемость ε = 6
5. прочность отделения 3-х мм полоски фольги от диэлектрического основания σ = 4Н

Предпочтительные толщины для стеклотекстолита по ГОСТ 10316-78:

1.0; 1.5; 2.0 мм.

Исходя из данных табл.3 видно, что лучшая величина (11 мм) достигается при толщине пластины 1.5 мм и 2.0 мм. Выбираем первую, так как она дешевле в производстве. Итак, толщину печатной платы берем равной 1.5 мм.

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальная толщина листа, мм | Стрела прогиба и коробление на длине 1 м, мм |
| 1.0  1.5  2.0 | 22  11  11 |

Таблица 3. Деформационные качества стеклотекстолита.

* 1. Компоновка, размещение и установка ЭРЭ и ИМС на плате.

В соответствии с техническим заданием адаптер реализуется на одной печатной плате.

Размещение элементов производится таким образом, чтобы электрические соединения были минимальной длины, но при этом должен обеспечиваться III-й класс точности печатного монтажа. Кроме того, элементы необходимо располагать как можно более равномерно по площади печатной платы для обеспечения равномерности масс элементов. Также, желательно устанавливать элементы таким образом, чтобы обеспечить наибольшую технологичность платы, т.е. монтажные отверстия следует располагать рядами. Это делается для ускорения операции сверления на программируемых сверлильных станках, а также для обеспечения автоматической установки элементов на печатную плату и их групповой пайки.

Рекомендации по размещению элементов устройства на плате можно свести к следующим:

* функциональные узлы должны быть размещены компактно;
* узлы, непосредственно связанные с видеосигналом нужно разместить по возможности дальше от генератора;
* элементы регулировки должны иметь как можно более короткие провода подключения;
* цепи связи с компьютером должны быть подальше от цепей видеосигнала;

Разъемы следует установить по краю печатной платы со стороны задней панели корпуса устройства.

Расстояние между двумя соседними микросхемами равно размеру корпуса микросхемы, так что тепловой режим конструкции будет в норме. Исходя из вышеприведенных соображений выбираем вариант установки элементов по ОСТ 4.ГО.010.030-81:

Резисторы R1...R9 устанавливать по варианту III.

Кварц Q1 устанавливать по варианту Vв.

Конденсаторы С1...С20 устанавливать по варианту IIа.

Микросхемы D1...D23 устанавливать по варианту VIIIа.

Диоды VD1-VD9 устанавливать по варианту IIа.

* 1. Выбор и обоснование метода изготовления печатной платы.

В настоящее время применяют несколько методов изготовления ПП:

* субтрактивные, при которых проводящий рисунок образуется за счет удаления проводящего слоя с участков поверхности, образующих непроводящий рисунок,
* аддитивные, при которых проводящий рисунок получают нанесением проводящего слоя заданной конфигурации на диэлектрическое основание платы,
* полуаддитивный, при котором проводящий рисунок получают нанесением проводящего слоя на основание с предварительно нанесенным тонким проводящим покрытием, впоследствии удаляемым с участков поверхности, образующих непроводящий рисунок,

В соответствии с ГОСТ 23751-86 конструирование печатных плат следует осуществлять с учетом следующих методов изготовления:

- химического для односторонних печатных плат и гибких печатных кабелей;

- комбинированного позитивного для ДПП, ГПП;

- электрохимического (полуаддитивного) для ДПП;

- металлизации сквозных отверстий для МПП;

Все рекомендуемые методы (кроме полуаддитивного) являются субтрактивными.

Исходя из вышеизложенных рекомендаций необходимо выбрать, либо электрохимический (полуаддитивный) метод, либо комбинированный позитивный метод.

Электрохимический метод в данном случае нам не подходит, так как его применяют для изготовления ДПП с высокой плотностью токопроводящего рисунка. В данном методе используется нефольгированный диэлектрик СТЭФ.1-2ЛК с обязательной активацией его поверхности или диэлектрик с фольгой 5 мкм. Учитывая эти данные, приходим к выводу, что данный метод значительно дороже комбинированного позитивного метода, и кроме того, из-за высокой плотности токопроводящего рисунка и малой толщины фольги, сопротивление печатных проводников будет большим, что в нашем случае нежелательно.

Учитывая вышеизложенное, приходим к выводу, что в нашем случае лучше использовать комбинированный позитивный метод. Этот метод обеспечивает хорошую адгезию элементов проводящего рисунка к диэлектрическому основанию и сохранение электроизоляционных свойств диэлектрика, защищенного во время обработки платы в агрессивных химических растворах медной фольгой.

Исходным материалом для комбинированного способа служит фольгированный с двух сторон диэлектрик, поэтому проводящий рисунок получают вытравливанием меди, а металлизация отверстий осуществляется посредством химического меднения с последующим электрохимическим наращиванием слоя меди.

Позитивный комбинированный метод обеспечивает III-й класс точности печатного монтажа и лучшие, по сравнению с другими методами, диэлектрические свойства плат.

Травление меди производится растворами на основе хлорного железа. Эти растворы допускают утилизацию меди из отработанного травителя, а также регенерацию самого травителя. Боковое подтравливание проводников– минимально.

С учетом всех перечисленных достоинств этот метод в настоящее время является основным в производстве двусторонних и многослойных печатных плат для аппаратуры самого разнообразного назначения. Метод хорошо отработан на производстве и является оптимальным при серийном выпуске.

