

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ
И ЛАЗЕРНЫХ СРЕДСТВ №23

КУРСОВАЯ РАБОТА(ПРОЕКТ)
ЗАЩИЩЕНА С ОЦЕНКОЙ

РУКОВОДИТЕЛЬ

Д-р техн. наук, проф.

~~должность, уч. степень,~~
звание

подпись, дата

С.В. Дворников

инициалы, фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА ЗВУКА
по дисциплине: Технология сборки и монтажа

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № 2033

подпись, дата

А.С. Говако

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург
2024

КАФЕДРА КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ СРЕДСТВ (№23)

ЗАДАНИЕ

на курсовой проект по дисциплине
«Технология сборки и монтажа» Выдано

студенту гр. 2033 Говако Александру Сергеевичу

Тема проекта «Разработка технологических процессов сборки изделия»

Исходные данные: Необходимо спроектировать устройство для индикации АЧХ. Для реализации необходим 32 разрядный микроконтроллер. Кроме того, нужно спроектировать корпус и крышку для использования устройства в стационарных условиях. Устройство должно соответствовать условиям эксплуатации согласно ГОСТ 15150-69, отвечать показателям качества, надежности и устойчивости конструкции к механическим нагрузкам.

(наименование и назначение модуля, основные требования к конструкции, технологии и ограничения)

Выполнить:

1. Описание объекта проектирования, сборочного чертежа и сборочного процесса.
2. Разработка технологической оснастки с подробным описанием принципа её работы.
3. Расчёт технологичности с обоснованием.
4. Годовую программу выпуска и произвести расчёт технико-экономического обоснования выбора технологического процесса.
5. Разработка технологического процесса на маршрутных и операционных картах

Графический материал (на А4 в составе пояснительной записки)

1. Принципиальная электрическая схема модуля.
2. Топологический чертеж
3. Сборочный чертеж модуля.
3. Перечень элементов.

Задание выдал:

«__»_____2024 г.

Задание принял:

«__»_____2024 г.

Срок выполнения проекта – 01.04.2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ХОД РАБОТЫ	6
1. Анализ технического задания и принципиальная схема объекта проектирования... ..	6
2. Разработка технического предложения по конструктивному решению и компоновке... ..	8
3. Выбор и обоснование компоновочного решения... ..	11
4. Выбор монтажного основания и конструктивно-технологического варианта микро модуля... ..	12
5. Разработка топологии подложки микро модуля и размещение навесных компонентов и пленочных элементов... ..	14
6. Техничко-экономическое обоснование процесса сборки и монтажа	15
7. Расчётная часть.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
БИБЛИОГРАФИЯ	19
ПРИЛОЖЕНИЕ А	20
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ В	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	24

ВВЕДЕНИЕ

Анализатор спектра сигналов определяет величину входного сигнала в зависимости от частоты в полном диапазоне частот прибора (20 Гц–20 кГц). Основное назначение – измерять мощность спектра сигналов. Дисплей моего устройства представляет собой ряд газоразрядных ламп ИН-13 (31 штука). Основное применение моего устройства — это визуализация звука на концертных выступлениях, развлекательных мероприятиях за счёт отображения амплитудно-частотных характеристик. Для этого были выбраны газоразрядные лампы, так как они подходят для освещения больших помещений, образуют яркий и выразительный свет, являются антикварными, необычны. Они выделяются на фоне других осветительных приборов особой эстетикой, что может в свою очередь привлечь внимание людей. Помимо основного применения, данное устройство можно использовать для отслеживания основных событий в звуке, такие как изменения громкости, паузы между частями произведения и зачастую отдельные ноты в сольной записи инструмента (может быть полезно звукорежиссёрам); настройки АЧХ акустических систем на концертных площадках, редактирование звука, специальная оценка условий труда и т.д. Стоит отметить, что индикация на лампах ИН-13 является лишь одним из возможных способов отображения спектра. Базовую плату можно подключить в простейшем случае к монитору VGA, так и к куче вариантов светодиодных матриц на регистрах или готовых, со встроенным контроллером.

ХОД РАБОТЫ

1. Анализ технического задания и принципиальной электрической схемы объекта проектирования

Схема представляет собой печатную плату с дисплеем, который является рядом газоразрядных ламп ИН-13(количество полос: от 11 до 31, 2 входных канала, динамический диапазон 30 Дб). При необходимости можно заменить на другой возможный способ отображения спектра

Сердце устройства – 8ми ядерный микропроцессор p8x32a-q44 фирмы **Parallax**. Программирование на «SPIN» или Assembler Подходит для использования в видеосистемах, робототехнике и многих других областях. Напряжение питания: 3.3 В

Процессор не имеет на борту памяти, потому шить остается только внешнюю EEPROM 24с256. Прошивка при помощи программатора заливается только в первый раз, то есть на голую флешку. В дальнейшем, если потребуется залить другую прошивку, не потребуется выпаивать микросхему памяти чтобы подцепить к ней программатор. Через гнездо J1 подключается питание, через гнездо J2 подключаются кнопки, через гнездо J3 подключается дисплей, через гнёзда J5-J8 получается выполнить конфигурацию. Питается вся схема по общей шине от линейного регулятораи стабилизатора напряжения (LM1117MPX-3.3 и LM1117T-3.3).

2. Разработка технического предложения по конструктивному решению и компоновке

Прибор разрабатывается для отображения входного сигнала в зависимости от частоты в полном диапазоне частот прибора(20Гц-20кГц) при помощи газоразрядных ламп

Устройство будет представлять собой пластиковый корпус, внутри которого располагается печатная плата. На крышке будут вырезы для подключения устройств к плате через гнёзда.

Может находиться как дома, так и на улице, но должен быть в стационарных условиях. Из-за ограничений температуры работы ламп (от -55 °С до + 70 °С)устройство не может использоваться в жарком климате и очень холодном климате или в очень тёплых помещениях

На вход схемы подаётся напряжение, которое в дальнейшем распределиться между её элементами при помощи регулятора и стабилизатора напряжения. Порт прошивки позволяет шить внешнюю EEPROM 24с256 (вводим базовую плату в сервисный режим, подаем на звуковой вход устройства специальный аудиофайл содержащий в себе прошивку в аналоговой форме и ждем пока проиграется трек. Процессор записывает получаемые данные в ОЗУ, сравнивает контрольную сумму и если она верна, то записывает файл прошивки на флешку). Сигналы подаются на соответствующие усилители с переменным коэффициентом усиления, которые приводят различные уровни входных сигналов к значению, необходимому для нормальной работы последующих трактов. Затем поступают на микроконтроллер, где происходит преобразование аналогового сигнала в двоичный код. Информация о значении коэффициента передачи и частота выборки вводятся в цифровое вычислительное устройство (микропроцессор) и учитывают при формировании конечного результата. Микропроцессор работает в соответствии с заложенной в него программой. Программа состоит из ряда подпрограмм, организующих ту или иную вычислительную операцию (вычисление спектра, корреляционной функции, построение гистограммы и т.д.). Вызов необходимой

подпрограммы осуществляют устройством управления. Результаты вычислений выводят на газоразрядные лампы. Если поменять их на осциллограф или самописец, то необходимо использовать ЦАП. При анализе сигналов, представленных в цифровом виде (в виде числового ряда), данные вводятся непосредственно в цифровое вычислительное устройство с помощью устройства ввода цифровых данных с наборного табло пульта управления в десятичном коде.

3. Выбор и обоснование компоновочного решения

Под компоновкой понимают размещение на плоскости печатной платы всех необходимых электрорадиоэлементов (ЭРЭ) разрабатываемой конструкции при условии обеспечения соответствия параметров работы устройства предъявленным техническим требованиям. Задачами компоновки являются выбор форм, размеров, ориентации, определение взаимного расположения основных схемных и конструктивных элементов на плоскости и в пространстве. От выбора компоновочного решения зависят такие параметры разрабатываемого устройства, как габариты, надежность, помехоустойчивость, быстродействие. Чем плотнее будут располагаться ЭРЭ на плоскости печатной платы, тем сложнее автоматизировать их монтаж, тем более жестким будет температурный режим их работы, тем больший уровень помех будет наводиться в сигнальных связях. И наоборот, чем больше расстояние между микросхемами, тем менее эффективно используется физический объем конструкции, тем больше длина связей. Поэтому при осуществлении компоновочного решения следует учитывать все последствия того или иного выбранного варианта. Для разрабатываемой конструкции выбор конкретного компоновочного решения будет определяться в первую очередь схемотехнической реализацией устройства (количеством ИМС и ЭРЭи связями между ними), размерами ЭРЭ.

