МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«Балтийский государственный технический университет ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)**



**Курсовая работа на тему: «Разработка конструкции и технологии изготовления печатного узла»**

Выполнил: студент группы И433

Яценко С.О

Научный руководитель: Хромихин Д.А

Санкт-Петербург

2016г.

Содержание:

1.1 Анализ электрической принципиальной схемы и выбор элементной базы с учетом требований ТЗ.

1.2 Выбор элементной базы.

1.3 Выбор и обоснование типа и технологии печатной платы, класса точности, габаритных размеров, материала, толщины и шага координатной сетки.

**2. Конструкторско-технологический расчет платы**

2.1 Расчет параметров проводящего рисунка с учетом технологических погрешностей его получения

2.2 Расчет параметров проводящего рисунка с учетом технологических погрешностей получения защитного рисунка

2.3 Расчет проводящего рисунка по переменному току

**3. Анализ ТЗ и выбор конструкции печатного узла с учетом параметров печатной платы и вида соединителя.**

3.1 Расчет механической прочности

3.2 Расчет теплового режима

**4. Разработка технического процесса изготовления платы**

Часть 1

**1.1 Анализ электрической принципиальной схемы и выбор элементной базы с учетом требований ТЗ**

На схеме приведен Микрофонный усилитель. Печатный узел представляет собой функционально законченный конструктивный РЭА, состоящий из печатной платы и установленных на ней электрорадиоэлементов, элементов крепления, фиксации и электрического соединения.

Печатный узел состоит из двух конденсатора типа 0603-Х5R-010мкФх25В, резистора типа 0603-0,063-220Ом и резистора 0603-0,063-120 Ом, 0603-0,063-1кОм , 0603-0,063-18кОм,а так же двух транзисторов типа КТ310Е.

Электрическая принципиальная схема данного устройства может использоваться в бортовой РЭА, поэтому на условия ее эксплуатации устанавливаются особые требования. Особые требования - эксплуатационные показатели, которые характеризуют предельные нормы эксплуатации с точки зрения факторов воздействия окружающей среды. Предельные значения параметров, воздействующих на конструкцию бортовой РЭА по каждой группе, установлены в ГОСТ РВ 20.39.304-98. Эти значения в каждом случае указываются на вновь разрабатываемую аппаратуру.

**1.2 Выбор элементной базы**

Выбор элементной базы на основе электрической принципиальной схемы с учетом изложенных в ТЗ условий и требований. Эксплуатационная надежность элементной базы, в основном, определяется правильным выбором типа элементов при проектировании и при использовании в режимах, которые не превышают предельно допустимые.

**Данный печатный узел состоит из:**

* Резисторов:
* R3(120 Ом),R4(220 Ом);
* R1(подстрочный) ( 18кОм);
* R2 (1 кОм);
* Конденсаторов:
* С1( 10мкФ);
* Транзисторов:
* VT1,VT2 (КТ3107Е)

1. Резисторы

Фирма: YAGEO

Номинальная мощность: 0,05..1 Вт

Диапазон номинальных сопротивлений: 1 Ом ÷22 МОм

Точность: ±1%, ±5%

Температурный коэффициент: ±100, ±200 ppm/C

Максимальное рабочее напряжение: 25…200 В

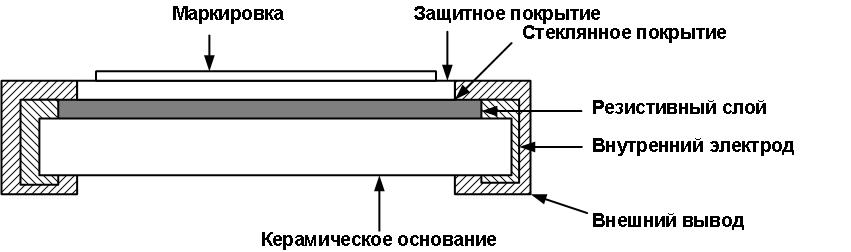
Размеры: L= 1.6 мм

W= 0.85 мм

H= 0.45 мм

D= 0.3 мм

T= 0.3 мм



Расшифровка обозначения:

RC- толстопленочный ЧИП резисторы общего применения

0603-типоразмер

±5% - точность сопротивления (F)

Номинальная мощность: 0.063 Вт

Рабочее напряжение: 200 В

Номинальный ток: 1А

Диапазон рабочих температур: -55….+125 °C

2. Реостат

R1 (подстрочный) (18кОм);

Фирма: SDM (smd marking codes)

Обозначения: 0603

SDM резисторы типоразмера 0603 5% поставляются по ряду номиналов Е24.Технические характеристики и маркировка чип резисторов 0603 5% производитель LIKET, WALSIN.

Внешний вид и размеры:



Технические характеристики чип резисторов 0603 5%   
  
Номинальная мощность резистора при 70°С.......................0,1 Вт   
Рабочее напряжение резистора ...............................................50 В   
Максимальное напряжение резистора ....................................100 В   
Диапазон рабочих температур резистора ............................-55° +125°С   
Температурный коэффициент сопротивления......................100 ppm/°С

3. Конденсаторы

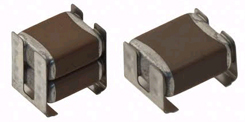
C1: 0603-X5R-10мкФx25В±10%

Внешний вид, размеры:

Длина корпуса L: 1.6 мм

Ширина корпуса H: 0.9 мм

Высота корпуса W: 0.8 мм



Полное обозначение конденсаторов:

C1: 0603-X5R-10мкФ x 25В±10%

GRM188R61E105K

GR – номер продукта (product ID)

M – код (Code) [Tin Plated Layer]

18 – размеры (1.6х0.8mm)

8 – размер (0.8mm)

R6 – код, ТКЕ X5R

1E – Рабочее напряжение (Rated Voltage DC25V)

105 - Номинальная емкость (Capacitance)

K - Допуск номинала ±10% (Capacitance Tolerance)

Характеристики:

Керамический чип конденсатор типоразмера 0603 наиболее пригодный для автоматического монтажа, так и для ручной пайки, типоразмер идеален для высокоплотного монтажа.

4. Транзисторы

VT1,VT2: КТ3107Е

Технические характеристики:

Наименование производителя: КТ3107Е

Тип материала: Si

Полярность: NPN

Максимальная рассеиваемая мощность (Pc): 0.5

Макcимально допустимое напряжение коллектор-база (Ucb): 75

Макcимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер (Uce): 40

Макcимально допустимое напряжение эмиттер-база (Ueb): 6

Макcимальный постоянный ток коллектора (Ic): 0.8

Предельная температура PN-перехода (Tj), град: 175

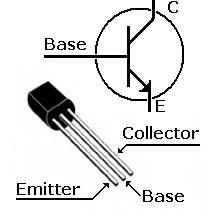
Граничная частота коэффициента передачи тока (ft): 300

Ёмкость коллекторного перехода (Cc), пФ: 8

Статический коэффициент передачи тока (hfe): 100

Корпус транзистора: TO18

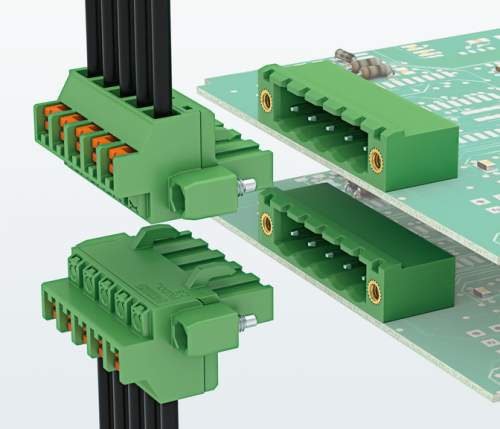
Внешний вид:



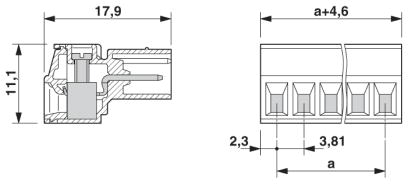
5. Разъем

#### Разъем для печатной платы выбираем фирмы PHOENIX CONTACT

Вид данного разъёма.