* 1. Выбор защитного покрытия печатной платы.

В качестве защитного покрытия выбираем полиуретановый лак УР-231 светло-коричневого цвета. В отличии от других лаков, таких как СБ-1с (стойкость к периодическому воздействию минерального масла, бензина и воды) и К55 (устойчив к кислотам, нефтепродуктам), он обладает более низкой стоимостью, но худшими защитными характеристиками, а так как данное устройство предназначено для работы в стационарных условиях, то этим можно пренебречь. Лак обеспечивает повышенную электроизоляцию, выдерживает температуру от –60 до +120˚С. Лак представляет собой твердое и прочное покрытие.

1. **Трассировка соединений.**
   1. . Расчет элементов печатного монтажа.

Конструктивно-технологический расчет ДПП с учетом произведенных погрешностей рисунка, проводящих элементов, фотошаблонов, базирования, сверления, экспонирования и т.д. по ОСТ 4.010.019-81, ГОСТ 23751-86.

Координатную сетку располагаем в соответствии с ГОСТ 2.417-78.

Элементы проводящего рисунка располагаем от края платы, неметаллизированного отверстия, паза, выреза и т.д. на расстоянии не менее толщины платы, с учетом допуска на линейные размеры.

Диаметры монтажных и переходных отверстий должны соответствовать ГОСТ 10317-79.

**Расчет:**

1. Минимальный размер переходного отверстия:

Dпо = Rдт\*Нпп,

где

Rдт = 0.33

(отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине ДПП)

Нпп = (1.5+0.035\*2) = 1.57 мм

(толщина изолирующего слоя, плюс толщтна 2-х слоев меди)

Dпо = 0.33\*1.57 = 0.5181 мм

Из ряда диаметров переходных отверстий по ГОСТ 10317-79 выбираем Dпо = 0.8 мм

1. Минимальный диаметр монтажного отверстия:

Dмо = Dв + ∆ + 2\*Нг + ∆D,

где

Dв = 0.5 мм

(максимальный диаметр вывода используемых ЭРЭ)

∆ = 0.1 мм

(зазор между выводом ЭРЭ и монтажным отверстием)

Нг = 0.035 мм

(толщина слоя меди)

∆D = 0.1 мм

(погрешность диаметра отверстия)

Dмо = 0.5 + 0.1 + 0.035\*2 + 0.1 = 0.77 мм

По ГОСТ 10317-79 выбираем диаметр монтажного отверстия Dмо = 0.8 мм

1. Минимальное значение ширины проводника:

t = tмд + | ∆tно |,

где

tмд = 0.25 мм

(минимально допустимая ширина проводника)

∆tно = -0.1 мм

(нижнее предельное отклонение ширины проводника)

t = 0.25 + | -0.1 | = 0.35 мм

1. Минимальное значение расстояния между элементами проводящего рисунка:

S = Sмд + ∆tво,

где

Sмд = 0.25 мм

(минимально допустимое расстояние между элементами проводящего рисунка)

∆tво = 0.1 мм

(верхнее предельное значение отклонения ширины проводника)

S = 0.25 + 0.1 = 0.35 мм

1. Минимальный диаметр контактной площадки для металлизированного отверстия

D = Dмо + ∆Dво + 2\*bн + ∆tво + бd + бр + ∆tно,

где

Dмо = 0.8 мм (расчет выше)

(диаметр монтажного отверстия)

∆Dво = 0 мм

(верхнее предельное значение отклонения диаметра отверстия)

bн = 0.1 мм

(гарантийный поясок)

∆tво = 0.1 мм

(верхнее предельное значение отклонения ширины проводника)

бр = 0.15 мм

(диаметральное значение позиционного допуска расположения контактных площадок относительно номинального положения)

бd = 0.08 мм

(диаметральное значение позиционного допуска расположения центров отверстий относительно номинального положения)

∆tно = 0.1

(нижнее предельное отклонение ширины проводника)

D = 0.8 + 0 + 2\*0.1 + 0.1 + 0.08 + 0.15 + 0.1 = 1.43

Выбираем диаметр контактной площадки согласно ОСТ 4.010.019-81:

D = 1.5 мм

1. Минимальное расстояние между центрами отверстий для прохождения одного проводника:

L = D + t + 2\*Sмин + б1,

где

D = 1.5 мм (расчет выше)

(минимальный диаметр контактной площадки)

t = 0.35 мм

(минимальная ширина проводника, расчет выше)

Sмин = 0.25 мм

(минимально допустимое расстояние между проводниками (III-й класс точности)

б1 = 0.05 мм

(диаметральное значение позиционного допуска расположения проводника относительно номинального положения)

L = 1.5 + 0.35 + 0.25\*2 + 0.05 = 2.4 мм

Так как полученное расстояние L = 2.4 < 2.5 (расстояние между ножками микросхемы), то выбранный нами III-й класс точности печатного монтажа соответствует требованиям.

Конструктивно–технологический расчет печатных плат производился с учетом производственных погрешностей рисунка проводящих элементов, фотошаблонов, базирования, сверления, экспонирования и т.д. по ГОСТ 23751 – 79,

ГОСТ 10317 – 79, ОСТ 4ГО.010.030, ОСТ 4.010.019 – 81.

