Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции

и ордена Трудового Красного Знамени

государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

**Курсовой проект**

по курсу “Конструирование ЭВС”

студент: Вилинский Д. группа ИУ4-92

консультант: Шахнов В А

Москва 1997

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Техническое задание.........................................................................  Подбор элементной базы..................................................................  Расчет теплового режима блока.......................................................  Расчет массы блока..........................................................................  Расчет собственной частоты ПП......................................................  Расчет схемы амортизации..............................................................  Расчет надежности по внезапным отказам......................................  Литература........................................................................................ | 3  4  5  13  13  14  16  18 |

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

1 Назначение аппаратуры

Данный блок относится к классу бортовой аппаратуры и предназначен для установки в управляемый снаряд Функционально блок предназначен для свертки сигнала принимаемого бортовой РЛС

2 Технические требования

а) условия эксплуатации

- температура среды tо=30 оC

- давление p = 133 ⋅ 104 Па

б) механические нагрузки

- перегрузки в заданном диапазоне

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f, Гц | 10 | 30 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
| g | 5 | 8 | 12 | 20 | 25 | 30 |

- удары u = 50 g

в) требования по надежности

- вероятность безотказной работы P(0.033) ≥ 0.8

3 Конструкционные требования

а) элементная база - микросхемы серии К176 с КМДП логикой

б) мощность в блоке P ≤ 27 Вт

в) масса блока m ≤ 50 кг

г) тип корпуса - корпус по ГОСТ 17045-71

д) тип амортизатора АД -15

е) условия охлаждения - естественная конвекция

**ПОДБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ**

Поскольку проектируемый электронно-вычислительный блок является бортовой аппаратурой то к нему предъявляются следующие требования

* высокая надежность
* высокая помехозащищенность
* малая потребляемая мощность

Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют интегральные микросхемы на дополняющих МДП (МОП) структурах - КМДП структуры

Цифровые интегральные схемы на КМДП-транзисторах - наиболее перспективные. Мощность потребления в статическом режиме ЦИС составляет десятки нановатт, быстродействие - более 10 МГц. Среди ЦИС на МДП-транзисторах ЦИС на КМДП-транзисторах обладают наибольшей помехоустойчивостью: 40...45 % от напряжения источника питания. Отличительная особенность ЦИС на КМДП-транзисторах - также высокая эффективность использования источника питания: перепад выходного напряжения элемента почти равен напряжению источника питания. Такие ЦИС не чувствительны к изменениям напряжения питания. В элементах на КМДП-транзисторах полярности и уровни входных и выходных напряжений совпадают, что позволяет использовать непосредственные связи между элементами. Кроме того в статическом режиме их потребляемая мощность практически равна нулю

Таким образом была выбрана серия микросхем К176 (тип логики дополняющие МОП-структуры) Конкретно были выбраны две микросхемы

* К176ЛЕ5 - четыре элемента 2ИЛИ-НЕ
* К176ЛА7 - четыре элемента 2И-НЕ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | К176ЛЕ5 | К176ЛА7 |
| Входной ток в состоянии “0” Iвх0 мкА не менее | -01 | -0.1 |
| Входной ток в состоянии “1” Iвх1 мкА не более | 01 | 0.1 |
| Выходное напряжение “0” Uвых0 В не более | 03 | 0.3 |
| Выходное напряжение “1” Uвых1 В не менее | 82 | 8.2 |
| Ток потребления в состоянии “0” Iпот0 мкА не более | 03 | 0.3 |
| Ток потребления в состоянии “1” Iпот1 мкА не более | 03 | 0.3 |
| Время задержки распространения сигнала при включении tзд р10 нс не более | 200 | 200 |
| Время задержки распространения сигнала при включении tзд р01 нс не более | 200 | 200 |

**Предельно допустимые электрические режимы эксплуатации**

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение источника питания В | 5 - 10 В |
| Нагрузочная способность на логическую микросхему не более | 50 |
| Выходной ток Iвых0 и Iвых1 мА не более | 05 |
| Помехоустойчивость В | 09 |

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЛОКА**

Исходные данные

|  |  |
| --- | --- |
| Размеры блока | L­1=250 мм L­2=180 мм L­3=90 мм |
| Размеры нагретой зоны | a1=234 мм a2=170 мм a3=80 мм |
| Зазоры между нагретой зоной и корпусом | hн=hв=5 мм |
| Площадь перфорационных отверстий | Sп=0 мм2 |
| Мощность одной ИС | Pис=0,001 Вт |
| Температура окружающей среды | tо=30 оC |
| Тип корпуса | Дюраль |
| Давление воздуха | p = 133 ⋅ 104 Па |
| Материал ПП | Стеклотекстолит |
| Толщина ПП | hпп = 2 мм |
| Размеры ИС | с1 = 195 мм с2 = 6 мм c3 = 4 мм |