Чертеж:



Характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| **Длина** | 18,45 мм |
| **Высота** | 11,1 мм |
| **Ширина** | 23,65 мм |
| **Размер шага** | 3,81 мм |
| **Размер a** | 19,05 мм |

## Общие сведения

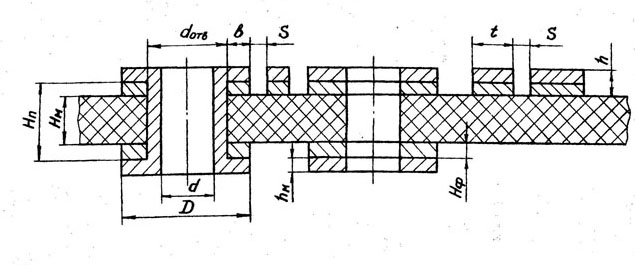
|  |  |
| --- | --- |
| **Серия изделий** | IMC 1,5/..-ST |
| **Тип контактов** | Штыревое |
| **Полюсов** | 6 |
| **Тип подключения** | Винтовой зажим с натяжной гильзой |
| **Группа изоляционного материала** | I |
| **Расчетное импульсное напряжение (III/3)** | 2,5 кВ |
| **Расчетное импульсное напряжение (III/2)** | 2,5 кВ |
| **Расчетное импульсное напряжение (II/2)** | 2,5 кВ |
| **Расчетное напряжение (III/3)** | 160 В |
| **Расчетное напряжение (III/2)** | 160 В |
| **Расчетное напряжение (II/2)** | 320 В |
| **Подключение согласно стандарту** | EN-VDE |
| **Номинальный ток IN** | 8 A |
| **Номинальное сечение** | 1,5 мм² |
| **Максимальный ток нагрузки** | 8 A (для кабеля сечением 1,5 мм²) |
| **Изоляционный материал** | PA |
| **Класс воспламеняемости согласно UL 94** | V0 |
| **Калиберная пробка** | A1 |

**1.3 Выбор и обоснование типа и технологии печатной платы, класса точности, габаритных размеров, материала, толщины и шага координатной сетки**

Печатная плата – пластина из диэлектрика, на поверхности и/или в объеме которой сформированы электропроводящие цепи электронной схемы. По конструкции печатные платы с жестким и гибким основанием делятся на три типа: односторонние (ОПП), двусторонние (ДПП) и многослойные (МПП).

В нашем случае следует использовать двустороннюю печатную плату (ДПП) с металлизированными монтажными и переходными отверстиями, характеризуемую повышенной ремонтопригодностью и прочностью вывода навесного элемента с проводящим рисунком платы.

Конструкция двусторонней печатной платы.



b – гарантийный поясок;

h – толщина проводящего рисунка;

Hф – толщина фольги;

Нп – толщина проводящего покрытия;

hм – толщина гальванически наращенной меди

d – диаметр отверстия

D – диаметр контактной площадки

t – ширина печатного проводника

S - расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка

HM – толщина основания печатной платы

Печатный монтаж-способ монтажа элементов радиоэлектронных устройств, при котором электрические соединения осуществляются посредством тонких электропроводящих полосок, расположенных на печатной плате. Печатный монтаж позволяет уменьшить габариты и массу аппаратуры, широко использовать механизированное и автоматизированное оборудование и высокопроизводительные технологические процессы при ее массовом выпуске. При этом значительно повышается надежность изделий и заметно сокращаются расход материалов и трудовые затраты.

Точность изготовления печатных плат зависит от комплекса технологических характеристик, и с практической точки зрения определяет основные параметры элементов печатной платы. В первую очередь это относится к минимальной ширине проводников, минимальному зазору между элементами проводящего рисунка и к ряду других параметров.

ГОСТ 23.751-86 предусматривает пять классов точности печатных плат, и в конструкторской документации на печатную плату должно содержаться указание на соответствующий класс, который обусловлен уровнем технологического оснащения производства. Печатные платы 2-го класса точности наиболее просты в исполнении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость, следовательно, выберем его. Тогда:

* Ширина проводника t=0.45мм
* Расстояние между элементами S=0,45 мм
* Гарантированный поясок b=0.2 мм
* Отношение диаметра отверстия к толщине y=0.4

|  |  |
| --- | --- |
| Название элемента | Значение |
| Габаритные размеры | 20х15 мм |
| Соотношение размеров сторон | 1.3:1 |
| Толщина печатной платы | 2 мм |
| Конфигурация печатной платы | Прямоугольная |
| Шаг координатной сетки | 1.25 мм |

Материал основания: FR4 Hig Kingboard Laminates  ГОСТ 26246.5-89

Стеклотекстолит прошел комплекс испытаний на соответствие ГОСТ 26246.5-89 и ТУ И03.0107. 008-94 (требования ТУ И03.0107 006-94 соответствуют требованиям ГОСТ 36246. 5-89).

Стеклотекстолит FR-4 фирмы ILM полностью соответствует ГОСТ 26246.5-89 и ТУ

И03.0107. 008-94.

Отличительной характеристикой данного материала является:

* высокое значение адгезии фольги к подложке диэлектрика под воздействием высокой температуры,
* высокое объёмное и поверхностное электрическое сопротивление,
* высокая температура стеклования и стабильность геометрических размеров.

Технические характеристики стеклотекстолита:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тестируемая величина | Условия  испытания по стан-дартам  IPC | Толщина основания | | | |
| меньше чем 0,5 мм | | 0,5 мм и больше | |
| Гарантированные значения | Типичные значения | Гарантированные значения | Типичные значения |
| **1. Прочность на отслаивание, Н/мм, не менее** | | | | | |
| **А. Толщина фольги 18мкм** | | | | | |
| В исходном состоянии  После термической нагрузки  При повышенной температуре  После воздействия гальванического р-ра | А  А  Е-2/125°С  Е-2/125°С | 1,09  1,09  0,73  0,82 | 1,45  1,45  1,27  1,27 | 1,09  1,09  0,73  0,82 | 1,45  1,45  1,27  1,27 |
| **B. Толщина фольги 35мкм** | | | | | |
| В исходном состоянии  После термической нагрузки  При повышенной температуре  После воздействия  гальванического р-ра | А  А  Е-2/125°С  Е-2/125°С | 1,45  1,45  0,91  1,27 | 1,81  1,81  1,63  1,63 | 1,45  1,45  0,91  1,27 | 1,81  1,81  1,63  1,63 |
| **2. Объемное сопротивление, МОмсм, не менее** | | | | | |
| После воздействия влажности  После циклической термической нагрузки  При повышенной температуре | С-96/35/90  F  Е-24/125 | 1x106  -  1x103 | 1x108  -  1x106 | -  1x106  1x103 | -  1x108  1x106 |
| **3. Поверхностное сопротивление, МОм, не менее** | | | | | |
| После воздействия влажности  После циклической термической нагрузки  При повышенной температуре | С-96/35/90  F  Е-24/125 | 1x104  -  1x103 | 1x106  -  1x106 | -  1x104  1x103 | -  1x106  1x106 |
| **4. Стабильность размеров, изменения не более** | | | | | |
| После травления  После сушки | С-24/23/50  Е-0,5/105 | 0,05%  0,05% | 0,035%  0,035% | -  - | -  - |
| **5. Постоянное пробивное напряжение параллельно слоям, кВ, не менее** | D-48/50  D-0,5/23 | - | - | 40 | 70 |
| **6. Среднее значение электрической прочности перпендикулярно слоям, kВ/мм не менее** | D-48/50  D-0,5/23 | 1,18 | 1,34 | - | - |
| **7. Диэлектрическая проницаемость при частоте 1МГц, не более** | С-40/23/50 | 5,4 | 4,5 | 5,4 | 4,5 |
| **8. Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1МГц, не более** | С-40/23/50 | 0,035 | 0,017 | - | - |

**Часть 2. Конструкторско-технологический расчет платы**

2.1. Расчет параметров проводящего рисунка с учетом технологических погрешностей его получения

1. Номинальное значение диаметра монтажного отверстия:

d = d э + r + |Δd н.о.|

d э = 0,7 мм – максимальное значение диаметра вывода навесного элемента.

r = 0,2 мм – разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным диаметром вывода устанавливаемого элемента.

Δd н.о. = 0,1 мм – нижние предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия.

d = 0,7 + 0,2+0,1= 1 мм

1. Предельное отклонение

* Отверстие с металлизацией
* Класс точности: 2
* Размер отверстия: не больше 1.0 мм
* Предельное верхнее отклонение: Δd в.о=0.1мм

1. Ширина гарантированного пояска

* Класс точности: 2
* Гарантированный поясок: bгп=0.2 мм

1. Номинальное значение ширины проводника:

t = tмд + |Δt н.о.|

tмд – минимально допустимая ширина проводника

Для класса точности 2 с учетом адгезивных свойств:

tмд = tпмин + Нф

tпмин=0,18 - мм минимальная эффективная ширина проводника- определена экспериментально(для 2-го класса точности);

Нф = 0,05 мм - толщина фольги

tмд = 0,18 + 1,5\*0,05 = 0,255 мм

Δt н.о. = 0,1 мм – нижние предельное отклонение ширины проводника (класс точности 2).

t =0,255+0,1=0,355 мм

2.2. Расчет параметров проводящего рисунка с учетом технологических погрешностей получения защитного рисунка

1. Минимальный диаметр металлизированного отверстия:



Hп = 2 мм – толщина ПП

=0,4 – отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы (класс точности 2)

1. Минимальный диаметр контактных площадок:



Hф=0,050 мм – толщина фольги

hПМ=0,005 мм – толщина предварительно осажденной меди

hp=0,02 мм – толщина металлического резистора

 - минимальный эффективный диаметр контактной площадки

=0,2 мм – величина пояска



=0,9 мм - диаметр металлизированного отверстия

=0,25 мм – погрешность диаметра отверстия (класс точности 2)



 - погрешность расположения отверстия

δо = 0,02 мм – погрешность расположения отверстия относительно координатной сетки, обусловленная точностью сверлильного станка

δσ = 0,01 мм – погрешность базирования плат на сверлильном станке



 - погрешность расположения контактной площадки

δш = 0,02 мм – погрешность расположения оси контактной площадки относительно оси координатной сетки на фотошаблоне

δэ = 0,01 мм – погрешность расположения элементов при экспонировании на слое

δп = 0,01 мм – погрешность расположения базовых отверстий на фотошаблоне







1. Максимальный диаметр контактной площадки:



 - погрешность диаметра КП фотокопии при экспонировании рисунка

 - толщина металлического резистора



1. Минимальная ширина проводников:



 минимально эффективная ширина проводника

Hф=0,050 мм – толщина фольги

hПМ=0,005 мм – толщина предварительно осажденной меди

hp=0,02 мм – толщина металлического резистора



1. Максимальная ширина проводников:





hp=0,02 мм – толщина металлического резистора

ΔЭ=0,02 мм – погрешность диаметра контактной площадки фотокопии при экспонировании рисунка



1. Минимальное расстояние между проводником и контактной площадкой:





Lо = 1,24 мм – расстояние между центрами рассматриваемых элементов



δшt = 0,03 мм – погрешность расположения проводника на фотошаблоне



2.3. Расчет проводящего рисунка по постоянному току

За счет падения напряжения на печатном проводнике и за счет конечного значения сопротивления изоляции возникает помеха по постоянному току. Целью расчета по постоянному току является определение падения напряжения на сигнальных шинах и шинах питания, а также оценка сопротивления изоляции.

Падение напряжения на проводнике:

 ,

где : - удельное сопротивление проводника (=0,05 ) ;

 - толщина фольги;

 - ширина проводника;

 - длина проводника;

 - ток;



Необходимо обеспечить условие для сигнальной цепи:

=0,5 В

 , где:

- номинальное значение напряжения питания.

⋅0,05=0,025 мм2



Поверхностное сопротивление изоляции параллельных печатных проводников обусловлено наличием удельного поверхностного сопротивления  диэлектрика платы:

 ,

где : - удельное поверхностное сопротивление диэлектрика ( Ом для FR4) ;

- зазор между проводниками;

 - наибольшая длина совместного прохождения проводников.

 Ом.

Для нормального функционирования проектируемого узла сопротивление изоляции между проводниками должно превышать входное сопротивление электронных схем более чем в 1000 раз.



2.4 Расчет проводящего рисунка по переменному току

Расчет по переменному току позволяет уточнить максимальную длину одиночного проводника, максимальную длину совместного прохож­дения рядом расположенных проводников, зазоры между проводниками.

**Задержка при передаче сигналов по линии связи**:

 ,

где:

 - индуктивность и емкость линии;

l=10 мм - длина линии питания;

 - погонная задержка сигнала по проводнику в вакууме () ;

 - относительные диэлектри­ческая и магнитная проницаемость основания платы;

 ,

где:  = 6 – диэлектрическая проницаемость платы;

 = 4 – диэлектрическая проницаемость лака.

 = 1.



 нс.

**Часть 3.**

Анализ ТЗ и выбор конструкции печатного узла с учетом параметров печатной платы и вида соединителя

3.1Расчет механической прочности

Порядок выполнения проверочных расчетов вибропрочности печатных узлов:

1. С учетом направления воздействий вибраций в конструкции выделяются детали и узлы, имеющие наибольшие деформации;
2. Выбираются расчетные модели (балки, пластины и т.п.);
3. Рассчитываются собственные частоты;
4. Определяются нагрузки, и полученные значения сравниваются с пределами прочности выбранных материалов;
5. При необходимости принимается решение о повышении прочности конструкций

В практике конструирования внешние вибрационные воздействия часто задаются узким диапазоном частот. Собственная частота конструкции не должна находится в спектре частот внешних воздействий. Хотя любая конструкция обладает несколькими значениями собственных частот, однако расчет выполняется только для низших значений f0.

Исходные данные для расчета ПУ на вибропрочность:

1. Габаритные размеры печатной платы:

диаметр платы 30мм

1. Материальная часть платы – FR-4

γ=1850 кг/м3 – плотность;

Е=3,02\*1010 Н/м2 – модуль упругости;

μm=0,2 – коэффициент Пуассона;

σ02=147\*106 Н/м2 – предел прочности;

1. Масса всех ЭРЭ, устанавливаемых на печатную плату:

∑mΣ=(6\*2+4\*2)\*10-3+(4\*50+1\*100)10-6=20,3\*10-3 кг

1. Вариант закрепления печатной платы: со одной защемлённой стороной;

Виброускорение: а=1 м/с2 в диапазоне воздействия fн…fв=10…70 Гц, kg=;

5. Проверим условия вибропрочности:

Для печатной платы с ЭРЭ должно выполняться условие δd< 0.003в, где в- размер стороны, параллельно которой установлены ЭРЭ,

δВ =6,0\*10-5 м <1,35\*10-4 м - условие выполняется.

Вывод:

Условия вибропрочности для данного печатного узла выполняются, поэтому изменения конструкции РЭА и применения специальных амортизаторов не требуется.

3.2 Расчет теплового режима

**Расчет теплового режима ПУ**

Оптимальный тепловой режим ЭМ1 является одним из важнейших факторов, определяющих эксплуатационную надежность ЭС в целом. Обеспечение теплового режима связано с выбором такой конструкции ЭМ1, которая бы способствовала рассеиванию теплоты в окружающее пространство. Увеличение функциональной и конструктивной сложностей узла, тепловыделения ЭРИ, и, соответственно, повышения температуры внутри корпуса ЭС, способствует росту отказов элементной базы за счет превышения допустимого нагрева отдельных ЭРИ. Поэтому целью анализа теплового режима является оценка температур нагретой зоны и наиболее критичного к нагреву элемента.

Определение эквивалентного коэффициента теплопроводности модуля, в котором расположен ЭРИ.

λэкв=λп ,где

λп- коэффициент теплопроводности материала основания ПП, Вт/(м\*К)

λэкв=0,3 Вт/(м\*К)

Вычисление коэффициента распространения теплового потока.

, где

α1 и α2 –коэффициенты теплообмена с 1-й и 2-й стороной ПП (при естественном теплообмене α1+ α2 = 17 Вт/(м2\*К)).

h- толщина платы.

Расчет эквивалентного радиуса корпуса ЭРИ:

, где =4,27

- площадь основания ЭРИ.

Оценка перегрева поверхности корпуса наиболее уязвимого ЭРИ:

Где:

В и М – условные величины, учитывающие способ установки элементов (При двухстороннем монтаже В=0, M=1)

k=1, т.к. l≥3R – эмпирический коэффициент, выбираемый в зависимости от расстояния l между центром корпуса ЭРИ и торцами ПП

N- число корпусов ЭРИ расположенных вокруг корпуса рассчитываемого элемента на расстояние ri не более чем 10/m. В нашем случае таких элементов нет, следовательно вторая часть формулы будет равняться 0.

kα – коэффициент теплоотдачи от корпуса ЭРИ, определяемый по графику ?????

- мощность, рассеиваемая ЭРИ

- площадь поверхности ЭРИ

- зазор между ЭРИ и ПП

- коэффициент теплопроводности материала, заполняющего этот зазор.

*°С*

Определение температуры поверхности корпуса ЭРИ:

, где

t0- среднеобъемная температура окружающего рассматриваемый ЭРИ пространства.

°С

Согласно техническим характеристикам данной микросхемы верхнее допустимое значение ее рабочей температуры не должно превышать 70°С, поэтому введения дополнительной системы охлаждения не требуется.

Часть 4

Разработка техпроцесса сборки печатного узла

Исходными данными для разработки технологического процесса сборки печатного узла являются:

* объем производства: 50000 шт
* тип печатной платы: двусторонняя
* размещение элементов на печатной плате: односторонний монтаж
* технология монтажа элементов: смешанная

Основным отличием технологии поверхностного монтажа от традиционной является монтаж радиоэлементов не в отверстия, а на поверхность печатной платы со стороны печатных проводников, что обеспечивает применение прогрессивной технологии установки новейших радиоэлектронных компонентов на печатную плату, а также позволяет повысить качество и надежность выпускаемой продукции.