* 1. Расчет электрических параметров схемы.

1. Оценим необходимую ширину проводника сигнальной цепи:

bпр > ( l\*ρ\*I ) / ( hф\*Uп ),

где

ρ = 0.05 Ом\*мм2 / м

(удельное сопротивление проводника)

l = 15 см (взято с избытком)

(максимальная длина проводника)

I = 130 мА

(максимальный ток в проводнике)

hф = 0.035 мм

(толщина проводника)

Uп = 0.4 В

(величина помехоустойчивости ИС)

bпр > ( 320\*10-3 \*0.05\*10-6 \*130\*10-3 ) / ( 35\*10-6 \*0.4 ) = 149 мкм

Для III-его класса точности минимальная ширина проводника 0.25 мм, а следовательно удовлетворяет условию bпр = 0.25 > 0.149.

1. Рассчитаем сопротивление металлизированного переходного отверстия:

Rпо = ( ρ\*hмо ) / ( 2π\*r\*hм ),

где

ρ = 0.05 Ом\*мм2 / м

(удельное сопротивление проводника)

hмо = 1.5 мм

(высота металлизированного отверстия)

r = 0.4 мм (расчет выше)

(внешний радиус отверстия)

hм = 0.035 мм

(толщина металлизации)

Rпо = ( 0.05\*10-6 \*1.5\*10-3 ) / ( 2\*3.14\*0.4\*10-3 \*35\*10-6 ) = 85.3\*10-3 Ом

Так как сопротивление очень мало, то его можно не учитывать.

1. Оценим необходимую ширину проводника для цепей земли и питания:

bпр > ( l\*ρ\*I ) / ( hф\*0.01\*Uп ),

где

ρ = 0.05 Ом\*мм2 / м

(удельное сопротивление проводника)

l = 10 см

(длина проводника)

I = 1.1 А

(наибольший ток в схеме)

hф = 0.035 мм

(толщина проводника)

Uп = 5 В

(напряжение питания устройства)

bпр > ( 30\*10-3 \*0.05\*10-6 \*1.1 ) / ( 35\*10-6 \*0.01\*5 ) = 0.94 мм

Из полученного значения видно, что выбранная ранее величина соответствует расчетной bпр = 1 > 0.94 мм.

1. Емкость и индуктивность между печатными проводниками:

Взаимная емкость:

С = ( 0.12\*10-12 \*ε\*l ) / ( lg[2\*d / ( h + b )] ),

где

ε = 5.8

(диэлектрическая проницаемость диэлектрика, покрытого лаком [1])

l = 8 см

(максимальная длина проводника)

h = 0.035 мм

(толщина проводника)

d = 0.25 мм

(минимально допустимое расстояние между проводниками (III-й класс точности)

b = 0.25 мм

(ширина проводника)

C = ( 0.12\*10-12 \*5.8\*0.08 ) / ( lg[2\*0.25 / ( 0.035 + 0.25 )] ) = 0.22 пФ

Взаимная индуктивность:

М = 2\*l\*( 2.3\*lg[ 2\*b / (d + b) ] + (d + b) / l +1)\*10-9,

где

l = 8 см

(максимальная длина проводника)

d = 0.25 мм

(минимально допустимое расстояние между проводниками (III-й класс точности)

b = 0.25 мм

(ширина проводника)

М = 2\*0.08\*( 2.3\*lg[ 2\*0.25 / (0.25 + 0.25) ] + (0.25 + 0.25)\* 10-3 / 0.08 +1)\*10-9 = = 0.16 мкГн

* 1. Проверочные расчеты и оценка помехоустойчивости.

###### Расчет сопротивления изоляции параллельных проводников

, где



RП – поверхностное сопротивление изоляции.

, где



ρП = 1011 Ом – удельное поверхностное сопротивление стеклотекстолита.

LЗ = 0,25 мм – зазор между параллельными проводниками.

Lmax = 90 мм – наибольшая длина параллельных проводников.



RОБ – объемное сопротивление изоляции.

для проводников на разных сторонах печатной платы



для проводников на одной стороне печатной платы.



ΡОБ = 1013 Ом \* м – удельное объемное сопротивление стеклотекстолита.

Н = 1,5 мм – толщина печатной платы.

TП = 0,25 мм – ширина сигнального проводника.

SПР = lmax \* tП = 90 мм \* 0,25 мм = 22,5 мм2 – площадь проекции печатных проводников друг на друга.



Т.к. полученное сопротивление изоляции между двумя параллельными соседними проводниками превышает более чем в 1000 раз входное сопротивление ИС, то его влиянием можно пренебречь при выбранном зазоре между проводниками.

## Время задержки распространения сигнала

, где



погонная задержка при передаче сигнала в вакууме.



LCmax = 0,13 м – максимальная длина сигнального проводника.

Μ = 1 – относительная магнитная проницаемость основания платы.

, где



ε0СТ = 6 – диэлектрическая проницаемость основания платы.

ΕЛ = 4 – диэлектрическая проницаемость лака УР-231.



## Тип линий связи на плате

, где



lКР – критическая длина линии связи.

TЗД0,1 = 15 нс – время задержки сигнала при переключении из логического нуля в логическую единицу.



Т.к. полученное значение критической длины линии связи удовлетворяет условию 0,25lКР ≥ lCmax, то все линии связи на плате можно считать короткими.