Размер печатной платы составляет 135x75мм. Размер ПП следует выбирать из типовых размеров, указанные в ГОСТ, что является более верным решение, нежели оригинальный, как в данном проекте [приложение В]

Основные моменты, которые использовались для размещения компонентов ЭРЭ [приложение Б] это:

- максимальное увеличение плотности расположения компонентов на плате, ввиду большого параметра длины дисплея;
- в данном устройстве имеется множество выводов от микросхемы к дисплею для вывода на данные, поэтому расположение микросхемы максимально отцентровано;

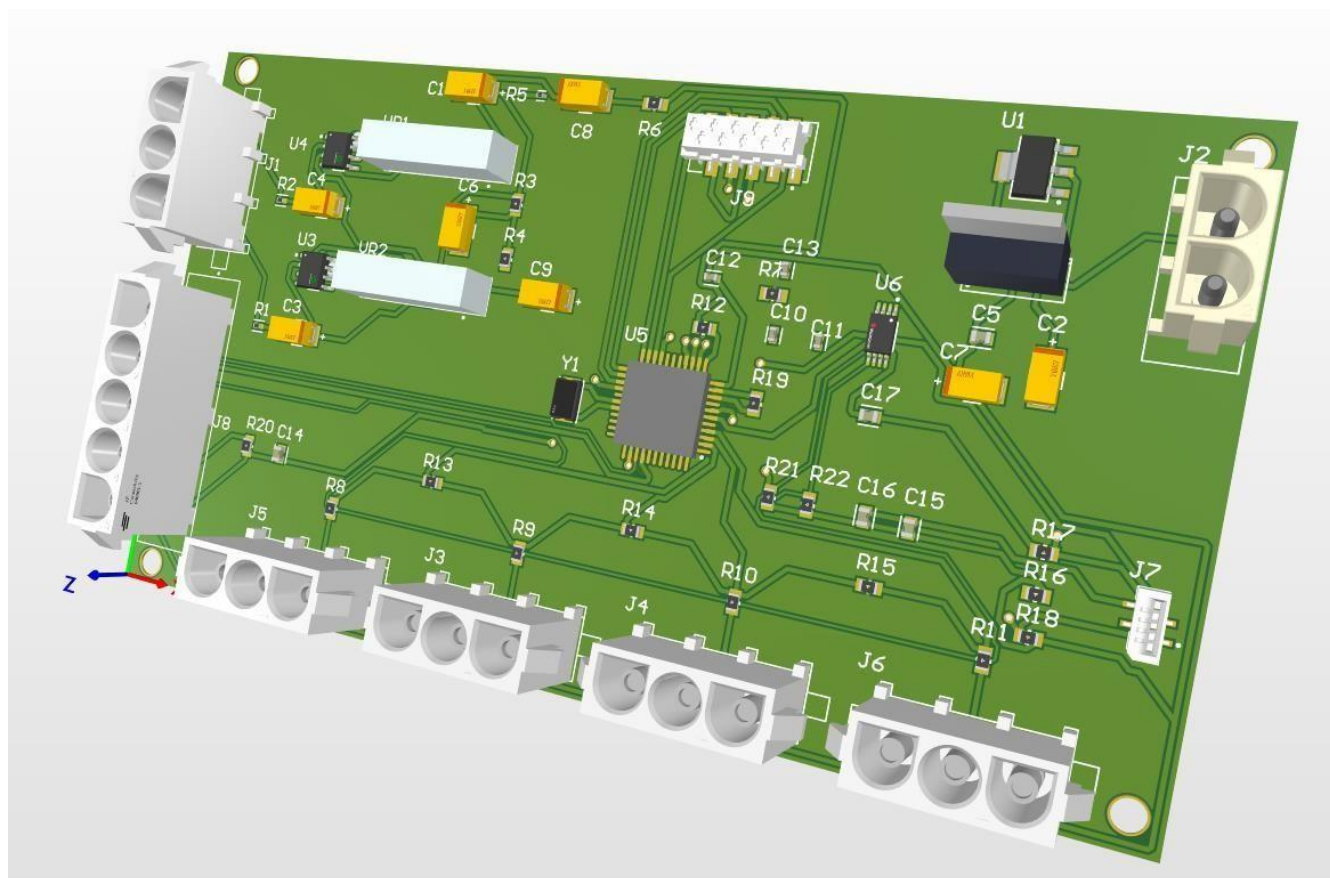


Рис. 4 – Внешний вид печатной платы

4. Выбор монтажного основания и конструктивно-технологического варианта микромодуля

В качестве монтажного основания для платы используется стеклотекстолит СФ-2-35-1,5 ГОСТ 10316-78. Данный материал широко применяется в радиотехнике, приборостроении, электронике для изготовления обычных и многослойных печатных плат, а также имеет низкую стоимость.

Стеклотекстолит фольгированный представляет собой слоистый прессованный материал, изготовленный на основе стеклоткани, пропитанной термореактивным связующим (на основе эпоксидных смол), и облицованный с двух сторон медной электролитической гальваностойкой фольгой. Стеклотекстолит предназначен для изготовления печатных плат. Предельно допустимая рабочая температура стеклотекстолита в виде печатной платы от -60 до 85°C. Стеклотекстолит фольгированный относится к горючим материалам. Техника безопасности при работе с материалом по ГОСТ 10316-78.

Листы стеклотекстолита не допускаются к расслоению и трещинам с торцов. Стеклотекстолит допускает механическую обработку: обточку, фрезерование, распиловку и сверление без образования трещин и сколов при соблюдении режимов обработки. Стрела прогиба (изгиб) и коробление (скручивание) по длине соответствуют табличным показаниям по ГОСТ 10316-78.

Конструктивно предполагается крепление печатной платы на 4 стойках. Для это предусмотрены отверстия по углам печатной платы диаметром $d = 3,5$ мм.

5. Разработка топологии подложки микромодуля и размещение навесных компонентов и пленочных элементов

Материалом корпуса, и рамкой для дисплея, выступает ABS пластик в соответствии с ГОСТ 333661.1 и прошел проверку Росстандарта. Пластик был выбран, в связи с тем что устройство не планируется использовать где-либо кроме домашних условий. Пластик легкий и устойчивый к механическим повреждениям. Обладает низкой теплопроводностью, поэтому устройство не будет греться в руке или замерзать при холоде. Уменьшает количество операций необходимых для сборки. Например крышку можно закрепить простым защёлкиванием в корпус(в иной компоновке устройства).

Керамические резисторы были выбраны поскольку хорошо зарекомендовали себя промышленной электронике, радио и телевизионных приемниках, блоках питания и управления, усилителях, автомобильной электронике, в видеокамерах наружного видеонаблюдения.

Ключевое преимущество транзистора состоит в миниатюрности. Электровакуумный усилитель со схожими характеристиками оказывается в несколько раз крупнее транзистора. Вследствие этого его применение в устройстве приводит к существенному уменьшению габаритных размеров.

Выбор конденсаторов, также обусловлен задачей максимального уменьшения габаритных размеров по высоте платы, для будущего удобства монтажа в корпус.

Кристалл требуется для работы системных часов.

Выбор разъема USB type A обусловлен массовой доступностью на рынке, точно также как и порт для программирования микроконтроллера.

6. Техник-экономическое обоснование процесса сборки и монтажа

Под технологическим процессом (ТП) понимается та часть производственного процесса, которая непосредственно связана с изменением свойств, форм, состояния деталей и их сборкой.

Элементами ТП являются: операция, позиция, переход.

Операцией называется законченная часть ТП, выполненная над одной или несколькими деталями на одном рабочем месте непрерывно, до перехода к обработке следующей детали.

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое заготовкой.

Переход является частью операции и характеризуется постоянством применяемого инструмента.

Время, затраченное на изготовление устройства, его надежность и простота в значительной степени зависят от технологии изготовления устройства.

В данном курсовом проекте рассматривается ТП сборки и монтажа печатной платы.

Печатный монтаж – это система проводников, нанесенных на изоляционное основание, и обеспечивающих требуемое электрическое соединение элементов в схеме.

Технология изготовления печатного монтажа обеспечивает возможность комплексной автоматизации работ по монтажу электронных изделий, высокую производительность и низкую себестоимость, высокую надежность. Печатный монтаж дает возможность повышения плотности монтажа по сравнению с навесным монтажом, высокую механическую прочность, стабильность параметров схемы.

Требования при технологическом процессе (ТП) сборки и монтажа

На основе общих задач функционирования, цели и назначения проектируемого устройства, необходимо установить следующие технические параметры, условия эксплуатации, изготовления и питания.

Конструктивное исполнение

Степень самостоятельности устройства – автономное. Уровень сложности изделия – микросборка.

Технические требования к питанию

Питание генератора производится от стабилизированного источника +5 В потребляемый ток не превышает 20 мА. Питание джойстика и другой периферии составляет 3.3 В.

Нормативный показатель технологичности

Нормативный показатель для разрабатываемого устройства должен входить в диапазон 0,50 - 0,80.

Эксплуатационные требования

- простота и удобство использования. Устройство должно быть простым и понятным в использовании, без сложных настроек и меню,
- безопасность. Устройство должно соответствовать всем стандартам безопасности, в том числе и экологическим,
- энергоэффективность. Устройство должно потреблять минимальное количество энергии, чтобы увеличить время работы от аккумулятора,
- совместимость. Устройство должно быть совместимо с другими устройствами и аксессуарами.

Требования к надежности

- Нарботка на отказ T_0 должна быть не менее 5000 ч., устройство должно иметь показатель вероятности безотказной работы не хуже 0,996 при 1000ч наработки до первого регламентного контроля.

Требования к тепловому режиму

- Исходя из рабочей температуры, исключить перегрев микросхем.