Преимущества поверхностого монтажа:

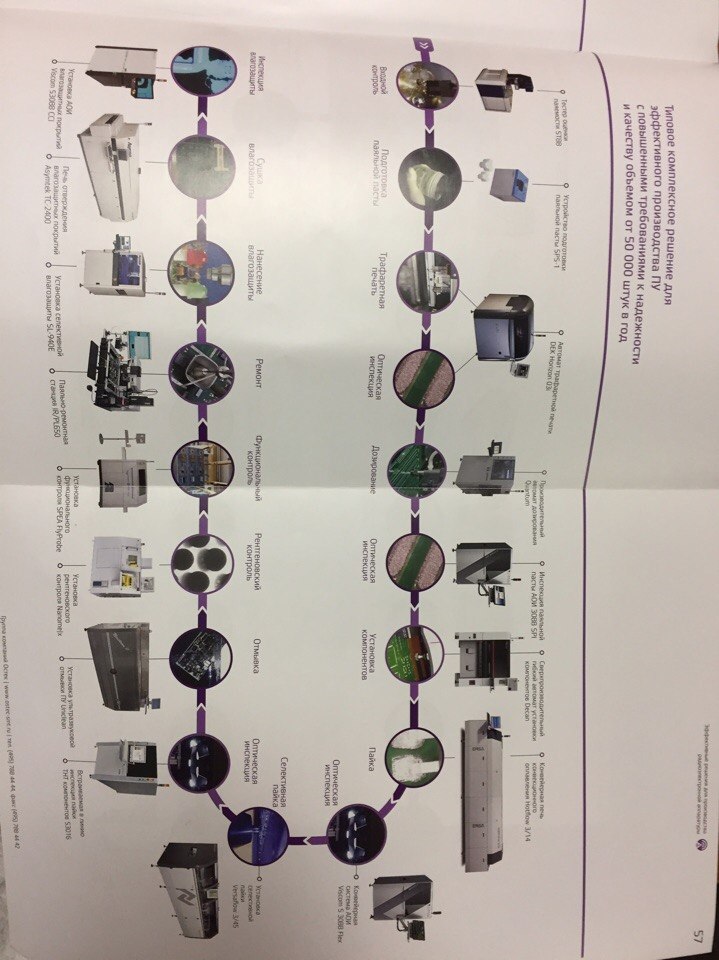
* Cнижение массы и габаритов готового изделия;
* Снижение стоимости радиоэлементов;
* Устранение непосредственного контакта персонала с компонентами;
* Использование компонентов прямо из заводской упаковки;
* Возможность полной автоматизации монтажа;
* Возможность исключения операции отмывки;
* Использование современной элементной базы;
* Высокая точность и повторяемость установки компонентов;

При этом элементы поверхностного монтажа устанавливаются на контактные площадки, а навесные в металлизированные отверстия.

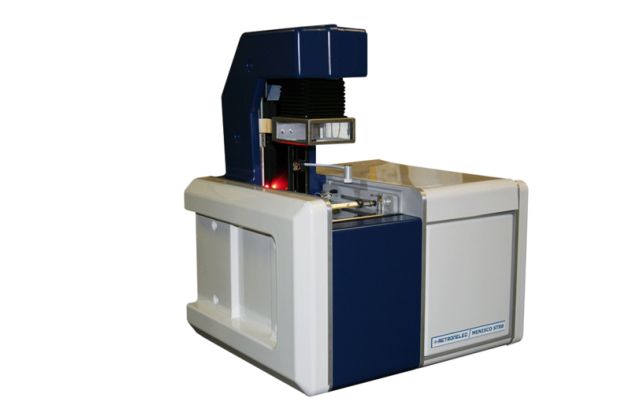
Порядок проведения процесса:

* Подготовка паяльной пасты
* Трафаретная печать
* Оптическая инспекция
* Дозирование
* Оптическая инспекция
* Установка компонентов
* Пайка
* Оптическая инспекция
* Селективная пайка
* Оптическая инспекция
* Отмывка
* Рентгеновский контроль
* Функциональный контроль
* Ремонт
* Нанесение влагозащиты
* Сушка влагозащиты
* Инспекция влагозащиты

Все этапы технического процесса были взяты из методического журнала: «Эффективные решения для производства радиоэлектронной аппаратуры »



1.Входной контроль осуществляется тестером оценки паяемости ST88



**Применение**

* Контроль паяемости:
  + штыревых компонентов;
  + SMD-компонентов (от 0201);
  + печатных плат;
  + поверхностной металлизации.
* Измерение силы и угла смачивания.
* Определение эффективности флюса.
* Контроль качества припоя.
* Контроль качества паяльной пасты.

**Опции**

* Возможность имитации пайки в среде инертного газа.
* Модуль глобул для формирования «капель» припоя Ø 1, 2, 3.2 и 4 мм.

**Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| **Глубина погружения тестируемого образца** | от 0,02 до 25 мм |
| **Скорость погружения тестируемого образца** | от 1 до 50 мм/сек. |
| **Скорость выгрузки тестируемого образца** | от 1 до 50 мм/сек. |
| **Диапазон температур припоя** | от температуры окруж. среды до 450 °C |
| **Вес** | около 50 кг (без дополнительных модулей) |
| **Питание** | 220В - 50/60 Гц, 700 Вт |

2.Подготовка паяльной платы пасты осуществляется устройством подготовки паяльной пасты SPS-1



Устройство SPS-1 представляет собой центрифугу, содержащую вращающееся коромысло, на одном конце которого закреплен наклонный держатель банки с пальной пастой, а на другом – автоматически регулируемый противовес. Планетарное движение банки, достигаемое за счет того, что держатель медленно вращается в направлении противоположном вращению коромысла, вызывает перемещение пасты внутри банки, приводящее к ее перемешиванию и одновременно к повышению температуры за счет взаимного трения внутренних слоев пасты.

Паяльная паста готова к использованию после 10- 15-ти минутного цикла, достаточного для ее перемешивания и повышения ее температуры от температуры хранения в холодильнике до температуры окружающей среды.

3.Трафаретная печать и оптическая инспекция осуществляется автоматом трафаретной печати DEK Horizon 03i



Трафаретный принтер Horizon 03iX – разработка общепризнанного мирового лидера по производству оборудования для трафаретной печати компании DEK.

Благодаря легкости управления, функциональности, надежности и инновационным техническим решениям **Horizon 03iX** является самым популярным и распространенным автоматическим принтером как у нас в стране, так и во всем мире.

4. Дозирование осуществляется производительным автоматом дозирования Quantum

[](http://ostec-micro.ru/upload/files/jpg/26/q-6800.jpg)[](http://ostec-micro.ru/catalog/advanced-search/?search%5bpartner%5d%5b%5d=75)

* портальная система перемещения по осям X и Y для точного и стабильного перемещения;
* запатентованная система дозировки по массе с обратной связью, автоматически компенсирующая изменения вязкости; лазерная система измерения высоты для быстрого бесконтактного измерения;
* система технического зрения с трехцветной подсветкой для надежного распознавания реперных знаков;
* непрерывная подача для обеспечения высокой производительности;
* большая рабочая область 423×458 мм, идеально подходящая для широкого спектра подложек.

Автомат дозирования Quantum® Q-6800 предназначен для надежного и высокоэффективного дозирования в различных областях применения:

* подзаливка (underfill) CSP, BGA и плат;
* адгезивы для поверхностного монтажа;
* монтаж углов;
* герметизация по технологии Dam and Fill;
* заливка компаундами;
* проводящие клеи;
* сборка корпусов;
* работа с большими платами и подложками.

5.Оптическая инспекция производится Инспекцией паяльной пасты АОИ 3088 SPI

3D инспекция паяльной пасты (SPI) — это эффективное решение по выявлению дефектов сборки печатных узлов на ранней стадии. Ключевой задачей SPI является оперативное обнаружение таких дефектов нанесения паяльной пасты, как некорректная форма и объем дозы пасты, смещение, размазывание отпечатков и перемычки между ними.

* Получение 3D модели отпечатков паяльной пасты с анализом качества нанесения.
* Высокая воспроизводимость результатов.
* Эффективное и легкое программирование с помощью EasyPro или vVision.
* Функция обратной связи Viscom Process Uplink и Downlink для простой отладки технологического процесса.
* Сочетание высокого разрешения и высокой производительности.