## Допустимое значение паразитной емкости между печатными проводниками

СДОП = СПОГ\* lmax , где

СПОГ – погонная емкость между двумя проводниками.

СПОГ = КП\*ε, где

КП ≈ 10 пФ/м – коэффициент пропорциональности, выбирается по графику

ОСТ 4.ГО.10.009

СПОГ1 = КП\* εЭФФ = 10пФ/м \* 5 = 50 пФ/м – для проводников, расположенных на одной стороне печатной платы.

СДОП1 = СПОГ1\* lmax = 50 пФ/м \* 0,15 м ≈ 7,5 пФ

СПОГ2 = КП\* ε0СТ = 10пФ/м \* 6 = 60 пФ/м – для проводников, расположенных на разных сторонах печатной платы.

СДОП2 = СПОГ2\* lmax’ = 60 пФ/м \* 0,05 м = 3 пФ

Для К555,К537 серии значение допустимой паразитной емкости между двумя соседними проводниками при ложном срабатывании СДОП = 25 пФ, что значительно превышает оба рассчитанных значения.

## Максимально допустимая длина параллельных проводников при учете только емкостной паразитной связи между ними



При разводке максимальная длина параллельных проводников на плате не превышает 90 мм, что меньше расчитанной максимально допустимой длины.

## Удельное падение импульсного напряжения

, где



LПОГ = 1,8 мкГн / м – погонная индуктивность печатного проводника для

t = 0,25 мм.

∆I = 7,6 мА – перепад выходного тока при переключения логического элемента К555 серии.

минимальная длительность импульса сигнала.



FП =16 МГц – максимальная частота переключения микросхем.



## Максимальная длина одиночного проводника

, где



UПОМ = 0,4 В – максимальная допустимая амплитуда помехи.



Реальная длина одиночных проводников на печатной плате существенно меньше полученного значения.

## Максимальная индуктивность сигнального проводника

L = LПОГ\* lCmax = 1,8 мкГн/м \* 0,13 м = 0,26 мкГн

## Максимально допустимая длина параллельных проводников при учете только индуктивной паразитной связи между ними

Для допустимой длины параллельных проводников lДОП.M = 150 мм при учете только индуктивной паразитной связи должны выполняться следующие условия:

а) плата без экранирующей плоскости



б) плата с экранирующей плоскостью



tЗД.СР. = 0,03 мкс – среднее время задержки распространения сигнала для К555 серии.

U0 = 0,4 В – напряжение логического нуля для К555 серии.

KЗАП = 1 – коэффициент запаса.

А)



б)



Оба условия выполняются с большим запасом.

Проверочные расчеты и расчеты помехоустойчивости проводились в соответствии с ОСТ 4.ГО.010.009.

1. **Обоснование технических требований в чертежах.**

Для пайки деталей используем припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76 – оловянно-свинцовый. Припой по своим характеристикам должен соответствовать ГОСТу. Паять необходимо по отраслевому стандарту для исключения выхода бракованных изделий.

Лаком УР-231 покрываем плату для защиты изделия от пыли и влаги.

Обоснование метода изготовления платы описанно в пункте 3.6.

Шаг координатной сетки 1.25 мм выбран в соответствии с 3-им классом точности печатного монтажа (пункт 3.2)

Для удобства линии координатной сетки нанесены через 1.

Установку элементов производить по ОСТ 4.ГО.010.030.

1. **Оценка технологичности конструкции.**

Определим некоторые показатели технологичности, характеризующие технологию изготовления изделия:

Основным показателем, используемым для оценки технологичности конструкции, является комплексный показатель технологичности К. Комплексный показатель определяется на основе семи базовых показателей технологичнсти [3, с. 169] по формуле



## КИМС, КАМ, КМПЭ, КМКН, КПОВЭ, КПРЭ, КФ – базовые показатели технологичности, расчитываемые далее.

Φ1 … φ7 – функции, нормирующие весовую значимость базовых показателей.

## Коэффициент использования ИМС в блоке

, где



nИМС = 24– число ИМС в блоке.

NЭРЭ= 39 – число электрорадиоэлементов.



## Коэффициент автоматизации и механизации монтажа

, где



nАМ – число монтажных соединений, которые могут осуществляться механизированным или автоматизированным способом.

NМ – общее число монтажных соединений.

КАМ = 1

## Коэффициент механизации подготовки элементов к монтажу

, где



nМП = 63 – число элементов, подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным или автоматизированным способом.

NЭ = 63 – общее число элементов.



## Коэффициент механизации операций контроля и настройки

, где



nМКН – число операций контроля и настройки, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом, включая и те, которые не требуют использования средств механизации.

NКН – общее число операций контроля и настройки.

КМКН = 1, т.к. модуль не требует операций контроля и настройки.

## Коэффициент повторяемости элементов

, где



nТЭ = 12– общее число типоразмеров элементов в блоке.



## Коэффициент применяемости элементов

, где



nТ.ОР.Э = 0 – число типоразмеров оригинальных элементов в блоке, т.е. деталей, которые впервые разрабатываются самим предприятием.



## Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

, где



nПР – число деталей, заготовки которых или сами детали получены прогрессивными методами формообразования (штамповка, прессование, пайка, сварка).