Требования по обеспечению электромагнитной совместимости

Аппаратура должна нормально функционировать и не создавать помех в условиях совместной работы с аппаратурой систем, объектов, для которых она предназначена, а также с аппаратурой другого назначения, которая может быть использована совместно с данной аппаратурой

Требования по обеспечению контроля и диагностирования

Конструкция и компоновка аппаратуры должны обеспечивать:

- надежное и безошибочное подсоединение (включение) систем измерений и контроля за требуемое время,
- безопасное соединение устройств сопряжения аппаратуры со средствами измерений и контроля, исключающее возможность их неправильного соединения и взаимного влияния аппаратуры и средств измерений и контроля,
- доступ к измерительным преобразователям и другим встроенным СИ для их проверки без демонтажа в эксплуатационных условиях, а также к элементам, обеспечивающим настройку и регулировку встроенных средств контроля.

Требования к проводникам печатной платы (ПП)

К проводникам ПП предъявляются следующие требования:

- сечение слоя металлического проводника должно выдерживать необходимую плотность тока;
- допустимое значение падения напряжения на отдельных участках схемы не должно изменяться в пределах установленных величин;
- адгезия материалов печатных проводников с основанием должно находиться в интервале температур от 60°C до 270°C;

При проектировании печатных плат необходимо заранее учитывать классы точности, так как они напрямую влияют на выбор завода-производителя в зависимости от его технологического оснащения. Чем выше класс точности печатной платы, тем более высоким требованиям должно соответствовать производство.

При изготовлении печатных плат 1-го и 2-го классов точности достаточно минимального набора оборудования. Такие 16 платы, как правило, отличаются простотой конструкции, небольшой плотностью монтажа и относительно низкой стоимостью. Печатные платы 3-го класса имеют более сложную конструкцию и высокую плотность монтажа. При изготовлении плат данного класса требуется специализированное оборудование. Производство ПП 4-го класса осуществляется на прецизионных установках. Печатные платы 5-го, 6-го и 7-го классов точности предъявляют самые высокие требования к технологическим возможностям производства, включая наличие высокоточного оборудования. Далеко не все производители имеют необходимое оснащение.

В нашем случае будет достаточно 5 класса точности, широко используемого в бытовой и вычислительной технике, ширина проводника будет составлять 0.10 мм, расстояние между проводниками также 0.10 мм, гарантийный пояс контактной площадки 0.025 мм.

Требования к материалам изоляционного основания

К материалам изоляционного основания предъявляются следующие требования:

- 1) малая величина диэлектрической проницаемости – для уменьшения паразитных емкостей между печатными проводниками;
- 2) высокая нагревостойкость;
- 3) высокая химическая стойкость;
- 4) механическая прочность и легкость в обработке сверлением, фрезерованием и т.п. В качестве материала изоляционной основы применяют гетинакс или стеклотекстолит.

Рассмотрим применяемый в данной разработке стеклотекстолит марки СФ. Стеклотекстолит фольгированный СФ-2-35 представляет собой листы, изготовленные на основе стеклотканей, пропитанных связующим на основе эпоксидных смол и облицованные с одной или двух сторон медной электролитической гальваностойкой фольгой толщиной 35 мкм.

Стеклотекстолит фольгированный СФ-2-35 применяется в радиотехнике, приборостроении, электронике для изготовления обычных и многослойных печатных плат. Предельно допустимая температура от -60°C до $+105^{\circ}\text{C}$. 15 Имеет очень высокие механические и электроизоляционные свойства, хорошо поддается механической обработке, резке и сверлению. Толщина двусторонней печатной платы определяется толщиной материала основания с учетом толщины фольги и химико-гальванических покрытий 1,5мм.

Конструктив разрабатываемой печатной платы – двухсторонняя печатная плата (ДПП). Увеличенная плотность монтажа соединений уменьшает габаритные размеры ПП, при этом гарантирована стабильность и надёжность её работы. Также двухсторонние платы, как и односторонние, оставляют в настоящее время значительную долю объема выпуска плат, объясняется это своеобразным компромиссом между их относительно малой стоимостью и достаточно высокими возможностями. Технологический процесс изготовления двухсторонних плат, также как односторонних, является частью более общего процесса изготовления многослойных печатных плат.

Однако для изготовления одно и двухсторонних плат не применяются множество операций, технологически они значительно проще в производстве, что благоприятно сказывается на сроках производства и цене. Вместе с тем, высокие проектные нормы "проводник / зазор", позволяют использовать такие платы для изготовления широкого круга современных изделий, они вполне пригодны как для монтажа в отверстия, так и для поверхностного монтажа.

Требования к припоям

На надежность системы влияет качество паяных соединений, которое зависит от правильности выбора способа пайки, качества припоя и флюса.

В соответствии с этим припоям предъявляются следующие требования:

- стойкость к коррозии;
- обладать хорошей текучестью при температуре пайки;

быть механически прочными;
иметь хорошую теплопроводность и электропроводность. В данной работе, будем использовать припой Т 2,0 - ПОС 61 - относящийся к оловянно-свинцовой группе, является одним из самым легкоплавких припоев благодаря высокому содержанию олова. Данный припой имеет высокую текучесть, что в свою очередь позволяет проникать ему во все труднодоступные выемки и трещины в основном металле. Припой ПОС-61 является оптимальным для соединения следующих металлов: латунь, медь, бронза, сталь. Помимо свинца и олова в припое ПОС 61 содержатся следующие примеси: Sb, Cu, As, Bi, Ni, S, Zn, Al, Fe. Данный припой содержит канифоль.

Припой ПОС 61 благодаря низкой температуре плавления и высокий уровень чистоты, позволяет выполнять delicate задачи по электромонтажу, когда большие температуры могут повредить электросхемы. Состав припоя ПОС-61 позволяет делать качественные соединения с небольшим переходным сопротивлением. Данный припой представлен в виде тонкой трубки, содержащей внутри канифоль, что позволяет выполнять более тонкие работы при пайке.

Характеристики:

- Температура плавления припоя:
в солидусе - 183 градусов Цельсия
в ликвидусе - 190 градусов Цельсия.
- Плотность - 8.5 г/куб.см;
- Теплопроводность - 0.12 ккал/см*с*сград;
- Удельное электрическое сопротивление - 0.139 Ом*кв.мм/м;
- Относительное удлинение - 46%;
- Временное сопротивление разрыву - 4.3 кгс/кв.мм;

- Твердость по Бриннелю - 14 НВ;
- Ударная вязкость - 3.9 кгс/кв.см.

Требования к флюсам

К флюсам предъявляются следующие требования:

температура плавления флюса меньше температура плавления припоя;

флюс должен быть жидкотекучим;

флюс должен полностью удалять оксидные пленки.

Ручное флюсование в настоящее время уступило место более точному автоматическому в целях повышения производительности. Преимуществом данной технологии пайки является лучший контроль за количеством флюса, нанесенного на печатную плату, поскольку именно флюс определяет входную и выходную геометрии волны расплавленного припоя, которые, в свою очередь, играют важную роль в минимизации таких дефектов пайки, как пропуски, перемычки или сосульки. Флюс наносят путем распыления или проведения платы через зону пенообразования, или разбрызгивания пенного флюса. Для последнего метода пайки печатных плат применяются пенные флюсователи.

В нашем случае подойдет флюс СКФ, который подходит для автоматизированной пайки, а также лужение электромонтажных элементов печатных плат и ЭРЭ в изделиях РЭА и БРА. Остатки флюса при групповой пайке изделий БРА («волной» припоя, погружением, протягиванием) следует удалять. Рекомендован данный флюс, также и для восстановительных работ на печатных платах и радиокомпонентах, являясь диэлектриком, не нарушает проводящих характеристик деталей, подвергшихся пайке.

Требования по расположению элементов на ПП

1. Узлы и блоки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) с применением микросхем должны отвечать требованиям соответствующих групп НО.005.026-НО.005.030 и техническим требованиям на аппаратуру.
2. При конструировании РЭА рекомендуется использовать функционально-узловой метод, позволяющий повысить надежность

аппаратуры, сократить сроки и стоимость проектирования, повысить степень использования стандартизованных и унифицированных узлов и элементов конструкций, автоматизировать и механизировать процессы изготовления, контроля и ремонта аппаратуры.

3. Микросхемы, устанавливаемые на ПП, должны соответствовать техническим условиям. Установка и крепление МС на ПП должны обеспечивать их работоспособность в соответствии с требованиями эксплуатации на аппаратуру;

Конструкции узлов, субблоков, кассет и блоков следует выполнять с учетом требований технологичности, т.е. с использованием прогрессивных методов изготовления и ремонта аппаратуры при соблюдении заданных эксплуатационных требований и высокой степени готовности аппаратуры к внедрению в серийное производство.

Описание технологического процесса сборки

Как и любой технологический процесс, монтаж и сборка печатной платы с нанесением на нее электрорадиоэлементов следует разделить на несколько технологических процессов, проходящих с разным оборудованием для упрощения процесса. Примерная структурная схема сборки представлена на рисунке 2. В последующих пунктах будут расписаны операции, проходящие в ходе сборки.