**Технические характеристики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Область применения** | | 3D инспекция паяльной пасты |
| **Оптическая система** | Способ измерений | Профилометрия с помощью структурированного освещения |
| Размер пикселя детектора | 15 мкм |
| **Программное обеспечение** | Пользовательский интерфейс | Viscom EasyPro/vVision |
| SPC | Viscom SPC (анализ статистики, опционально) |
| Станция верификации | Viscom S6002 HARAN/vVerify, опционально |
| Удаленная диагностика | Viscom SRC (диагностика по компьютерной сети, опционально) |
| Станция программирования | Viscom PST34 (для программирования на отдельно стоящем месте) |
| **Управляющий персональный компьютер** | Операционная система | Windows® |
| Процессор | Intel® Core™ i7 |
| **Конвейерная система и приводы** | Размеры ПП | До 508×508 мм |
| Поддержка ПП снизу | Поддерживающие пины, опционально |
| Высота конвейера от пола | От 850 до 950 мм ± 20 мм |
| Настройка ширины конвейера | Автоматическая |
| Приводы инспекционного модуля | Синхронные линейные двигатели |
| Тип конвейера | Один ручей (две направляющих, передняя фиксирована) |
| Фиксация ПП | Автоматический зажим, без подвода сжатого воздуха |
| Зазор сверху ПП | 30 мм |
| Зазор снизу ПП | 40 мм / 60 мм, опционально |
| **Производительность** | | Вплоть до 80 см2/сек. |
| **Другие данные** | Интерфейс конвейера | SMEMA, SV70 |
| Энергопотребление | 380 В, 50/60 Гц, 3P/N/PE, макс. полная мощность 2,5 кВА |
| Габаритные размеры (Д х Ш х В) | Примерно 1000×1540×1600 мм |
| Вес | Максимум 750 кг |

6.Компоненты устанавливают с помощью Сверхпроизводительного гибкого автомата установки Decan

Автоматы новой серии DECAN S2 обеспечивают еще большую производительность и точность монтажа по сравнению с автоматами серии DECAN F2 первого поколения. Теперь производительность автоматов доходит до 92 тысяч компонентов в час при точности 28 мкм для чип-компонентов и 25 мкм для микросхем.



* Производительность до 92 000 компонентов в час
* Повышенная функциональность
* Работа с платами размером до 740×460 мм
* Прецизионные электронные питатели
* Точность монтажа ±25 мкм

Диапазон устанавливаемых компонентов составляет от 030015 (150×300 мкм) до микросхем 12×12 мм, таким образом, он является классическим «чип-шутером», но с уникальными возможностями по производительности и точности.

**Технические характеристики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Центрирование** | | Распознавание компонентов «на лету» + неподвижная камера (опция) |
| **Количество установочных захватов** | | 10 захватов на 1 портал (2 портала) |
| **Скорость установки** | | До 92 000 комп./час |
| **Точность установки** | Чип/QFP | ±28 мкм@μ+3σ для чипов ±25 мкм@μ+3σ для QFP |
| **Устанавливаемые компоненты** | Распознавание «на лету» | От 030015 до 12 мм |
| Максимальная высота | H = 10 мм (распознавание «на лету») |
| **Размеры ПП** | Минимум (длина х ширина) | 50×40 мм |
| Максимум (длина х ширина) | 460×510 мм 740×460 мм (опция) |
| **Количество мест под питатели из ленты (8 мм)** | | 120 шт. |
| **Сервисная информация** | Электропитание | Трехфазное напряжение питания 50/60 Гц 380 В |
| Потребляемая мощность | Макс. 5 кВА |
| Давление сжатого воздуха | 0,5–0,7 МПа |
| Расход сжатого воздуха | 50 Нл/мин |
| **Масса** | | Примерно 1800 кг |
| **Габаритные размеры** | | 1430×1740×1485 мм |

7.Пайка осуществляется конвейерной печью конвекционного оплавления Hotflow 3/14



Сегодня ведущий производитель оборудования для пайки представляет улучшенные системы конвекционного оплавления, ставшие еще более эффективными, удобными и экономичными. Благодаря прогрессивным техническим решениям системы Hotflow обеспечивают наилучший баланс между производительностью, качеством пайки и энергопотреблением.

* Наилучшая теплопередача
* Высокая производительность
* Минимальная ΔT по поверхности ПУ
* Лучший баланс энергии
* Экономное энергопотребление
* Наилучшая стабильность работы
* Удобство в эксплуатации
* Прослеживаемость

**Технические характеристики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Hotflow 3/14** | **Hotflow 3/20** |
| **Ширина печатной платы** | 45 — 580 мм |
| **Максимальный зазор над/под платой** | 25 / 37 мм опция (35/37 мм) |
| **Общая длина рабочих зон** | 3790 мм | 5190 мм |
| **Количество модулей нагрева** | 14 | 20 |
| **Суммарная длина зон нагрева** | 2650 мм | 3700 мм |
| **Количество модулей активного охлаждения** | 6 | 8 |
| **Суммарная длина зон активного охлаждения** | 1140 мм | 1490 мм |
| **Скорость конвейера** | 20-200 см/мин. |
| **Объем потока воздуха** | 500 (регулируемый) м3/ч |
| **Напряжение: 5-жильный провод (3 фазы, нейтральный, заземление)** | 3×400 В, 50 Гц |
| **Потребляемая мощность одним модулем** | 3,3 кВт |
| **Производительность вытяжки** | 800 м3/ч |
| **Габаритные размеры:**  Длина  Ширина  Максимальная высота с закрытой крышкой  Максимальная высота с открытой крышкой |  |
| 5190 мм | 6590 мм |
| 1530 мм |
| 1580 мм |
| 2040 мм |
| **Вес** | 2200 кг | 3200 кг |

8.Оптическая инспекция осуществляется конвейерной системой АОИ Viscom S 3088 Flex



* Широкие возможности инспекции с высокой производительностью.
* Масштабируемая разрешающая способность.
* Инспекция компонентов с использованием ортогональных и угловых камер.
* 2D инспекция паяльной пасты после нанесения.
* Инспекция компонентов после установки.
* Инспекция паяных соединений.
* Прецизионные линейные приводы.
* Быстрое создание инспекционных программ с помощью vVision.
* Чтение маркировки.
* Многоуровневая техническая поддержка.

**Технические характеристики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Система инспекционных камер** | **Поколение инспекционного модуля: 8М (светодиодная подсветка)** | |
| **Модуль верхних камер 8М** | |
| Поле обзора | 57,6×43,5 мм |
| Разрешение | 23,4 мкм (стандартное)  11,7 мкм (высокое) включается с OnDemandHR |
| Количество камер | 4 шт. |
| **Модуль угловых камер 8М** | |
| Разрешение | 16,4 мкм (стандартное)  8,05 мкм (высокое) включается с OnDemandHR |
| Количество камер | 4 шт./8 шт. (опционально) |
| **Инспектируемые печатные узлы** | Размеры инспектируемых плат (Д х Ш) | Инспекция верхними и угловыми камерами: 508×508 мм  Для S3088flex опционально до 650×508 мм. |
| Поддержка ПУ снизу | Пины (опционально) |
| Регулировка ширины | Автоматически |
| Приводы инспекционного модуля | Синхронные линейные двигатели |
| Фиксация ПУ | Автоматический зажим |

9.Селективная пайка производится с помощью Versalfiow 3/45

Новая установка VERSAFLOW 3/45 — первая в мире встраиваемая установка селективной пайки с возможностью оснащения двойным конвейером для одновременной пайки двух ПУ и проверенной селективной технологией пайки ERSA. Установка способна обеспечить максимальную гибкость и высочайшую производительность для двух различных типов ПП.



**Технические характеристики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Угол наклона конвейера** | | 0° |
| **Ширина ПП:**  одиночный конвейер  двойной конвейер | | 63,5 — 406 мм (опционально: 508 мм)  60 — 204 мм |
| **Длина ПП** | | 127 — 508 мм |
| **Скорость конвейера** | | 0,2 — 10 м/мин |
| **Максимальный вес ПП** | | 5 кг |
| **Модуль флюсования** | Тип флюсователя | высокоточный, перемещаемый по осям x/y |
| Емкость бака флюсователя | 2 литра |
| Скорость позиционирования | 2 — 400 мм/сек. |
| Скорость флюсования | 2 — 20 мм/сек. |
| Точность позиционирования | ± 0,25 мм |
| Ширина струи с флюсом | 2 — 8 мм (диаметр сопла 130/270 мкм) |
| **Модуль пайки** | Тип модуля пайки | модуль из нержавеющей стали, перемещаемый по осям x/y/z |
| Минимальный внешний диаметр сопла | 4,5 мм |
| Максимальная высота волны припоя в волнообразователе | 5 мм |
| Объем припоя | 14 кг (Sn63Pb37)  13 кг (бессвинцовый припой) |
| Максимальная температура припоя | 320 градусов |
| Скорость позиционирования по:  осям x/y  осям z | 2 — 200 мм/сек.  2 — 100 мм/сек. |
| Скорость пайки | 2 — 100 мм/сек. |
| Точность позиционирования | ±0,15 мм |
| **Модуль предварительно нагрева** | Тип нагревателя | преднагрев с нижней стороны ИК-нагревателями |
| Мощность | 12 кВт |
| Диапазон нагревателей | 0 — 200° |

10.Отмывка осуществляется с помощью установки ультразвуковой отмывки ПУ Uniclean

Универсальная система отмывки Uniclean предназначена для групповой отмывки электронных изделий и изделий точной механики.



* Высококачественная многостадийная отмывка.
* Размер обрабатываемых плат до 350×410 мм.
* Быстрый и удобный доступ к элементам системы при проведении технического обслуживания.
* Встроенная система деионизации.
* Независимое управление от ПК для каждой ванны.
* Возможность оснащения транспортной системой.
* Контур для охлаждения первой ванны.