NД – общее число деталей без нормализованного крепежа в изделии.

КФ = 1

## Значимости весовых коэффициентов показателей К

φ1 = 1,0; φ2 = 1,0; φ3 = 0,75; φ4 = 0,5;

φ5 = 0,31; φ6 = 0,187; φ7 = 0,11

Таблица нормативов комплексных показателей технологичности

электронно-вычислительной техники:



Для условий мелкосерийного производства изделие обладает высокой технологичностью.

Так же существуют следующие коэффициенты, не вошедшие в вышеприведенную формулу

1. Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов в изделии:

Кпэ = ( 1 + Nт ) / Nэрэ,

где

Nт = 12 – число типоразмеров ЭРЭ в изделии,

Nэрэ = 39 – число ЭРЭ в изделии.

Кпэ = ( 1 + 12 ) / 39 = 0.33 т.е. хорошая повторяемость.

1. Коэффициент применяемости печатного монтажа:

Кп = Nкпг / Nкп,

где

Nкпг – число контактных площадок, паянных групповым методом,

Nкп – общее число контактных площадок.

Т.к. Nкпг = Nкп, то Кп = 1 (серийное производство)

1. Коэффициент повторяемости ИС:

Кповт.ис = 1 – Nт.ис / Nис,

где

Nт.ис = 5 – число типоразмеров ИС в изделии,

Nис = 24 – число ИС в изделии.

Кповт.ис = 1 – 5 / 24 = 0.79 (высокая повторяемость)

1. Коэффициент установочных размеров:

Кур = 1 – Nур / Nэрэ,

где

Nэрэ = 13 – число ЭРЭ в изделии,

Nур = 4 – число различных установочных размеров.

Кур = 1 – 4 / 13 = 0.61 (малая разница установочных размеров)

Исходя из найденных выше коэффициентов, видно, что конструкция технологична.

1. **Тепловой расчет**

Тепловые режимы радиоэлектронной аппаратуры в значительной степени определяют ее надежность. Микро миниатюризация радиоэлектронной аппаратуры привела к значительному увеличению удельных тепловых нагрузок. С позиции теплофизики радиоэлектронный аппарат представляет собой систему тел, которые сложным образом распределены в пространстве и являются источниками и стоками энергии.

Прежде чем приступить к выбору системы охлаждения проанализируем условия эксплуатации проектируемого изделия. Электронный контроллер должен работать в помещениях с нормальными климатическими условиями. Роль корпуса осуществляет пласмассовая конструкция с зазорами. Перенос тепла осуществляется в основном за счет конвекции. Общую мощность, выделяемую контроллером можно подсчитать, просуммировав выделяемые мощности каждого компонента.

Таблица потребления микросхем:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Микросхема | Эле-ты | Кол-во | Рср ,мВт | Тип  Корпуса | H,  мм | А,  мм | В,  Мм |
| K537РУ17 | D1,D2,D2 | 3 | 5 | 4119.28-6.02 | 5.5 | 12 | 37 |
| К555ИЕ10 | D4,D5,D6,D7,D16 | 5 | 156 | 238.16-2 | 5 | 7.5 | 21.5 |
| К555ТМ2 | D8,D17 | 2 | 19 | 201.14-8 | 5 | 7.5 | 19.5 |
| К555ИД7 | D9,D23 | 2 | 50 | 238.16-2 | 5 | 7.5 | 21.5 |
| К555ЛН1 | D10,D13,D14 | 3 | 33 | 201.14-1 | 5 | 7.5 | 19.5 |
| К555ЛИ1 | D11,D12,D15 | 3 | 44 | 201.14-1 | 5 | 7.5 | 19.5 |
| К555ИР13 | D18 | 1 | 120 | 405.24-2 | 5.5 | 12 | 30 |
| К555ИР22 | D19,D20,D21,D22 | 4 | 125 | 4153.20-1.01 | 5 | 7.5 | 25 |
| 8 типов |  | 23 | 1.784 |  |  |  |  |

Общая мощность, выделяемая устройством .



Общее количество микросхем .



## Исходные данные для расчета

1. Геометрические параметры корпуса .



1. Геометрические параметры платы .



1. Мощность, выделяемая источниками тепла .



1. Средняя мощность одного источника



1. Коэффициент теплопроводности стеклотекстолита основания печатной платы .



1. Давление окружающей среды .



1. Давление воздуха внутри блока .



1. Температура эксплуатации .



Исходными данными для расчета служат значения следующих параметров:

- базовая температура - То = 293 К,

- мощность выделяющаяся в микросхеме - Qэi , Вт -

### Qэ1 = 0.005 Qэ2 = 0.005 Qэ3 =0.005 Qэ4 = 0.156 Qэ5 = 0.156

Qэ6 =0.156 Qэ7 =0.156 Qэ8 = 0.156 Qэ9 = 0.019 Qэ10 = 0.019

Qэ11 = 0.05 Qэ12 = 0.05 Qэ13 =0.022 Qэ14 =0.033 Qэ15 =0.033

Qэ16 =0.033 Qэ17 =0.044 Qэ18 =0.044 Qэ19 =0.044 Qэ20 =0.12

Qэ21 =0.125 Qэ22 =0.125 Qэ23 =0.125

- размеры корпуса блока без учета теплоотводящих ребер -

Lкх = 0.12 м, Lкy = 0.14 м, Lкz = 0,02 м,

* общая площадь внешней поверхности блока - Sк = 0.044 м2,
* площадь основания микросхемы - Sэоi , 10-6 м2