**Этап 1 Определение температуры корпуса**

1 Рассчитываем удельную поверхностную мощность корпуса блока qк

где P0 - мощность рассеиваемая блоком в виде теплоты

Sк - площадь внешней поверхности блока

Для осуществления реального расчета примем P0=20 Вт, тогда



2 По графику из [1] задаемся перегревом корпуса в первом приближении Δtк= 10 оС

3 Определяем коэффициент лучеиспускания для верхней αлв, боковой αлб и нижней αлн поверхностей корпуса



Так как ε для всех поверхностей одинакова и равна ε=039 то



4 Для определяющей температуры tm = t0 + 0.5 Δtk = 30 + 0.5 10 =35 oC рассчитываем число Грасгофа Gr для каждой поверхности корпуса



где Lопр i - определяющий размер i-ой поверхности корпуса

g - ускорение свободного падения

γm - кинетическая вязкость газа, для воздуха определяется из таблицы 410 [1] и равна γm=1648 ⋅ 10-6 м2/с



5 Определяем число Прандталя Pr из таблицы 410 [1] для определяющей температуры tm, Pr = 0.7

6 Находим режим движения газа, обтекающих каждую поверхность корпуса

5 ⋅ 106 < Grн Pr = Grв Pr = 1831 ⋅07 ⋅ 107 = 1282 ⋅ 107 < 2 ⋅ 107  следовательно режим ламинарный

Grб Pr = 6832 ⋅07 ⋅ 106 = 4782 ⋅ 106 < 5 ⋅ 106  следовательно режим переходный к ламинарному

7 Рассчитываем коэффициент теплообмена конвекцией для каждой поверхности блока αki



где λm - теплопроводность газа, для воздуха λm определяем из таблицы 410 [1] λm = 00272 Вт/(м К)

Ni - коэффициент учитывающий ориентацию поверхности корпуса Ni = 0.7 для нижней поверхности Ni = 1 для боковой поверхности Ni = 13 для верхней поверхности

8 Определяем тепловую проводимость между поверхностью корпуса и окружающей средой σк



9 Рассчитываем перегрев корпуса блока РЭА во втором приближении Δtко



где Ккп - коэффициент зависящий от коэффициента корпуса блока Так как блок является герметичным, следовательно Ккп = 1

Кн1 - коэффициент, учитывающий атмосферное давление окружающей среды берется из графика рис 412 [1], Кн1 = 1

10 Определяем ошибку расчета



Так как δ=0332 > [δ]=0.1 проводим повторный расчет скорректировав Δtк= 15 оС

11 После повторного расчета получаем Δtк,о= 15,8 оС, и следовательно ошибка расчета будет равна



Такая ошибка нас вполне устраивает δ=0053 < [δ]=0.1

12 Рассчитываем температуру корпуса блока



**Этап 2 Определение среднеповерхностной температуры нагретой зоны**

1 Вычисляем условную удельную поверхностную мощность нагретой зоны блока qз



где Pз - мощность рассеиваемая в нагретой зоне, Pз = 20 Вт.

2 По графику из [1] находим в первом приближении перегрев нагретой зоны Δtз= 18 оС

3 Определяем коэффициент теплообмена излучением между нижними αзлн, верхними αзлв и боковыми αзлб поверхностями нагретой зоны и корпуса

Для начала определим приведенную степень черноты i-ой поверхности нагретой зоны εпi



где εзi и Sзi - степень черноты и площадь поверхности нагретой зоны, εзi = 092 (для всех поверхностей так как материал ПП одинаковай)

Так как приведенная степень черноты для разных поверхностей почти одинаковая, то мы можем принять ее равной εп = 0405 и тогда



4 Для определяющей температуры tm = 05 (tк + t0 + Δtk)= 05 (45 + 30 + 17 =46 oC и определяющего размере hi рассчитываем число Грасгофа Gr для каждой поверхности корпуса



где Lопр i - определяющий размер i-ой поверхности корпуса

g - ускорение свободного падения

γm - кинетическая вязкость газа, для воздуха определяется из таблицы 410 [1] и равна γm=1748 ⋅ 10-6 м2/с



Определяем число Прандталя Pr из таблицы 410 [1] для определяющей температуры tm, Pr = 0.698

Grн Pr = Grв Pr = 213654 ⋅ 0698 = 14913

Grб Pr = 875128 ⋅ 0698 = 610839

5 Рассчитаем коэффициент коэффициенты конвективного теплообмена между нагретой зоной и корпусом для каждой поверхности