**Система Uniclean реализует следующие технологии:**

* отмывка с использованием жидкости на основе растворителей;
* отмывка с использованием жидкости на водной основе (технология МРС);
* отмывка в водной среде;
* отмывка в щелочной среде.

**Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| **Эффективные размеры ванны 30 л, мм** | 210×360×270 |
| **Эффективные размеры ванны 40 л, мм** | 210×410×320 |
| **Количество загружаемых ПП (европлата 260×350 мм) мах** | 48 |
| **Диапазон регулирования температуры отмывки, °C** | 25–80 |
| **Диапазон регулирования температуры сушки, °C** | 25–75 |
| **Диапазон времени отмывки, мин** | 5–25 |
| **Количество плат в корзине** | До 10 (300×400) |
| **Напряжение питания, В** | ~380/220 |
| **Потребляемая мощность, кВт** | 9.5 |
| **Мощность ультразвука, Вт** | От 250 |
| **Частота ультразвука, кГц** | 25 (40) |

11.Рентгеновский контроль производится установкой рентгеновского контроля Nanome/x



Отличительные черты:

* Быстрое и удобное управление и программирование.
* Высокое разрешение получаемых изображений.
* Эргономичный дизайн.
* Высокая степень безопасности эксплуатации систем, полная защита корпуса свинцом (утечка рентгеновского излучения <1 мкЗв/ч).

Возможности программного обеспечения:

* Удобная навигация с быстрым позиционированием на искомой области.
* Контроль области и геометрии исследуемого объекта.
* Измерение геометрических размеров, включая измерение диаметра контактов BGA.
* Угловые измерения.
* Автоматический мониторинг работоспособности системы рентгеновского контроля.
* Контроль формы проволочных соединений в чипе.
* Контроль оттенков уровня серого.
* Регулировка контраста изображения.
* Графические фильтры.
* Подсчет уровня пустот.
* Определение степени заполнения отверстий.

Выявляемые дефекты:

* Пустоты в паяных соединениях (BGA, QFN и др.).
* Перемычки между выводами (BGA, QFN и др.).
* Автоматический анализ BGA: диаметр выводов, количество пустот в процентном выражении, площадь, геометрия вывода, перемычки, отсутствие выводов, опционально — непропаи и холодная пайка.
* Анализ наполненности припоем отверстий при выводном монтаже.
* Разрыв / отсутствие проволочных соединений в чипе.
* Рассовмещение внутренних слоев печатных плат, металлизации отверстий, разрыв «дорожек» в печатной плате.

Область применения:   
Поиск дефектов и проведение автоматизированной высокопроизводительной инспекции визуально скрытых и видимых дефектов в условиях конвейерного производства.

12.Функциональный контроль производят установкой функционального контроля SPEA FlyProbe

Установка функционального контроля SPEA 4020 разработана специально для контроля радиоэлектронных изделий в масштабах опытного производства. Сферы наиболее частого применения связаны с контролем пилотных партий продукции, штучных изделий. За счет простоты конструкции и экономической доступности машина часто привлекается для проведения НИР, ОКР и задействована в подготовке будущих специалистов по специальности тестовый инженер в ВУЗах.



Характерные особенности системы:

* высокоточный линейный привод;
* консервативная цена, 100% локализация дефекта;
* ручная загрузка изделия в рабочую зону;
* работа с изделиями сложной формы;
* выявление контрафактной ЭКБ.

Универсальность системы фиксации изделия и наглядность проводимых работ являются фундаментом для детальной проработки тестового решения. Пошаговый режим проведения измерений позволяет быстро добиться выявления большого спектра несоответствий даже на макетных образцах.

В самой бюджетной машине 4020 из семейства систем с «летающими» пробниками SPEA реализованы все основные функции современного внутрисхемного контроля. Дружественный интерфейс программной среды Leonardo позволяет выполнять работы по тестированию даже операторам, не имеющим базового образования электронщика.

## Требования по подключению:

Электропитание . . . . . . . . . . . . . . . 220В, 50Гц

Потребление сжатого воздуха . . . 50 л/мин

**Технические характеристики**

|  |  |
| --- | --- |
| **Параметр** | **Значение** |
| Количество подвижных тестовых пробников (щупов) | 4 шт. |
| Фиксированный угол наклона тестовых пробников | 16° и 5° |
| Количество видеокамер | 1 или 2 |
| Тип привода | Линейный, по осям X, Y, Z |
| Тип загрузки | Ручной |
| Габариты | 1360×1100×2000 мм |
| Рабочая зона тестирования | 500×400 мм |
| Толщина тестируемой платы | От 0,6 до 4,8 мм |
| Диапазон измерения сопротивления | от 1 мОм до 1 ГОм |
| Диапазон измерения емкости | от 0,1 пФ до 1 Ф |
| Диапазон измерения индуктивности | от 0,1 мкГн до 1 Гн |
| Разрешение датчика позиционирования | 1,25 мкм |

13.С помощью паяльно-ремонтной станции IR/PL650 осуществляется ремонт



ERSA IR/PL 650- это третье поколение ремонтных центров фирмы ERSA. Он был специально разработан для работы с наиболее сложными печатными узлами, выполненными на многослойных печатных платах, печатных платах большого размера (460×560 мм)и адаптирован к работе по бессвинцовой технологии.

Ремонтный центр IR/PL 650 состоит из 4-х модулей : IR 650A модуль пайки, RPC-камера для наблюдения за процессом оплавления, PL 650A модуль установки компонентов, IRSoft —программное обеспечение. При ремонте печатных узлов на многослойных печатных платах, с компонентами типа BGA особенно важно обеспечить отработку температурных профилей для того, чтобы избежать повреждение компонентов или плат. В новом ремонтном центре модуль демонтажа IR650, оснащен верхним и нижним ИК нагревателями, со средней длиной волны, обеспечивающими равномерное распределение тепла по плате, безопасное как для компонентов, так и для печатных узлов в целом. Запатентованная фирмой ERSA технология DynamicIR позволяет автоматически управлять мощностью излучения как верхнего (1400 Вт/ 60ммх120мм), так и нижнего (3200 Вт/ 350ммх450мм) ИК нагревателей, в зависимости от температуры компонентов в данный момент времени и заданного профиля оплавления.

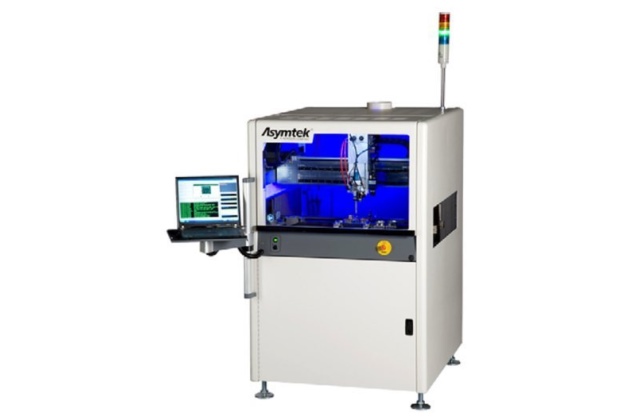
Ключевым преимуществом системы является многоканальная система постоянного контроля температуры пайки с обратной связью. Точное поддержание температуры на плате и компоненте — это серьезное преимущество, которое обеспечивает ремонтный центр ERSA. Точность поддержания температуры обеспечивается благодаря использованию бесконтактного инфракрасного сенсора, который является основным контрольным механизмом системы нагрева. Контроль за температурой может осуществляться как инфракрасным датчиком, так и термопарой, в зависимости от выбора способа контроля, заданный профиль оплавления отрабатывается с высокой точностью. Возможна установка до 4-х дополнительных термопар. Благодаря, данным получаемым, с дополнительных термопар, происходит автоматическая калибровка мощности нагрева, для предотвращения перегрева компонентов, расположенных на нижней стороне печатной платы и рядом с демонтируемым.

Модуль PL 650A — представитель второго поколения высокоточных модулей установки компонентов. предназначенных для работы с компонентами различных размеров (от 1×1мм до 60×60мм). Камера с высоким разрешением и цифровым увеличением позволяет осуществить точное совмещение выводов компонента с контактными площадками платы. Автоматическая система Pick&Place обеспечивает высокую точность установки(+/- 1 мкм) и повторяемость.

IRSoft —программное обеспечение для IR 650A. Удобный пользовательский интерфейс сочетает в себе простоту работы и функциональность программного обеспечения.  
RPC модуль использует камеру со светодиодной кольцевой подсветкой и подвижной опорой, позволяющей визуально наблюдать процесс пайки для любых компонентов и под любым углом.  
Ремонтный центр ERSA IR/PL 650 был впервые продемонстрирован на выставке APEX, США в феврале 2005г. И вызвал огромный интерес у ведущих мировых производителей электроники. Ремонтный центр ERSA IR/PL 650 разработан на базе принципиально новых запатентованных технологических решений и является новым стандартом ремонтного оборудования.