Sэ1 =444 Sэ2 =444 Sэ3 =444 Sэ4 =161,25 Sэ5 =161,25

Sэ6 =161,25 Sэ7 =161,25 Sэ8 =161,25 Sэ9 =146,25 Sэ10 =146,25

Sэ11 =161,5 Sэ12 =161,25 Sэ13 =146,25 Sэ14 =146,25 Sэ15=146,25

Sэ16=146,25 Sэ17=146,25 Sэ18=146,25 Sэ19=360 Sэ20= 187,5

Sэ21=187,5 Sэ22=187,5 Sэ23=187,5

* суммарная площадь поверхности микросхемы - Sэi, 10-6 м2

Sэo1 =1784 Sэo2 =1784 Sэo3 = 1784 Sэo4 =612,5 Sэo5 =612,5

Sэo6 =612,5 Sэo7 =612,5 Sэo8 =612,5 Sэo9 =562,5 Sэo10 =562,5

Sэo11 =612,5 Sэo12 =612,5 Sэo13 =562,5 Sэo14 =562,5 Sэo15 =562,5

Sэo16 =562,5 Sэo17 =562,5 Sэo18 =562,5 Sэo19 =1082 Sэo20 =700

Sэo21 =700 Sэo22 =700 Sэo23 =700

- размеры печатной платы - lx = 0.11 м, ly = 0.13 м,

- коэффициент перфорации корпуса блока - Кп = 1,

- толщина печатной платы - δп = 0.0015мм,

- зазор между основанием микросхемы и печатной платой - δз = 0.001 м,

- коэффициент теплопроводности диэлектрического основания платы - стеклотекстолита - λ1 = 0.372 Вт/м\*К,

- коэффициент теплопроводности материала, заполняющего зазор между микросхемой и печатной платой - воздух - λs = 0.02442 Вт/м\*К,

- объем печатной платы - Vп = 10\*10-6 м3,

- шаг установки микросхем на печатной плате- tx = 0.025м, ty = 0.017м,

- давление окружающей среды и давление внутри блока - Н1 = Н2 = 0.1 МПа,

- мощность выделяющаяся в блоке - Qб = 1,784 Вт.

**Определяют удельную мощность корпуса блока - qк -**

qк = Qб / Sк = 44.54 Вт/м2,

**Определяют перегрев корпуса блока - Θк -**

Θк = Θко \* Ккп \* Кн1,

где Θко - перегрев корпуса герметичного блока при давлении окружающей среды 0.1 Мпа

Θко = 0.1472 \* qк - 0.2962 \* 10-3 \* qк2 + 0.3127 \* 10-6 \* qк3,

Ккп -коэффициент учитывающий перфорацию корпуса блока, при Ккп = 1,

Кн1 - коэффициент учитывающий давление окружающей cреды, при H1 = 1 МПа, Кн1 = 1.2,

Получим - Θк = 5.28 К.

**Определяют удельную мощность нагретой зоны блока - qз -**

Qб

qз = = 0.066 Вт/ м2

2\*(Lкх\*Lку+(1/Lкх+1/Lку)\*lк\*lу\*lz)

**Определяют среднеобъемный перегрев нагретой зоны блока - Θз -**

Θз = Θк + ( Θзо - Θко ) \* Ккп \* Кн2,

где Θзо - среднеобъемный перегрев нагретой зоны блока в герметичном корпусе при давлении воздуха внутри блока 0.1 Мпа,

Θзо = 0.139 \* qз - 0.1223 \* 10-3 \* qз2 + 0.0698 \* 10-6 \* qз3,

Кн2 - коэффициент учитывающий давление воздуха внутри блока, при Н2 = 0.1 МПа, Кн2 = 1.

Получим - Θз = 2.97 К.

**Определяют среднеобемный перегрев воздуха внутри блока - Θв -**

Θв = ( Θз + Θк ) / 2 = 4.12 К.