* для нижней и верхней



* для боковой поверхности



где λm - теплопроводность газа, для воздуха λm определяем из таблицы 410 [1] λm = 00281 Вт/(м К)

6 Определяем тепловую проводимость между нагретой зоной и корпусом



где σ - удельная тепловая проводимость от модулей к корпусу блока, при отсутствии прижима σ = 240 Вт/(м2 К)

Sλ - площадь контакта рамки модуля с корпусом блока

Кσ - коэффициент учитывающий кондуктивный теплообмен



В результате получаем



7 Рассчитываем нагрев нагретой зоны Δtзо во втором приближении



где Кw - коэффициент, учитывающий внутреннее перемешивание воздуха, зависит от производительности вентилятора, Кw = 1

Кн2 - коэффициент, учитывающий давление воздуха внутри блока, Кн2 = 13

8 Определяем ошибку расчета



Такая ошибка нас вполне устраивает δ=0053 < [δ]=0.1

9 Рассчитываем температуру нагретой зоны



**Этап 3 Расчет температуры поверхности элемента**

1 Определяем эквивалентный коэффициент теплопроводности модуля, в котором расположена микросхема Для нашего случая, когда отсутствуют теплопроводные шины λэкв = λп = 0.3 Вт/(м К) , где λп - теплопроводность материала основания печатной платы

2 Определяем эквивалентный радиус корпуса микросхем



где S0ИС - площадь основания микросхемы, S0ИС = 00195 ⋅ 0006 = 0000117 м2

3 Рассчитываем коэффициент распространения теплового потока



где α1 и α2 - коэффициенты обмена с 1-й и 2-й стороной ПП для естественного теплообмена α1 + α2 = 18 Вт/(м2 К)

hпп - толщина ПП

4 Определяем искомый перегрев поверхности корпуса микросхемы для ИМС номер 13 находящейся в середине ПП и поэтому работающей в наихудшем тепловом режиме



где В и М - условные величины, введенные для упрощения формы записи, при одностороннем расположении корпусов микросхем на ПП В = 85 π R2 Вт/К, М = 2

к - эмпирический коэффициент для корпусов микросхем, центр которых отстоит от концов ПП на расстоянии менее 3R, к = 1.14 для корпусов микросхем, центр которых отстоит от концов ПП на расстоянии более 3R, к = 1

кα - коэффициент теплоотдачи от корпусов микросхем определяется по графика (рис 417) [1] и для нашего случая кα = 12 Вт/(м2 К)

Ni - число i-х корпусов микросхем расположенный вокруг корпуса рассчитываемой микросхемы на расстоянии не более ri < 10/m = 0.06 м, для нашей ПП Ni = 24

К1 и К0 - модифицированные функции Бесселя, результат расчета которых представлен ниже



Δtв - среднеобъемный перегрев воздуха в блоке



QИСi - мощность, рассеиваемая i-й микросхемой, в нашем случае для всех одинаковая и равна 0001 Вт

SИСi - суммарная площадь поверхностей i-й микросхемs, в нашем случае для всех одинаковая и равна SИСi = 2 (с1 ⋅ с2 + с1 ⋅ с3 + с2 ⋅ с3) = 2 (195⋅ 6 + 19.5⋅ 4 + 6⋅ 4) = 438 мм2 = 0000438 м2

δзi - зазор между микросхемой и ПП, δзi = 0

λзi - коэффициент теплопроводности материала, заполняющего этот зазор

Подставляя численные значения в формулу получаем



5 Определяем температуру поверхности корпуса микросхемы



Такая температура удовлетворяет условиям эксплуатации микросхемы ΔТр = -45+70 оС, и не требует дополнительной системы охлаждения

**РАСЧЕТ МАССЫ БЛОКА**

Исходные данные для расчета

|  |  |
| --- | --- |
| Масса блока ИС | mис = 24 г = 0024 кг |
| Плотность дюралюминия | ρдр = 2800 кг/м3 |
| Плотность стеклотекстолита | ρСт = 1750 кг/м3 |
| Толщина дюралюминия | hk = 1 мм = 0001 м |
| Толщина печатной платы | hпп = 2 мм = 0002 м |
| Количество печатных плат | nпп = 60 |
| Количество ИС | nис = 25 |



**РАСЧЕТ СОБСТЕННОЙ ЧАСТОТЫ ПП**

Так как в нашей ПП используются однотипные микросхемы равномерно распределенные по поверхности ПП, то для определения собственной частоты колебаний ПП можно воспользоваться формулой для равномерно нагруженной пластины