14.Нанесение влагозащиты устанавливаем с помощью установки селективной влагозащиты SL-940E

Преимущества селективного автоматизированного нанесения — это высокая производительность, точность и экономичность. Метод исключает необходимость маскирования участков, на которые не требуется нанесения покрытия.



Установки селективного нанесения влагозащитных покрытий Nordson ASYMTEK Select Coat® SL-940 разработаны для высококачественного и высокопроизводительного автоматического нанесения материалов. Модельный ряд состоит из конвейерной установки SL-940E для встраивания в линию и не конвейерной отдельно стоящей установки SL-941E.

Для получения наилучших результатов в таком «капризном» процессе как нанесение влагозащитных материалов обе системы оснащены набором функций, способствующих обеспечению высокого качества и безопасности процесса для окружающей среды и персонала

15.Сушка влагозащиты производится печью влагозащитных покрытий Asymtek TC-2400

Печи термоотверждения компании Asymtek с возможностью встраивания в технологическую линию отличает универсальность конструкции, идеальная для средне- и крупносерийного производства. В зависимости от требуемой производительности длина рабочей зоны печи может составлять 2400, 3000, 3600, 4800 и 6600 мм.



Конвейерная система печи совместима с интерфейсом SMEMA, что позволяет интегрировать её в существующие производственные линии.

Специальные инфракрасные теплораспределительные панели обеспечивают оптимальную передачу тепла и термоциклирование внутри печи. В зависимости от модели печь снабжена 6 или 10 зонами, в которых можно задать необходимую температуру для воспроизведения требуемого профиля отверждения. Нагрев происходит с помощью инфракрасных излучателей, панелей рассеивания тепла и конвекционных нагревателей. Материал прогревается по всему объёму, что ускоряет процесс полимеризации и испарения растворителя. Система нагрева использует средне- и длинноволновое излучение сверху и снизу ПП.

16.Инспекция влагозащиты производится установкой влагозащитных покрытий Viscom S3088CCI

Установка АОИ S3088 CCI предназначена для проведения инспекции качества нанесения влагозащитных покрытий. В системе используется высококачественный инспекционный модуль с 4-мя ортогональными камерами со светодиодной УФ подсветкой. С разрешением 23,5 или 11,7 S-3088 CCI с легкостью обнаруживает такие дефекты как трещины покрытия, пропуски, пузыри, пустоты, разбрызгивание, отсутствие или избыток, а также недостаточную толщину материала.

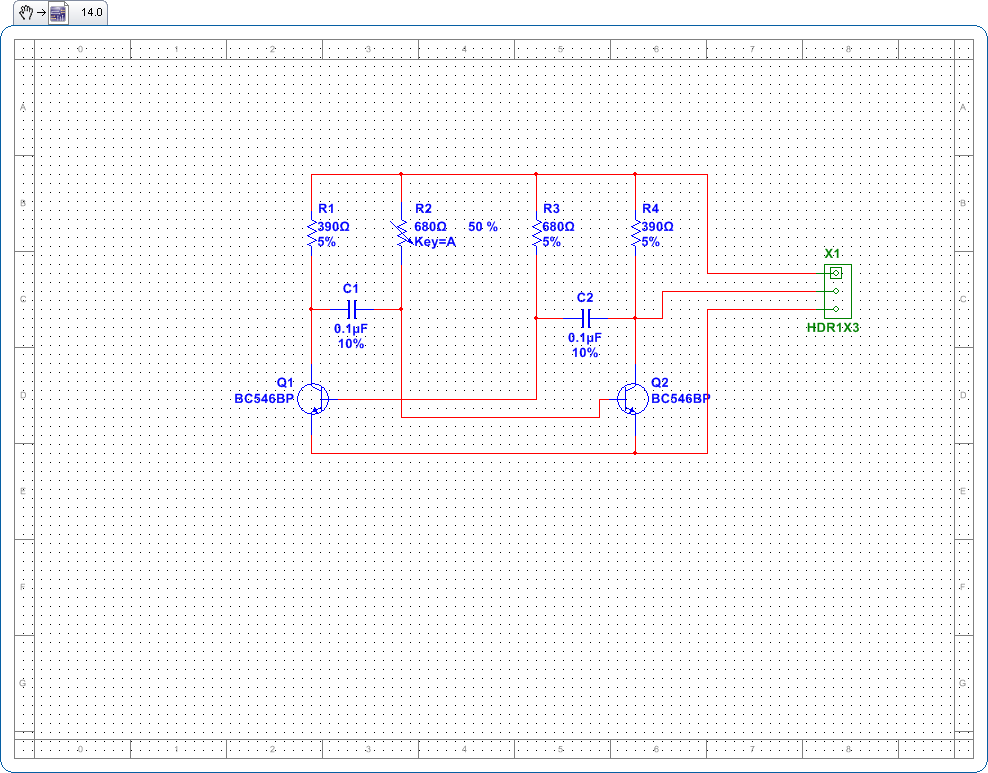


* Быстрая и надежная инспекция качества нанесения лака
* Быстрое и удобное создание программ
* Адаптация для работы с разными материалами
* Полная совместимость с семейством S3088

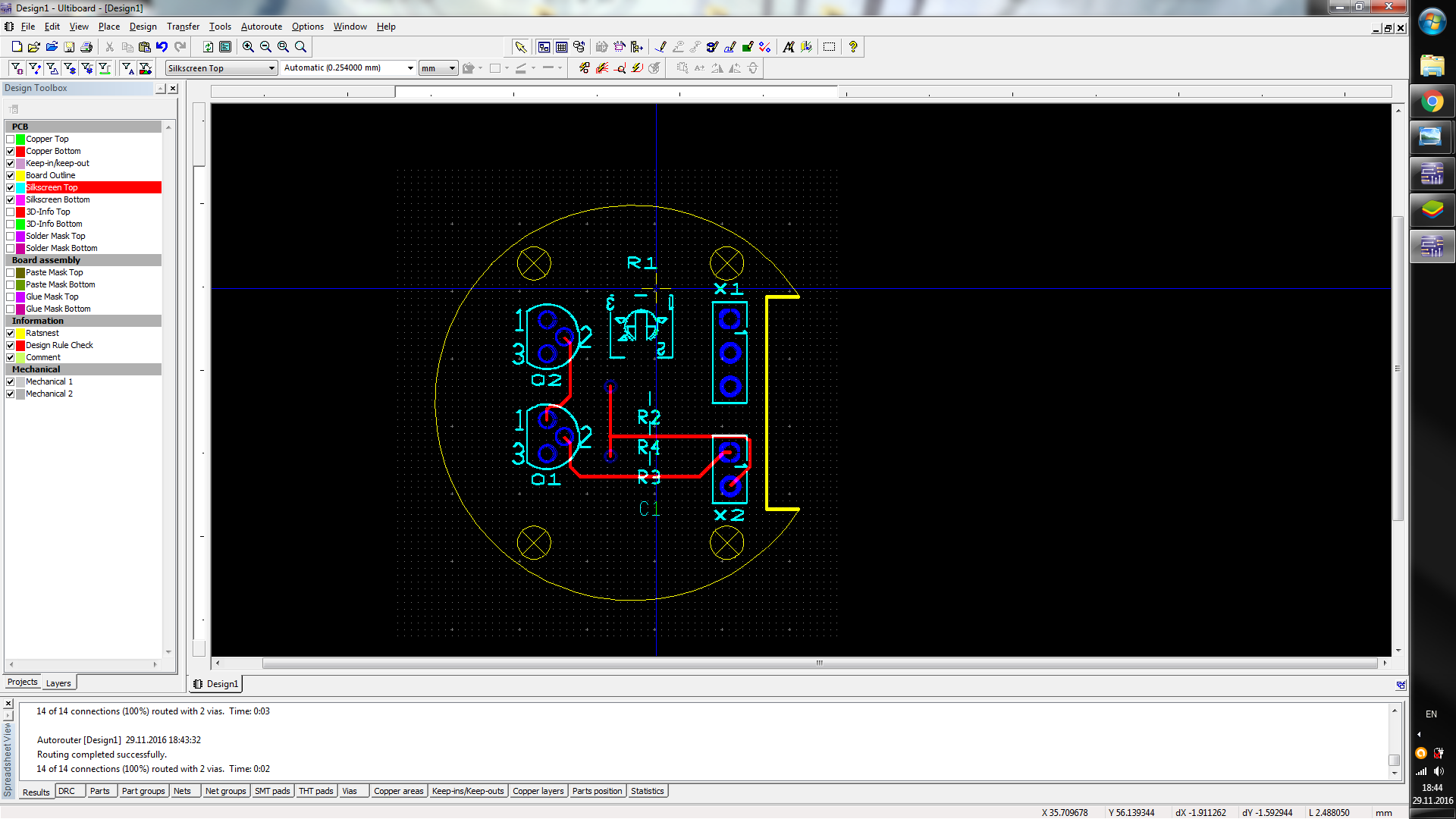
Система инспекции построена на базе АОИ S3088, следовательно, методика определения дефектов, управление и способ программирования аналогичен сверхуспешному семейству S3088. Установка считывает идентификационные данные с печатных узлов и хранит в памяти все данные о результатах инспекции, которые впоследствии могут быть использованы при организации прослеживаемости.