**Определяют тепловую проводимость от микросхемы к корпусу блока через воздух внутри блока - бк -**



где Ка - коэффициент, учитывающий теплоотдачу от корпуса микросхемы, Вт/м2\*К,

Ка = 23.54 / ( 4.317 + lg ( Sэi ) ),

Получим тепловую проводимость для микросхем, Вт\*м2-

бк1 =0.01941 бк2 =0.01941 бк3 =0.01941 бк4 =0.00946 бк5 =0.00946

бк6 =0.00937 бк7 =0.00946 бк8 =0.00946 бк9 =0.00903 бк10 =0.00903

бк11=0.00937 бк12=0.00946 бк13=0.00903 бк14 =0.00903 бк15=0.00903

бк16=0.00903 бк17=0.00903 бк18=0.00903 бк19=0.01230 бк20= 0.01019

бк20=0.01019 бк20=0.01019 бк20=0.01019

**Определяют параметр - m -**



**Определяют эквивалентный радиус микросхемы - Ri -**

R= Sэ/п

Для каждой микросхемы получим, м -

R1 = 0.01189 R2 = 0.01189 R3 = 0.01189 R4 = 0.00716 R5 = 0.00716

R6 = 0.00725 R7 = 0.00716 R8 = 0.00716 R9 = 0.00682 R10 = 0.00682

R11 = 0.00725 R12 = 0.00716 R13 = 0.00682 R14 = 0.00682 R15 = 0.00682

R16 = 0.00682 R17 = 0.00682 R18 = 0.00682 R19 = 0.01070 R20 = 0.00772

R21 = 0.00772 R22 = 0.00772 R23 = 0.00772

#### Определяют собственный перегрев корпуса микросхемы - Θэс -

Θэс = К \* Qэ / ( a + 1 / ( c + 1 / ( b + d ) ) ) ,

где K - эмпирический коэффициент. Рекомендуется принимать

К = 1.14 для микросхем, центр которых отстоит от торцов печатной платы на расстоянии меньше 3R, К = 1 для микросхем, центр которых отстоит от торцов на расстоянии больше 3R.

a, b, c, d - обозначения, принятые для упрощенной записи формулы - \_\_\_\_\_\_\_\_

a = ( ( Ка - 4 ) \* √ Н2 / 105 + 4 ) \* ( Sэ - Sэо ) ,

\_\_\_\_\_\_\_\_

b = ( 4.5 \* √ Н2 / 105 + 4 ) \* π \* R\*R,

с = δз / ( λз \* π \* R \* R ),

d = 2\* π \* R \* λ1 \* δп \* m \* ( К1 (m\*R) / К0 (m\*R) ),

где К0 (m\*R) и К1 (m\*R) - модифицированные функции Бесселя второго рода нулевого и первого порядка.

Проведя расчеты, получим для каждой микросхемы - Θэс , К -

Θэс1 = 0.19272 Θэс2 = 0.19272 Θэс3 = 0.19272 Θэс4 = 12.81684 Θэс5 = 12.81684

Θэс6 = 12.84973 Θэс7 = 12.81684 Θэс8 = 12.81684 Θэс9 =1.64644 Θэс10 =1.64644

Θэс11 = 4.11850 Θэс12 = 4.10796 Θэс13 =2.85961 Θэс14 =2.85961 Θэс15 =2.85961

Θэс16 = 38.12818 Θэс17 = 38.12818 Θэс18 = 38.12818 Θэс19 = 6.85716 Θэс20 = 9.40903

Θэс21 = 9.40903 Θэс22 = 9.40903 Θэс23 = 9.40903

**Определяют предельный радиус взаимного теплового влияния- Rпр-**

1

Rпр = ,

K0 (m\*R) + 4 \* K0 (2.7\*m\*R)

m \* ( 0.105 \* m \* + 0.155 )

1 / tx + 1 / ty

Получим для каждой микросхемы - Rпр , м -

Rпр1 = 0.03694 Rпр2 = 0.03694 Rпр3 = 0.03694 Rпр4 = 0.03689 Rпр5 = 0.03689

Rпр6 = 0.03689 Rпр7 = 0.03689 Rпр8 = 0.03689 Rпр9 = 0.03688 Rпр10 = 0.03688

Rпр11 = 0.03689 Rпр12 = 0.03689 Rпр13 = 0.03688 Rпр14 = 0.03688 Rпр15 = 0.03688

Rпр16 = 0.03688 Rпр17 = 0.03688 Rпр18 = 0.03688 Rпр19 = 0.03693 Rпр20 = 0.03689

Rпр21 = 0.03689 Rпр22= 0.03689 Rпр23 = 0.03689

В дальнейших расчетах зададимся Rпр = Rпр1-Rпр18 = 36 мм.

**Определяют наведенный перегрев для микросхем**

( Qэi \* K0 (m\*rji) / K0 (m\*Ri) )

Θэфji = ,

аi \* ( 1 + ( ci + 1 / ai ) \* ( bi + di ) )

где Θэфji - тепловое влияние i-той микросхемы на данную (j-тую),

rji - расстояние между центрами i-той микросхемы и данной,

ai, bi, ci, di - обозначения, принятые для упрощения формы записи,

ai = ( ( Каi - 4 ) \* √ Н2 / 105 + 4 ) \* ( Sэi - Sэоi ) ,

bi = ( 4.5 \* √ Н2 / 105 + 4 ) \* π \* Ri\*Ri,

сi = δз / ( λз \* π \* Ri \* Ri ),

di = 2\* π \* Ri \* λ1 \* δп \* m \* ( К1 (m\*Ri) / К0 (m\*Ri) ),

Qэi, Ri, Каi, Sэi, Sэоi - параметры i-той микросхемы.

При расчетах необходимо учесть влияние только тех микросхем, центры которых отстоят от центра данной не далее Rпр.