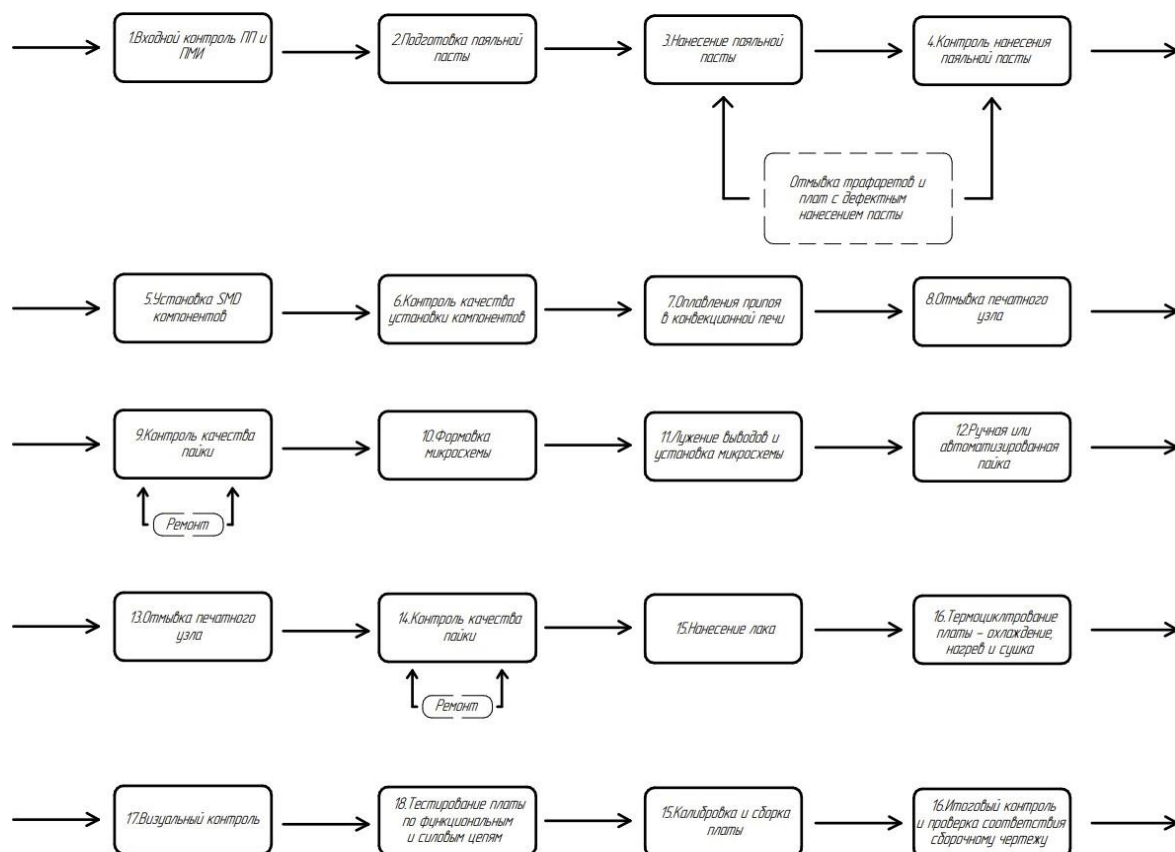


Рисунок 14 – Структурная схема технологического процесса сборки

Комплектование

Перед сборкой и пайкой изделия необходимо произвести отбор компонентов и их оценку. Компоненты проходят визуальный осмотр, контроль точности электрических параметров, установленных размеров всех сборочных элементов. В первую очередь необходимо провести визуальную оценку соответствия требуемым параметрам печатных плат и корпусов, в мелкосерийном производстве, чаще всего, данные действия выполняются оператором, с помощью оптических и электронных микроскопов или настольной лампы с увеличительной линзой.

Перечислим основные дефекты, которые могут быть выявлены при визуальном контроле:

- механические повреждения: сколы по краям платы, нарушение целостности паяльной маски и диэлектрика;
- заполнение монтажных отверстий припоем или паяльной маской;
- смещение рисунка паяльной маски относительно контактных площадок;

1. не полностью заполненные переходные отверстия паяльной маской;
2. пустоты под паяльной маской;
3. повреждения финишного покрытия контактной площадки;
4. нарушение геометрии контактной площадки;
5. дефектная металлизация контактной площадки переходного отверстия
6. отслоение металлизации от контактной площадки и другие.

Электрический вид испытаний ПП позволит проверить электросхему сборки на отсутствие или наличие обрыва, замыканий, а также корректность топологии.

Основным критерием оценки является, значение сопротивления между двумя контактными площадками на печатной плате. В случае, если сопротивление цепи меньше заданного значения (единицы Ом), цепь считается целостной, в противном случае диагностируется обрыв цепи.

Существует четыре основных метода проверки электричеством. В нашем случае, будет достаточно ручного метода, который заключается в проверке щупом всех цепей ПП, однако по статистике при данном контроле, ввиду человеческого фактора, 25% дефектов остаются не выявленными.

Формовка выводов

В настоящее время, производители выпускают корпуса с тремя различными расположениями выводов: сверху, сбоку и снизу, как это показано на рисунке 15. Часто из-за этого возникают проблемы при использовании корпусов сразу с несколькими вариантами расположения выводов. Каждый вариант имеет свои особенности проектирования и свой

способ формовки выводов. Следует отметить, что корпуса с верхним расположением выводов в большей степени подвержены эффекту остаточных упругих деформаций, чем корпуса с нижним и боковым расположениями, что связано с большей длиной вывода. Хотя этот фактор и не критичен при выборе корпуса, но в сочетании с толщиной выводов и высотой зазора это дает общее представление о занимаемой компонентом площади на плате и позволяет подобрать соответствующие контактные площадки. В проектируемом изделии микросхема имеет второй способ расположения выводов.



Рисунок 15 – Примеры расположения выводов на корпусе.

Для обрубки выводов будем использовать универсальный штамп. В отличие от специализированных штампов, которые обрубают и формуют выводы за одну операцию, универсальное устройство имеет одно место для обрубки выводов заданной длины, а другое — для формовки выводов. Более того, сменные вставки позволили использовать различные конфигурации формовки компонентов. Данный штамп идеально подойдет для мелкой и средней серии изделия

Лужение и флюсование выводов

Для обеспечения высокого качества пайки применяют предварительное облуживание выводов ИМС и ЭРЭ. Лужение заключается в покрытии соединяемых деталей тонкой пленкой припоя, которая должна быть сплошной, без трещин, пор, посторонних включений, наплывов и острых выступов. Операция лужения с помощью ручного метода, то есть

паяльником, малоэффективна из-за высокой трудоемкости и больших затрат времени. Поэтому наиболее эффективным является горячее лужение выводов ИМС, ЭРЭ и разъема в жидкий флюс ФКСп, а затем в ванну с расплавленным припоем ПОС-61. При этом следует учесть, что время лужения ограничено ($t < 3$ сек).

Механизм действия флюса заключается в том, что оксидные пленки металла и припоя растворяются, разрыхляются и всплывают на поверхность флюса. Флюсы служат для уменьшения сил поверхностного натяжения расплавленного припоя на границе металл-припой-флюс. Правильный выбор флюса обеспечивает качественное соединение и существенно влияет на скорость и степень завершенности процесса пайки. Выбранный флюс должен быть химически активным и растворять оксиды паяемых металлов, термически стабилен и выдерживать температуру пайки без испарения или разложения. Флюсование можно производить различными методами: кистью, погружением, протягиванием, накатыванием, распылением, вращающимися щетками. В среднесерийном производстве используется пенное или волновое флюсование. Однако, при пенном флюсовании возможно не полное смачивание металлизированных отверстий, тогда как при волновом флюсовании осуществляется быстрое и эффективное покрытие флюсом всей поверхности за счет капиллярного эффекта. Но при этом повышаются требования к коррозионной стойкости ЭРЭ.

При SMD пайке лужение выводов ненужно, необходимо предварительно залудить выводы на самой печатной плате, а затем после установки всех компонентов нагреть в конвекционной печи.

Монтаж

Установка электрорадиоэлементов (ЭРЭ) и интегральных микросхем (ИМС) на печатные платы (ПП) является первым этапом монтажа, и дефекты данной операции неблагоприятно отразятся на качестве монтажных

соединений. В зависимости от технической реализации различают ручную и механизированную сборку плат, причем в качестве критерия выбора оборудования принимают вариант исполнения выводов (штыревые, планарные). Оптимальное выполнение операции установки ЭРЭ на платы требует согласования допусков на выводы и на диаметры отверстий, выбора наиболее приемлемого метода фиксации компонента, определения оптимального варианта расположения ЭРЭ и ИМС на плате.

При автоматизированной сборке однослойных и многослойных плат должны выполняться следующие технические требования:

- использование минимального числа типоразмеров ЭРЭ и ИМС;
- размещение корпусных ИМС на ПП рядами или в шахматном порядке с шагом установки 2,5 мм; корпуса с планарными выводами допускается размещать с шагом 1,25 мм, зазоры между корпусами ИМС должны быть не менее 1,5 мм;
- установка ИМС со штыревыми выводами только с одной стороны ПП, а ИМС с планарными – с двух сторон.