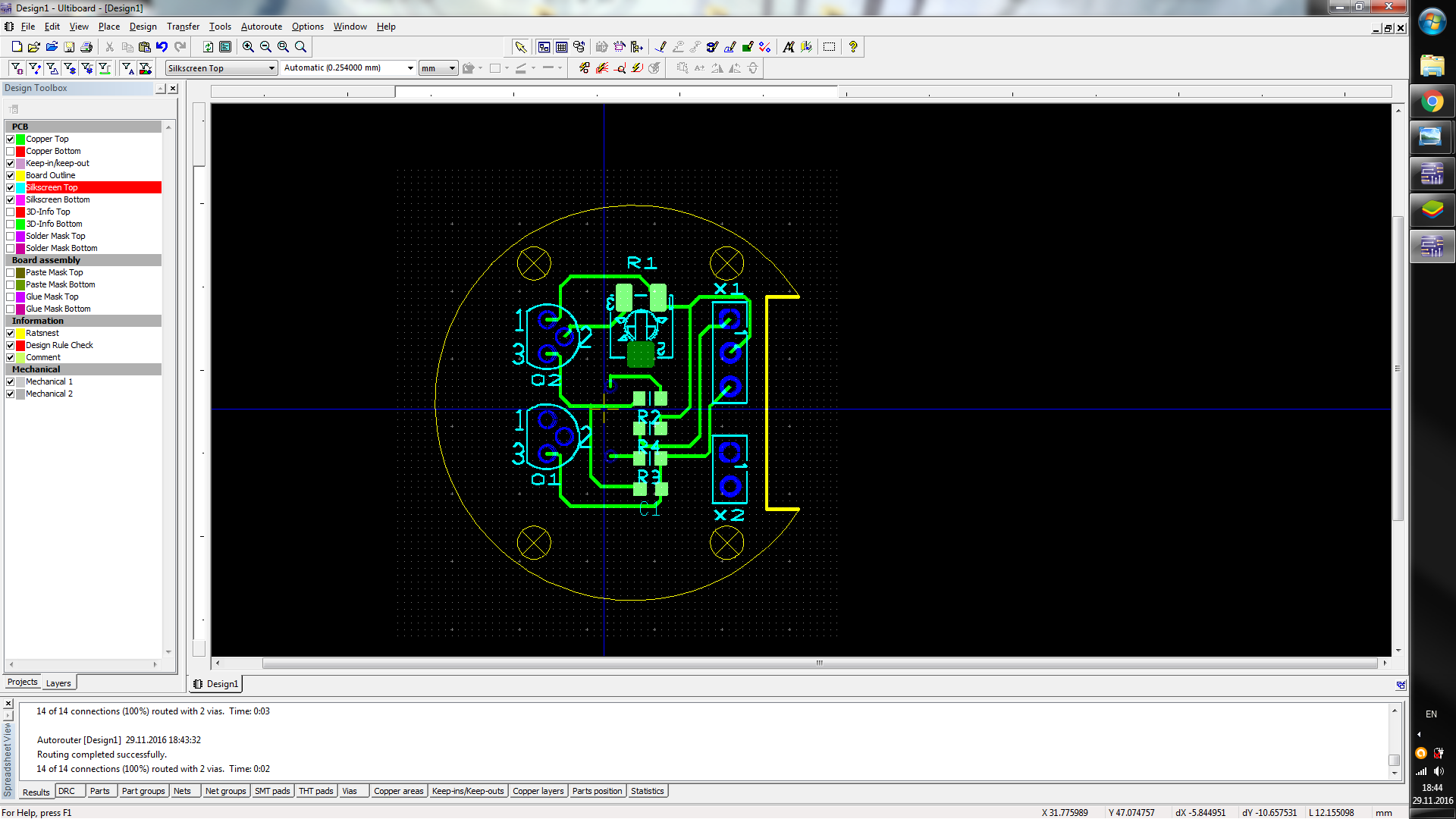
ПРИЛОЖЕНИЕ

Схема микрофонного усилителя, выполненного в САПР Multisim:

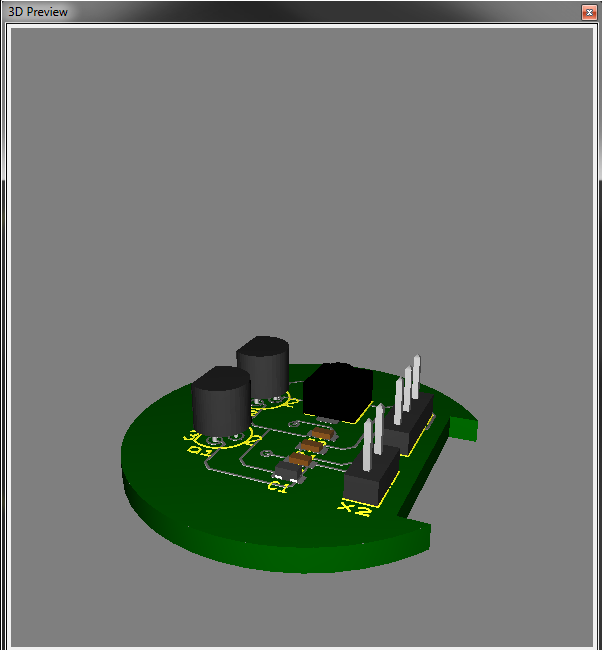


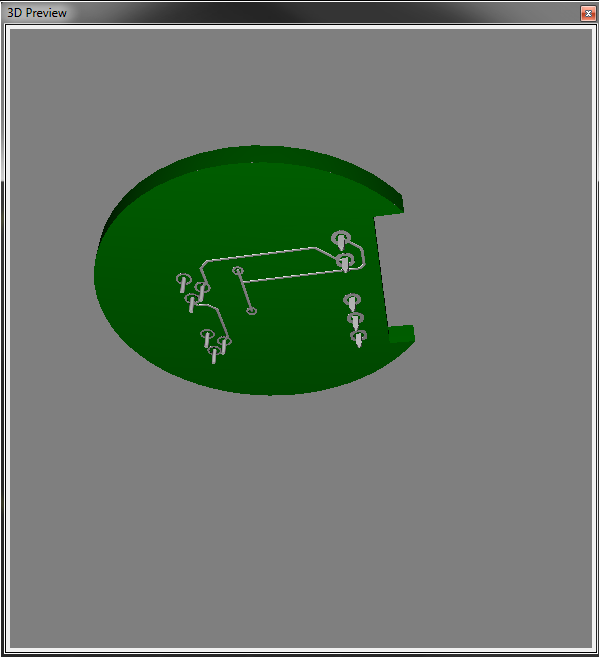
Разводка:

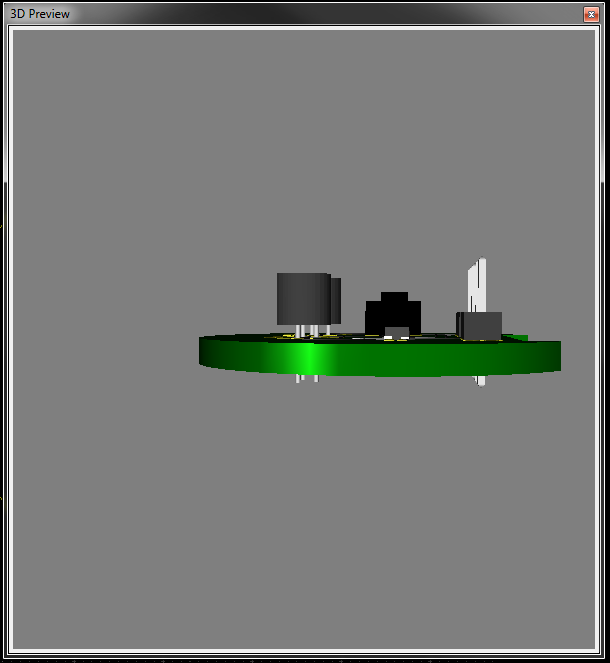




3D модель данного устройства:







**Список используемой литературы:**

1.Руководство по использованию САПР Multisim

2.Методический журнал «Эффективные решения для производства радиоэлектронной аппаратуры»

3.Методический журнал производственного предприятия «Резонит».

4.Методические пособия и учебные материалы с сайта каф. И2

http://n2.insu.ru/students/shedule\_KIPR.html