Произведя расчеты получим Θэф , К–

Θэф1 = 0.02444 Θэф2 =0.01262 Θэф3 = 1.30447 Θэф4 = 0.92994 Θэф5 = 1.27076

Θэф6 = 1.07639 Θэф7 = 1.16395 Θэф8 = 0.93818 Θэф9 = 3.53786 Θэф10 = 0.48943

Θэф11 = 0.63164 Θэф12 = 1.06709 Θэф13 =,1.26717 Θэф14 =1.07594 Θэф15=2.74241

Θэф16=0.50932 Θэф17=0.48049 Θэф18=1.35534 Θэф19=2.35717 Θэф20 =1.37697

Θэф21=2.60099 Θэф21= 2.30956 Θэф21=1.42029

**Определяют перегрев корпуса микросхемы относительно базовой температуры - Θэ -**

Θэ = Θв + Θэс + Θэф,

Для каждой микросхемы получим - Θэ , К -

Θэ1 = 4.34575 Θэ2 = 4.33394 Θэ3 = 5.62579 Θэ4 = 17.87538 Θэ5 = 18.21619

Θэ6 = 18.05471 Θэ7 = 18.10938 Θэ8 = 17.88361 Θэ9 = 9.31290 Θэ10 = 6.26447

Θэ11 = 8.87874 Θэ12 = 9.30365 Θэ13 = 8.25538 Θэ14 = 8.06415 Θэ15 = 9.73062

Θэ16 = 12.76610 Θэ17 = 12.73727 Θэ18 = 13.61212 Θэ19 = 13.34293 Θэ20 = 14.91460

Θэ21 = 16.13862 Θэ22 = 15.84719 Θэ23 = 14.95791

**Определяют температуру корпуса микросхемы - tэ -**

tэ = to + Θэ ,

Для каждой микросхемы получим - tэ , К -

tэ1 = 297.34575 tэ2 = 297.33394 tэ3 = 298.62579 tэ4 = 310.87538 tэ5 = 311.21619

tэ6 = 311.05471 tэ7 = 311.10938 tэ8 = 310.88361 tэ9 = 302.31290 tэ10 = 299.26447

tэ11 = 301.87874 tэ12 = 302.30365 tэ13 = 301.25538 tэ14 = 301.06415 tэ15 = 302.73062

tэ16 = 305.76610 tэ17 = 305.73727 tэ18 = 306.61212 tэ19 = 306.34293 tэ20 = 307.91460

tэ21 = 309.13862 tэ22 = 308.84719 tэ23 = 307.95791

Определяют перегрев воздуха для микросхемы относительно базовой температуры - Θвэ -

Θвэ = Θэ - Θэс,

Для каждой микросхемы получим - Θвэ , К -

Θвэ1 = 4.30879 Θвэ2 = 4.15220 Θвэ3 = 5.14290 Θвэ4 = 5.36025 Θвэ5 = 5.39936

Θвэ6 = 5.20498 Θвэ7 = 5.29254 Θвэ8 = 5.06677 Θвэ9 = 7.66646 Θвэ10 = 4.61803

Θвэ11 = 4.76024 Θвэ12 = 5.19569 Θвэ13 =5.39577 Θвэ14=5.20454 Θвэ15 =6.87100

Θвэ16 =4.63792 Θвэ17 =4.60909 Θвэ18 =5.48394 Θвэ19 =6.48577 Θвэ20 =5.50557

Θвэ21 =6.72959 Θвэ22 =6.43816 Θвэ23 =5.54888

**Определяют температуру воздуха для микросхемы - tвэ -**

tвэ = to + Θвэ ,

Для каждой микросхемы получим - tэ , К -

tвэ1 = 297.15303 tвэ2 = 297.14122 tвэ3 = 298.43307 tвэ4 = 298.05854 tвэ5 = 298.39936

tвэ6 = 298.20498 tвэ7 = 298.29254 tвэ8 = 298.06677 tвэ9 = 300.66646 tвэ10 = 297.61803

tвэ11 = 297.76024 tвэ12 = 298.19569 tвэ13 = 298.39577 tвэ14 = 298.20454 tвэ15 = 299.87100

tвэ16 = 297.63792 tвэ17 = 297.60909 tвэ18 = 298.48394 tвэ19 = 299.48577 tвэ20 = 298.50557

tвэ21 = 299.72959 tвэ22 = 299.43816 tвэ23 = 298.54888

Рабочий диапазон температур микросхем: . Согласно технического задания контроллер предназначен для использования в качестве переносного оборудования при температуре . Температура корпуса микросхемы (согласно расчета) будет составлять , что входит в рабочий диапазон эксплуатации элементов. Принудительное охлаждение не требуется, согласно с графиком рекомендации выбора способа охлаждения.[ 3, Стр. 164 ]



**Литература**

1. Электронные вычислительные машины. Справочник. Под ред. С.А. Майорова, М.: Сов. радио, 1975
2. A.Я.Куземин «конструирование и микроминиатюризация электронно вычислительной аппаратуры». М:Радио и связь. 1985.
3. Технология и автоматизация производства РЭА. Под ред. А.П. Достанко, М.: Радио и связь, 1989
4. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА. Справочник. Под ред. Э.Т. Романычевой, М.: Радио и связь, 1984
5. Аппаратура локальных сетей. Под ред. Ю.В. Новикова, М.: Издательство "ЭКОМ", 1998
6. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Справочник. Под ред. М.Ю.Масленникова, М.: Издательство "Прибор", 1993
7. В.В. Шерстнев. «Конструирование и микроминитюризация ЭВМ», М.: Радио и связь, 1984
8. А.Я. Савельев, В.А. Овчинников. «Конструирование ЭВМ и систем», М.: Высшая школа, 1989
9. В.В. Павловский, В.И. Васильев, Т.Н. Гутман. «Проектирование технологических процессов изготовления РЭА», Пособие по курсовому проектированию: Учеб. пособие для вузов, М.: Радио и связь, 1982