Положение компонентов, полученное при сборке, не должно изменяться до момента контактирования, т. е. формирования монтажного соединения. Поэтому компоненты должны быть зафиксированы на плате. Фиксация должна быть легкой в исполнении, не допускать применения дополнительных элементов, выдерживать собственную массу элементов, осуществляться при обратном ходе рабочего инструмента.



Рисунок 16 – Установщик компонентов SMD TVM802A.

Пайка

Для нанесения припойной пасты на контактные площадки было принято решение применить трафаретный метод, который заключается продавливанием припойной пасты через окна трафарета (сетчатого или фольгового) на контактные площадки платы. Припойная паста уже содержит в себе и припой, и флюс и их пропорция является основной характеристикой пасты. Материалом фольгового трафарета может быть пластина из сплава никеля или из нержавеющей стали. Окна в трафарете обычно прорезаются лазером или протравливаются. Наиболее важной фазой операции является продвижение пасты ракелем вдоль поверхности трафарета. Паста должна продвигаться с установленными параметрами усилия, угла и скорости. Трафарет и ракель должны быть чистыми, и паста должна иметь строго определенные значения этих параметров. Ошибки в этих параметрах приводят к плохим характеристикам пайки, такие как непропай и др. Практика показывает, что больше половины ошибок всего процесса сборки печатных плат приходится именно на процесс нанесения припойной пасты. Учитывая, что производство будет малосерийным, для реализации трафаретного метода было принято решение применить дозатор SD-450, изображенный на рисунке 17.



Рисунок 17 –Дозатор SD-450.

Пайка SMD компонентов будет осуществлять в конвекционной печи КПП-4-1/2П, пайка микросхемы и других компонентах будет осуществляться вручную.

Температурный профиль пайки состоит из четырех стадий: предварительного нагрева, стабилизации (зоны температурного выравнивания), оплавления и охлаждения.

При температуре более 90 °С* канифоль (смола), входящая в состав пасты, начинает размягчаться, а растворитель с высокой точкой кипения – испаряться. Размягчение канифоли приводит к уменьшению вязкости пасты, а испарение растворителя – к увеличению вязкости. При высокой скорости нарастания температуры превалирует первый процесс, что ведет к расползанию материала (типичный дефект в этом случае – бусинки припоя по бокам чип-компонентов).

При температуре порядка 150 °С начинается активное испарение растворителя, максимально активизируется флюс.

При температуре ликвидус пайки расплавляется припой, и из отдельных шариков формируется единая масса припоя. При этом припой под

воздействием сил поверхностного натяжения растекается по очищенным флюсом металлическим поверхностям.



Рисунок 18 – Печь конвекционная КПП-4-1/2П.

Промывка

Для обеспечения наилучшей работоспособности и уменьшения отказов печатных узлов, а также для качественного последующего нанесения влагозащитных покрытий необходимо производить очистку поверхностей печатных узлов от всех типов загрязнений. Под отмывкой печатных плат после пайки подразумевают удаление остатков флюса с поверхности печатных узлов и электронных компонентов. Тип флюса в составе пасты определяет ее активность, необходимость отмывки и способы отмывки.

Каждая группа флюсов включает несколько уровней активности, с границами, определяемыми соответствующими тестами.

Отмывка печатной платы, будет осуществляться с помощью струйной отмывки в системе струйной отмывки Aqueous Technologies Triden LD. Принцип работы основан на том, что печатный узел помещается в пустую камеру, затем на него воздействуют струи моющего раствора, нагнетаемого помпой через форсунки. Для струйной отмывки используются жидкости на водной основе. Отмывочная жидкость должна быть совместима с деталями оборудования и отмываемых изделий, не приводить к их деформации,

разрушению, окислению, а также эффективно удалять загрязнения с поверхности изделий. В качестве удачного примера можно привести жидкость ТМ-РемРад на водной основе.

Лакирование

В настоящее время для нанесения защитного покрытия в серийном производстве используются специальные установки. Они работают в режиме локального распыления (закрученная струя) и выполняют дозированное покрытие. Их преимущество в том, что они могут работать с материалами разной вязкости.

После нанесения покрытия на поверхности ПУ формируется полимерная пленка. Это происходит в результате испарения растворителя.

Покрытие электронного узла полимерными или органическими материалами обеспечивает защиту от:

- внешних воздействующих факторов (резкое изменение температуры, влажности);

- воздействия грязи, соляного тумана, растворителей и других агрессивных сред;

- от воздействия вибраций.

Помимо этого влагозащитное покрытие выполняет роль дополнительной электрической изоляции узла и компонентов.

Лаки, как и другие средства защиты печатных плат, разрабатываются с учетом взаимодействия вещества с электроникой. Лак – самый распространенный способ защиты. Он имеет такие преимущества, как:

- доступность: как правило, лак на 50% дешевле других защитных материалов;

- вариативность: можно выбрать конкретный вид лака, в зависимости от того, какие свойства нужны для защиты;

— специальный контроль: после нанесения лак просвечивают под УФ-лампой, чтобы было видно, насколько хорошо покрыта плата. Это гарантирует надежность и качество покрытия.

Заключительный контроль

Автоматический режим контроля исключает ошибки, которые допускаются при ручном визуальном контроле. При этом скорость проверки одной платы в среднем занимает не более 20 — 25 секунд. Что позволяет поддерживать производительность контроля крупносерийных производств.

С помощью встроенных камер производится проверка на предмет присутствия и отсутствия компонентов, анализируется их точность установки и полярность, осуществляется оптический осмотр нанесённой паяльной пасты для компонентов, а также производится проверка на предмет инородных включений.

Система построена на основе цифровых видеокамер с ПЗС матрицей (CCD). Цветное изображение с высокой разрешающей способностью выводится на VGA-монитор персонального компьютера. Плата захвата изображения и программное обеспечение, входящие в комплект поставки, позволяют осуществлять просмотр, создавать базу сохранённых изображений и проводить измерения геометрических параметров.

В зависимости от специфики, производитель выбирает свой состав контрольного оборудования. Несмотря на свою относительно высокую стоимость, этап контроля изделий является необходимым в технологии поверхностного монтажа. АОИ позволяет добиться существенного увеличения объемов производства электронных изделий при сохранении и даже уменьшении себестоимости.

7. Расчётная часть

7.1 Конструкторско-технологическая оснастка

1. Расчет коэффициента использования микросхем и микросборок.

MS – количество микросхем и сборок в изделии, MS = 6

R – общее количество ЭРЭ в изделии, R = 56.

$$K(1) = \frac{MS}{R} = \frac{6}{56} = 0,107$$

2. Расчёт коэффициента повторяемости микросхем и микросборок

TMS – количество типоразмеров корпусов микросхем и микросборок в изделии, TMS = 5

$$K(2) = 1 - \frac{TMS}{MS} = 1 - \frac{5}{6} = 0,17$$

3. Расчет коэффициента сложности печатных плат.

MPP – количество многослойных печатных плат в изделии, MPP = 0.

PP – общее количество печатных плат, PP = 1.

$$K(3) = 1 - \frac{MPP}{PP} = 1 - \frac{0}{1} = 0$$

4. Расчет коэффициента использования плоских кабелей межузловых и межблочных соединений.

CPK – количество межблочных и межузловых цепей, включенных в состав плоских кабелей, CPK = 0.

СК – общее количество межблочных и межузловых цепей в изделии, СК = 5

$$K(4) = \frac{CPK}{СК} = \frac{0}{5} = 0$$

5. Расчет коэффициента стандартизации конструкции изделия.

TR – общее количество типоразмеров составных частей изделия, TR = 20.

TRS – количество типоразмеров стандартных составных частей, TRS = 20.

TRU – количество типоразмеров унифицированных составных частей изделия, TRU = 0.

TZ – количество типоразмеров заимствованных составных частей изделия, TZ = 0.

TP – количество типоразмеров покупных составных частей изделия, TP = 20.

TOR – количество типоразмеров оригинальных составных частей изделия, TOR = 0

$$K(5) = \frac{TRS + TRU + TZ + TOR}{TRS + TRU + TZ + TOR + TP} = \frac{20 + 20 + 0 + 0 + 0}{20 + 0 + 0 + 0 + 20} = 1$$

6. Расчет коэффициента унификации конструкции изделий.

KS – общее количество составных частей изделия, KS = 56.

$$K(6) = \frac{KS - TR}{KS} = \frac{56 - 20}{56} = 0,64$$

7. Расчет коэффициента автоматизации и механизации установки ЭРЭ на ПП.

KR – количество ЭРЭ, которые устанавливаются на плату механизированным или автоматизированным методом, KR = 50.

$$K(7) = \frac{KR}{R} = \frac{50}{56} = 0,89$$

8. Расчет коэффициента автоматизации и механизации монтажа.

KM – количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом, KR = 50

$$K(8) = \frac{KR}{R} = \frac{50}{56} = 0,89$$

9. Расчет коэффициента автоматизации и механизации.

MNS – количество неразъемных межузловых и межблочных соединений, выполняемых механизированным и автоматизированным способом, MNS = 0.