где a и b - длина и ширина пластины, a = 186 мм, b = 81 мм

D - цилиндрическая жесткость

E - модуль упругости, E = 3.2 ⋅ 10-10 Н/м

h - толщина пластины, h = 2 мм

ν - коэффициент Пуассона, ν = 0.279

М - масса пластины с элементами, М = mпп + mис ⋅ 25 = 0.095 + 0.024 ⋅ 25 = 0.695 кг

Kα - коэффициент зависящий от способа закрепления сторон пластины

k, α, β, γ - коэффициенты приведенные в литературе [1]

Подставляя значения параметров в формулу рассчитываем значение собственной частоты



**РАСЧЕТ СХЕМЫ АМОРТИЗАЦИИ**

Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид носителя - управляемый снаряд | | | | | | |
| Масса блока m = 42.385 кг | | | | | | |
| f, Гц | 10 | 30 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
| g | 5 | 8 | 12 | 20 | 25 | 30 |

1. Рассчитаем величину вибросмещения для каждого значения f.



так как нам известен порядок Кε ≈ 103, то при минимальной частоте f = 10 Гц



следовательно мы можем рассчитать величину вибросмещения для каждой частоты спектра Результат расчета представим в таблице

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f, Гц | 10 | 30 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
| g | 5 | 8 | 12 | 20 | 25 | 30 |
| ξ, мм | 13 | 2 | 1 | 05 | 025 | 0076 |

2. Расчет номинальной статической нагрузки и выбор амортизатора

Так как блок заполнен одинаковыми модулями то и масса его распределена равномерно При таком распределении нагрузки целесообразно выбрать симметричное расположение амортизаторов В таком случае очень легко рассчитывается статическая нагрузка на амортизатор



Исходя из значений Р1...Р4 выбираем амортизатор АД -15 который имеет номинальную статическую нагрузку Рном = 100....150 Н, коэффициент жесткости kам = 1864 Н/см, показатель затухания ε = 05

3 Расчет статической осадки амортизатора и относительного перемещения блока

Статическая осадка амортизаторов определяется по формуле



Для определения относительного перемещения s(f) необходимо сначала определить собственную частоту колебаний системы





и коэффициент динамичности который определяется по следующей формуле



Результат расчета представим в виде таблице

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса блока m = 42.385 кг | | | | | | |
| f, Гц | 10 | 30 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
| g | 5 | 8 | 12 | 20 | 25 | 30 |
| f, Гц | 10 | 30 | 50 | 100 | 500 | 1000 |
| ξ(f), мм | 13 | 2 | 1 | 05 | 025 | 0076 |
| μ(f) | 1.003 | 1.118 | 1.414 | 2.236 | 4.123 | 13.196 |
| s(f)= ξ(f) μ(f) | 13.039 | 2.236 | 1.414 | 1.118 | 1.031 | 1.003 |

**РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ БЛОКА ПО ВНЕЗАПНЫМ ОТКАЗАМ**

Так как носителем нашего блока является управляемый снаряд время жизни которого мало, и схема состоит только из последовательных элементов тот мы принимаем решение не резервировать систему.

Интенсивность отказов элементов с учетом условий эксплуатации изделия определяется по формуле



где λ0i - номинальная интенсивность отказов

k1, k2 - поправочные коэффициенты в зависимости от воздействия механических факторов

k3 - поправочный коэффициент в зависимости от давления воздуха

Значения номинальных интенсивностей отказа и поправочных коэффициентов для различных элементов использующихся в блоке были взяты из литературы [1] и приведены в таблице

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | λ0i,1/ч | k1 | k2 | k3 | k4 |
| Микросхема | 0,013 | 1,46 | 1,13 | 1 | 1,4 |
| Соединители | 0,062 ⋅ 24 | 1,46 | 1,13 | 1 | 1,4 |
| Провода | 0,015 | 1,46 | 1,13 | 1 | 1,4 |
| Плата печатной схемы | 0,7 | 1,46 | 1,13 | 1 | 1,4 |
| Пайка навесного монтажа | 0,01 | 1,46 | 1,13 | 1 | 1,4 |

Вероятность безотказной работы в течении заданной наработки tp для нерезервированных систем определяется из формулы





Среднее время жизни управляемого снаряда не превышает 1...2 минут и следовательно значение P(0.033) = 0.844, что вполне удовлетворяет техническим условиям

**ЛИТЕРАТУРА**

1. **О. Д. Парфенов, Э Н Камышная В П Усачев**. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры “Радио и связь” 1989 г.
2. **Л. Н. Преснухин, В. А. Шахнов**. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. М. “Высшая школа”, 1986 г
3. **В. А. Шахнов**. Курс лекций.