SN – общее количество неразъемных межузловых и межблочных соединений в изделии, SN = 0.

$$K(9) = \frac{MNS}{SN} = \frac{0}{0} = 0$$

10 Расчет коэффициента механизации и автоматизации контроля и настройки.

KNM – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным или автоматизированным способом, KNM = 1. (визуальный вручную, электронный автоматизирован)

KN – общее количество операций контроля и настройки,

$$K(10) = \frac{KNM}{KN} = \frac{2}{4} = 0,25$$

Для оценки технологичности печатной платы воспользуемся таблицей

Показатель	Нормативное значение коэффициента	Фактическое значение коэффициента	Бальная оценка
1	0,8	0,107	1
2	0,96	0,17	1
3	0,66	0	0
4	0,3	0	3
5	0,3	1	5
6	0,3	0,64	4
7	0,7	0,89	5
8	0,6	0,89	5
9	0,5	0	2
10	0,5	0,25	3

Комплексный средний бальный показатель блока РЭА равен: 2,9

Уровень технологичности средний.

7.2. Техничко-экономическое обоснование выбора ТП

Ни одно техническое решение не может быть утверждено и внедрено без предварительного подтверждения его прогрессивности и экономической выгоды. По этой причине экономическое обоснование технических изменений является неотъемлемой частью проекта.

Формирование стоимости продукта определяется двумя обстоятельствами. Во-первых, цена должна превышать затраты на производство, а во-вторых, она должна соответствовать спросу. Однако установить точную функцию спроса в данном случае сложно, поэтому будет проведен расчет, основанный на анализе затрат.

$C_{\text{подг.произв.}} = 40000$ руб. –стоимость подготовки производства ПП

$C_{\text{изгот.ПП}} = 1000$ руб. –стоимость изготовления одной ПП

$C_{\text{пайки ПП}} = 500$ руб. –стоимость пайки одной ПП

$C_{\text{формовки}} = 10$ руб. –стоимость формовки одного компонента без оборудования.

$C_{\text{формовки}}^o = 5 \text{ руб.}$ – стоимость формовки одного компонента с оборудованием.

Полная себестоимость, вычисляемая по формуле

$$C_{\Pi} = C_{\Pi} + C_{\text{разр}} \cdot N$$

Где: C_{Π} – стоимость производства одного контроллера;

$C_{\text{разр}}$ – стоимость разработки;

N – количество изделий (1500 шт. в год);

$$C_{\Pi} = C_{\text{компл}} + C_{\text{изг}}$$

Где: $C_{\text{изг}} = \left(\frac{C_{\text{подг.пр}}}{N} \right) + C_{\text{изг.ПП}} + C_{\text{пайки}} + C_{\text{форм}}$

Цены на комплектующие показаны в таблице и составляют

Таблица – показатели технологичности

№ Элемента	Наименование компонента	Количество	Стоимость руб.
1	Подстроечный резистор	2	100
2	Конденсатор	16	658
3	Микросхемы	6	2168
4	Гнездо	9	711
5	Резисторы	22	96
6	Частотный резонатор	1	56
	Итого	56	3789

Тогда стоимость производства одного устройства при партии в 1500 штук:

$$C_{\Pi} = 3789 + 1000 + 500 + 10 * \frac{40000}{500} = 5469 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость производства одного устройства при партии в 1500 штук при использовании специализированного оборудования для формовки:

$$C_{\Pi\Phi} = 3789 + 1000 + 500 + 5 * 10 + \frac{40000}{500} = 5419 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

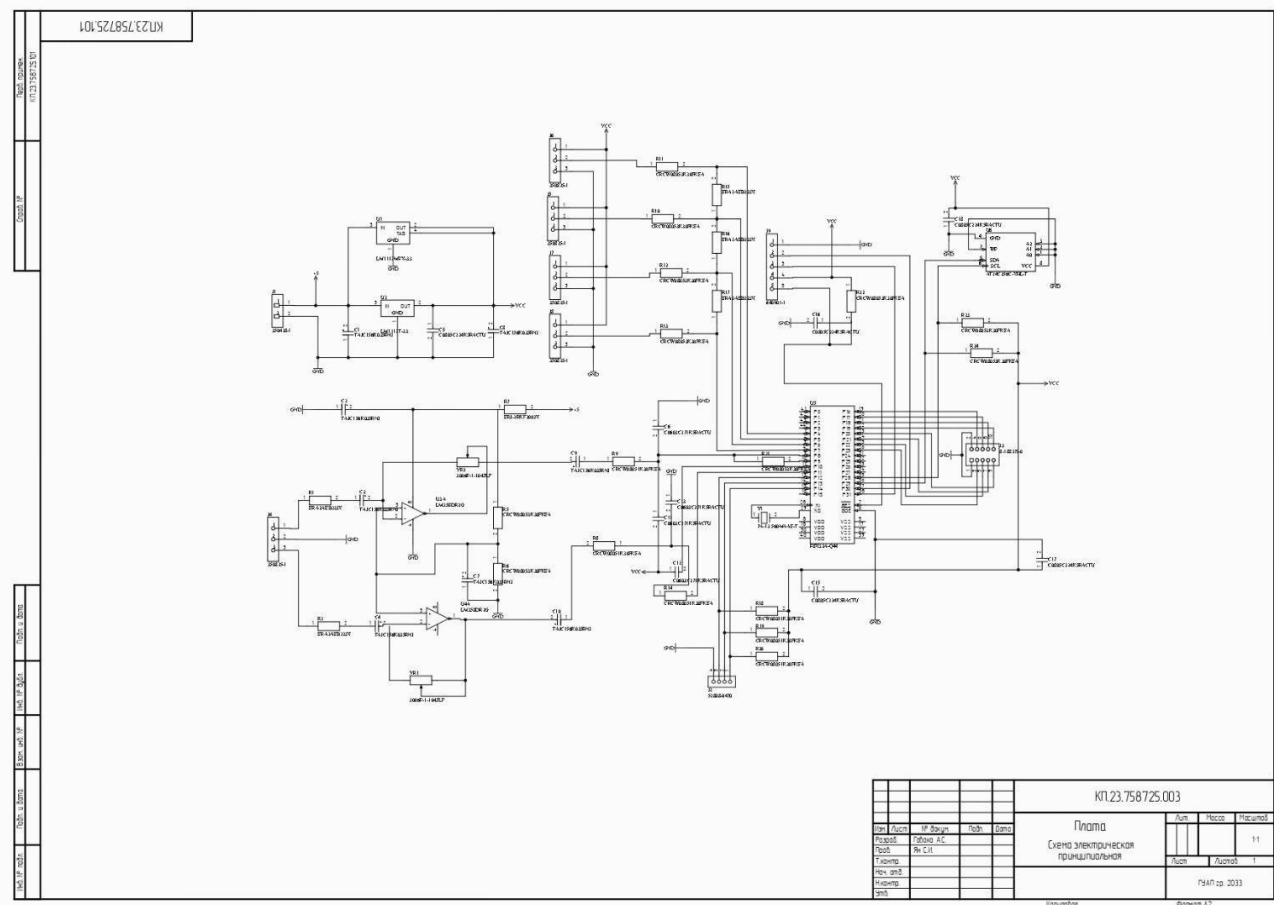
Целью данного курсового проекта является проектирование анализатора спектра звука. В процессе его выполнения, было составлено техническое описание устройства по его функциональным, электрическим и конструктивным свойствам, а именно:

- Принципиальная электрическая схема
- Топологический и сборочный чертежи печатной платы

БИБЛИОГРАФИЯ

1. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции. Дата введения 2010-07-01. (Дата обращения 31.05.2023)
2. Шелест Д.К. МУ КП конструкторские расчёты. Основы теории надежности: Учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: , 2021 год 11с.(Дата обращения 31.05.2023)
3. ГОСТ Р 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. Дата введения 2020-02-01.(Дата обращения 29.05.2023)
4. Altium designer, руководство пользователя.
5. URL: <https://prosound.ixbt.com/education/spektr-analys.shtml>
6. ГОСТ 20406-75 Платы печатные. Термины и определения. (Датаобращения 31.05.2023).
7. ГОСТ 2.728-74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы (Дата обращения 29.05.2023)

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

КП. 23.758725.001 СБ	Лист 1 из 1
Стор. №	Лист 1 из 1
КП. 23.758725.001 СБ	Лист 1 из 1

1. Габаритные размеры даны по наибольшему размеру выступающих элементов.

2. Пайку планарных и штырьевых соединений производить ПОС-61 ГОСТ 21930-76 согласно ГОСТ 23582-98

3. Монтаж выполнить согласно схеме электрической принципиальной КП. 23.758725.101

4. Контроль плавных соединений производить визуально-оптическим методом ГОСТ 24 715-81

5. Покрытие проверки работоспособности лак 3П-572, ТУ-6-10-1539-76.

6. Печатные проводники условно не показаны.

7. Остальные технические требования по ОСТ 4 Г.070.015

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Габаско А.С.			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Плата печатная</p> <p>Сборочный чертеж</p> </div> <div> <p>КП. 23.758725.001 СБ</p> </div> </div>
Проб.		Ян С.И.			
Т.контр.					
Нач. отд.					
Н.контр.					
Утв.					

Копиротаж

Формат А3

ГЭАП зр. 2033

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Компас-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.

Справ. №

Инд. № подл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Подп. и дата

Изм.

Лист

№ докум.

Подп.

Дата

Разраб.

Гобак А.С.

Пров.

Ян С.И.

Н.контр.

Утв.

Лит.

Лист

Листов

1

ГИАП гр.2033

Формат

Зона

Поз.

Обозначение

Наименование

Кол.

Примечание

А2

КП.23.758725.003

Схема электрическая принципиальная

А3

КП 23.758725.006

Компоновочный чертёж

А3

КП. 23.758725.001 СБ

Сборочный чертёж

А4

КП 23.758735.005 ПЗ1

Перечень элементов

Документация

КП 23.758735.007

Анализатор спектра звука

ГИАП гр.2033

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.	Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование			Кол.	Примечание			
			Подстроечный резистор							
		1	3006P-1-104ZLF			2	VR1,VR2			
	Справ. №		Конденсаторы							
		2	TAJCS156K035RNJ			8	C1-C4, C6-C9			
		3	C0805C224K5RACTU			5	C5, C14-C17			
		4	C0603C271K5RACTU			3	C11-C13			
			Микросхемы							
Подп. и дата	5	LM1117MPX-3.3			1	U1				
	6	LM1117T-3.3			1	U2				
	7	LM358DR2G			2	U3A				
	8	P8X32A-Q44			1	U4A				
	9	AT24C256C-XHL-T			1	U6				
	Инв. № дубл.		Гнездо							
		10	350825-1			5	J1, J3-J6			
11		350428-1			1	J2				
12		52808-0470			1	J7				
13		640901-1			1	J8				
14		8-188275-0			1	J9				
Взам. инв. №					КП 23.758735.005 ПЭ1					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
	Разраб.	Гобако А.С.								
	Пров.	Ян С.И.								
Инв. № подл.					Анализатор спектра звука			Лит.	Лист	Листов
					Перечень элементов				1	2
Подп. и дата					ГУАП гр.2033					
Не для коммерческого использования										
Копировал										
Формат А4										

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

[illegible]

7. Расчётная часть

7.1 Конструкторско-технологическая оснастка

1. Расчет коэффициента использования микросхем и микросборок.

MS – количество микросхем и сборок в изделии, MS = 6

R – общее количество ЭРЭ в изделии, R = 56.

$$K(1) = \frac{MS}{R} = \frac{6}{56} = 0,107$$

2. Расчёт коэффициента повторяемости микросхем и микросборок

TMS – количество типоразмеров корпусов микросхем и микросборок в изделии, TMS = 5

$$K(2) = 1 - \frac{TMS}{MS} = 1 - \frac{5}{6} = 0,17$$

3. Расчет коэффициента сложности печатных плат.

MPP – количество многослойных печатных плат в изделии, MPP = 0.

PP – общее количество печатных плат, PP = 1.

$$K(3) = 1 - \frac{MPP}{PP} = 1 - \frac{0}{1} = 0$$

4. Расчет коэффициента использования плоских кабелей межузловых и межблочных соединений.

CPK – количество межблочных и межузловых цепей, включенных в состав плоских кабелей, CPK = 0.

СК – общее количество межблочных и межузловых цепей в изделии, СК = 5

$$K(4) = \frac{CPK}{СК} = \frac{0}{5} = 0$$

5. Расчет коэффициента стандартизации конструкции изделия.

TR – общее количество типоразмеров составных частей изделия, TR = 20.

TRS – количество типоразмеров стандартных составных частей, TRS = 20.

TRU – количество типоразмеров унифицированных составных частей изделия, TRU = 0.

TZ – количество типоразмеров заимствованных составных частей изделия, TZ = 0.

TP – количество типоразмеров покупных составных частей изделия, TP = 20.

TOR – количество типоразмеров оригинальных составных частей изделия, TOR = 0

$$K(5) = \frac{TRS + TRU + TZ + TOR}{TRS + TRU + TZ + TOR + TP} = \frac{20 + 20 + 0 + 0 + 0}{20 + 0 + 0 + 0 + 20} = 1$$

6. Расчет коэффициента унификации конструкции изделий.

KS – общее количество составных частей изделия, KS = 56.

$$K(6) = \frac{KS - TR}{KS} = \frac{56 - 20}{56} = 0,64$$

7. Расчет коэффициента автоматизации и механизации установки ЭРЭ на ПП.

KR – количество ЭРЭ, которые устанавливаются на плату механизированным или автоматизированным методом, KR = 50.

$$K(7) = \frac{KR}{R} = \frac{50}{56} = 0,89$$

8. Расчет коэффициента автоматизации и механизации монтажа.

KM – количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом, KR = 50

$$K(8) = \frac{KR}{R} = \frac{50}{56} = 0,89$$

9. Расчет коэффициента автоматизации и механизации.

MNS – количество неразъемных межузловых и межблочных соединений, выполняемых механизированным и автоматизированным способом, MNS = 0.

SN – общее количество неразъемных межузловых и межблочных соединений в изделии, SN = 0.

$$K(9) = \frac{MNS}{SN} = \frac{0}{0} = 0$$

10 Расчет коэффициента механизации и автоматизации контроля и настройки.

KNM – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным или автоматизированным способом, KNM = 1. (визуальный вручную, электронный автоматизирован)

KN – общее количество операций контроля и настройки,

$$K(10) = \frac{KNM}{KN} = \frac{2}{4} = 0,25$$

Для оценки технологичности печатной платы воспользуемся таблицей

Показатель	Нормативное значение коэффициента	Фактическое значение коэффициента	Бальная оценка
1	0,8	0,107	1
2	0,96	0,17	1
3	0,66	0	0
4	0,3	0	3
5	0,3	1	5
6	0,3	0,64	4
7	0,7	0,89	5
8	0,6	0,89	5
9	0,5	0	2
10	0,5	0,25	3

Комплексный средний балльный показатель блока РЭА равен: 2,9

Уровень технологичности средний.

7.2. Технико-экономическое обоснование выбора ТП

Ни одно техническое решение не может быть утверждено и внедрено без предварительного подтверждения его прогрессивности и экономической выгоды. По этой причине экономическое обоснование технических изменений является неотъемлемой частью проекта.

Формирование стоимости продукта определяется двумя обстоятельствами. Во-первых, цена должна превышать затраты на производство, а во-вторых, она должна соответствовать спросу. Однако установить точную функцию спроса в данном случае сложно, поэтому будет проведен расчет, основанный на анализе затрат.

$C_{\text{подг.произв.}} = 40000$ руб. – стоимость подготовки производства ПП

$C_{\text{изгот.ПП}} = 1000$ руб. – стоимость изготовления одной ПП

$C_{\text{пайки ПП}} = 500$ руб. – стоимость пайки одной ПП

$C_{\text{формовки}} = 10$ руб. – стоимость формовки одного компонента без оборудования.

$C_{\text{формовки}}^o = 5 \text{ руб.}$ – стоимость формовки одного компонента с оборудованием.

Полная себестоимость, вычисляемая по формуле

$$C_{\Pi} = C_{\Pi} + C_{\text{разр}} \cdot N$$

Где: C_{Π} – стоимость производства одного контроллера;

$C_{\text{разр}}$ – стоимость разработки;

N – количество изделий (1500 шт. в год);

$$C_{\Pi} = C_{\text{компл}} + C_{\text{изг}}$$

Где: $C_{\text{изг}} = \left(\frac{C_{\text{подг.пр}}}{N} \right) + C_{\text{изг.ПП}} + C_{\text{пайки}} + C_{\text{форм}}$

Цены на комплектующие показаны в таблице и составляют

Таблица – показатели технологичности

№ Элемента	Наименование компонента	Количество	Стоимость руб.
1	Подстроечный резистор	2	100
2	Конденсатор	16	658
3	Микросхемы	6	2168
4	Гнездо	9	711
5	Резисторы	22	96
6	Частотный резонатор	1	56
	Итого	56	3789

Тогда стоимость производства одного устройства при партии в 1500 штук:

$$C_{\Pi} = 3789 + 1000 + 500 + 10 * \frac{40000}{500} = 5469 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость производства одного устройства при партии в 1500 штук при использовании специализированного оборудования для формовки:

$$C_{\Pi\Phi} = 3789 + 1000 + 500 + 5 * 10 + \frac{40000}{500} = 5419 \text{ руб.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

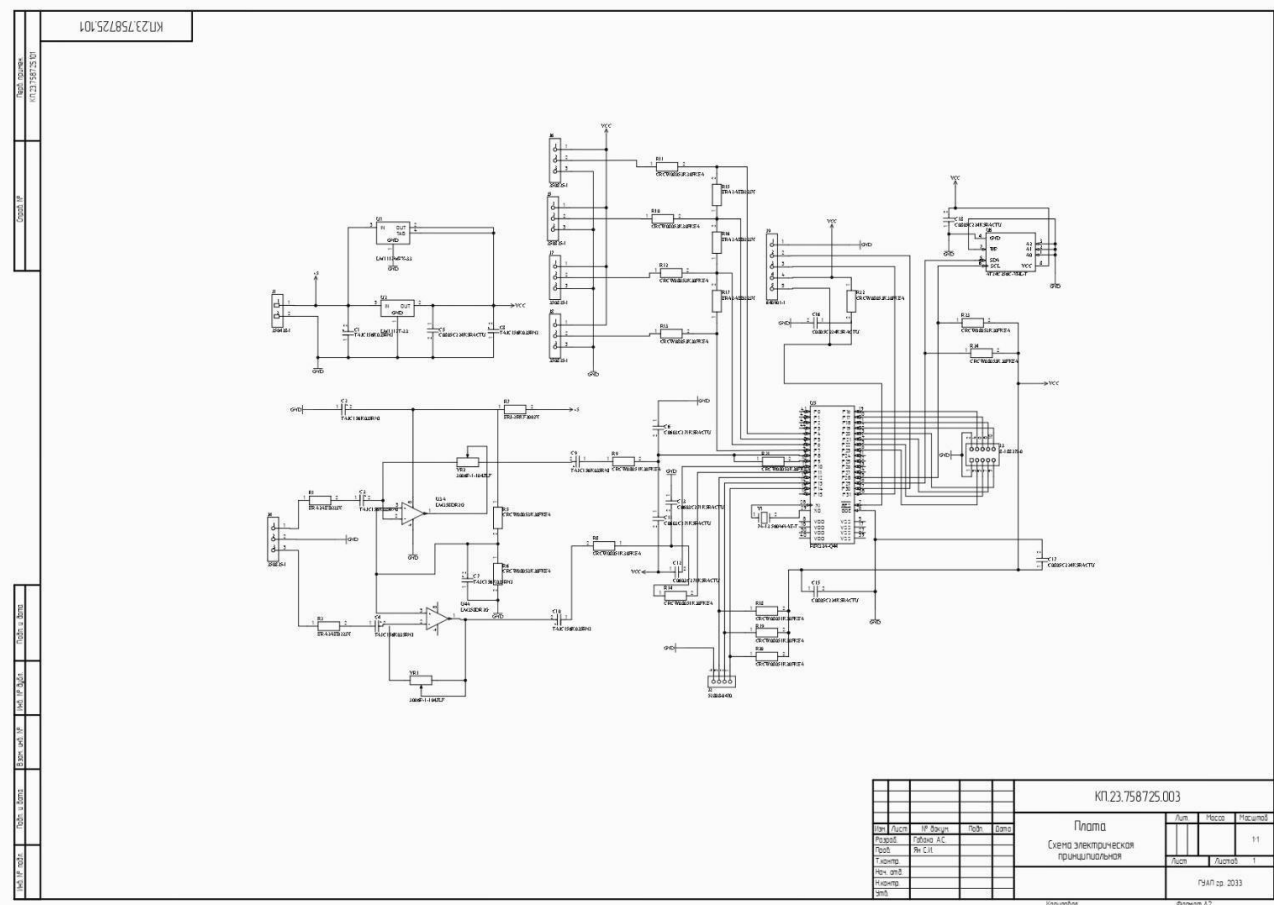
Целью данного курсового проекта является проектирование анализатора спектра звука. В процессе его выполнения, было составлено техническое описание устройства по его функциональным, электрическим и конструктивным свойствам, а именно:

- Принципиальная электрическая схема
- Топологический и сборочный чертежи печатной платы

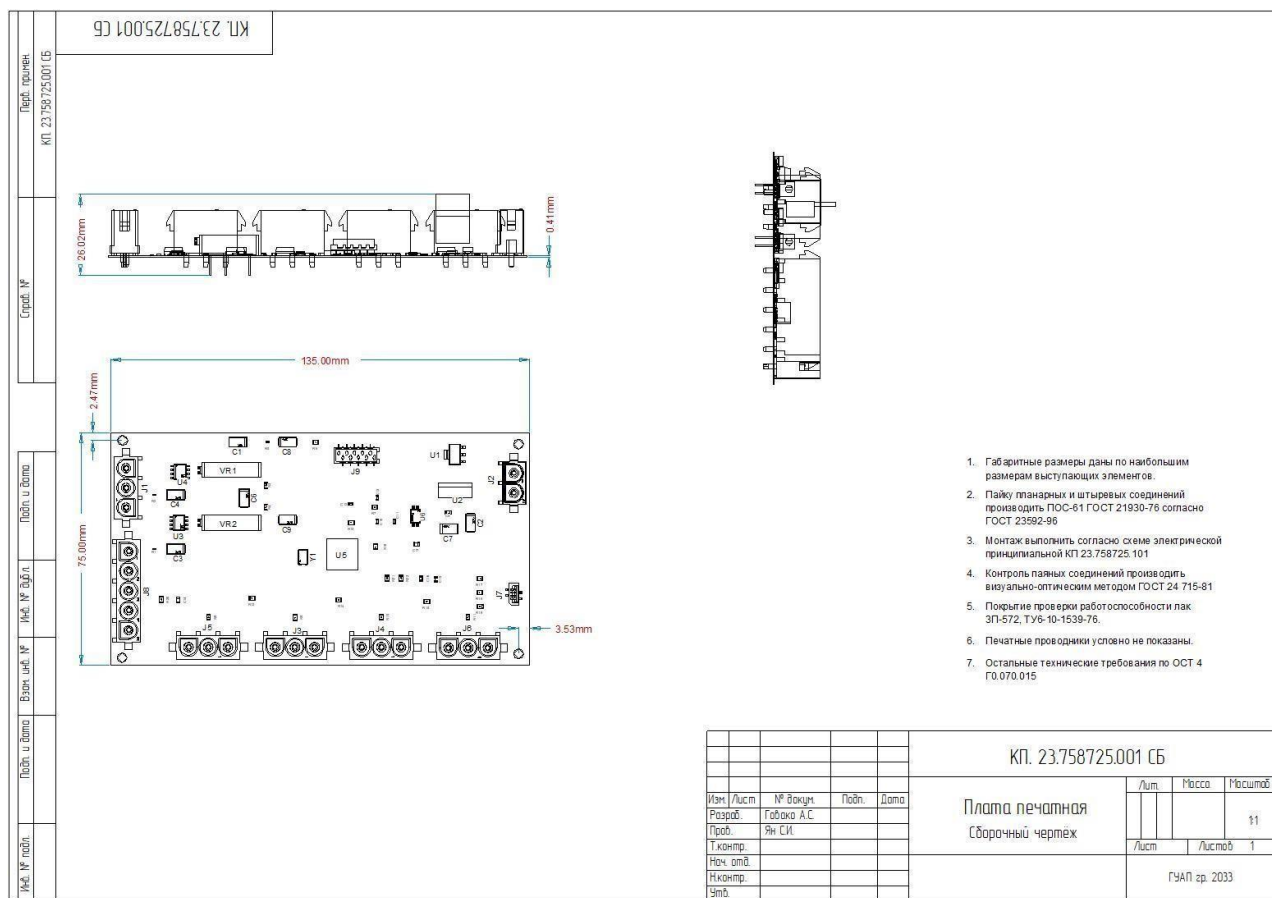
БИБЛИОГРАФИЯ

1. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции. Дата введения 2010-07-01. (Дата обращения 31.05.2023)
2. Шелест Д.К. МУ КП конструкторские расчёты. Основы теории надежности: Учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: , 2021 год 11с.(Дата обращения 31.05.2023)
3. ГОСТ Р 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. Дата введения 2020-02-01.(Дата обращения 29.05.2023)
4. Altium designer, руководство пользователя.
5. URL: <https://prosound.ixbt.com/education/spektr-analys.shtml>
6. ГОСТ 20406-75 Платы печатные. Термины и определения. (Дата обращения 31.05.2023).
7. ГОСТ 2.728-74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы (Дата обращения 29.05.2023)

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ Б



Копировал

Формат А3

ПРИЛОЖЕНИЕ В

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.	Перв. примен.	Поз. обозначение	Наименование			Кол.	Примечание			
			Подстроечный резистор							
		1	3006P-1-104ZLF			2	VR1,VR2			
	Справ. №		Конденсаторы							
		2	TAJCS156K035RNJ			8	C1-C4, C6-C9			
		3	C0805C224K5RACTU			5	C5, C14-C17			
		4	C0603C271K5RACTU			3	C11-C13			
			Микросхемы							
Подп. и дата	5	LM1117MPX-3.3			1	U1				
	6	LM1117T-3.3			1	U2				
	7	LM358DR2G			2	U3A				
	8	P8X32A-Q44			1	U4A				
	9	AT24C256C-XHL-T			1	U6				
	Инв. № дубл.		Гнездо							
		10	350825-1			5	J1, J3-J6			
11		350428-1			1	J2				
12		52808-0470			1	J7				
13		640901-1			1	J8				
14		8-188275-0			1	J9				
Взам. инв. №					КП 23.758735.005 ПЭ1					
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
	Разраб.	Гобако А.С.								
	Пров.	Ян С.И.								
Инв. № подл.					Анализатор спектра звука			Лит.	Лист	Листов
					Перечень элементов				1	2
Подп. и дата					ГЧАП гр.2033					
Не для коммерческого использования										
Копировал										
Формат А4										

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

[illegible]