

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 13.07.2023 14:34:25

Уникальный программный идентификатор:

aba80b84033c9ef196388e9ea0434f90a83a40954ba270e84bcb664f02d1d8d0

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Чистопольский филиал «Восток»

Кафедра приборостроения

---

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

**КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.ДВ.06.02 Технология производства электронных средств**

Методические указания (рекомендации) по выполнению курсового проекта предназначены для обучающихся всех форм обучения по направлениям подготовки:

Код и наименование направления подготовки / специальности	Направленность (профиль, специализация, магистерская программа)	ФГОС ВО утвержден приказом Минобрнауки России
12.03.01 Приборостроение	Приборостроение	№ 945 от 19.09.2017

В методических указаниях приведены требования к выполнению курсового проекта, даны рекомендации по структуре, содержанию, оформлению, порядку выполнения и защите курсового проекта по дисциплине «Технология производства электронных средств»

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Порядок выполнения курсового проекта.....	3
2. Разработка перечня элементов.....	4
3. Расчет технологичности изделия.....	10
4. Таблица соединений.....	20
5. Трассировочный чертеж печатной платы.....	21
6. Сборочный чертеж печатной платы.....	25
7. Технология сборки и монтажа печатных плат.....	27
8. Технологическая карта сборки печатной платы.....	33
Литература .....	39

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью работы является изучение технологии изготовления печатных плат, а именно подготовки к монтажу и монтаж элементов на печатной плате. Так же в ходе курсового проектирования рассматриваются вопросы анализа технологичности печатных плат, расчет базовых показателей технологичности, трассировка печатных плат в САПР программах.

В ходе выполнения курсового проекта студент получает навыки разработки и оформления конструкторской и технологической документации в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД, ознакомление с методикой расчетов при обосновании и принятии конкретных решений, приобщение к работе с технической документацией: государственными стандартами и руководящими техническими материалами.

### **1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

1. Получить техническое задание и электрическую принципиальную схему.
2. Выбрать тип печатной платы: односторонняя, двусторонняя.
3. Составить перечень элементов к принципиальной схеме. Одновременно необходимо выписать номера ГОСТов или ТУ на каждый элемент электрической принципиальной схемы.
4. Определить габаритные и установочные размеры элементов.
5. Выполнить расчет на технологичность.
6. В программе DipTrace или P-cad создать электрическую принципиальную схему и выполнить ее трассировку.
7. Разработать технологический процесс сборки печатной платы.
8. Оформить чертежи согласно требованиям ЕСКД и технологический процесс согласно ЕСТД.

Курсовой проект состоит из:

1. Пояснительной записки, которая содержит:

- описание устройства;
- анализ электрической принципиальной схемы;
- расчет базовых показателей технологичности;
- таблица соединений;
- описание процесса трассировки печатной платы;
- описание процесса сборки элементов на печатной плате.

2. Графического материала, а именно:

- схема электрическая принципиальная;
- перечень элементов;
- сборочный чертеж;
- трассировочный чертеж печатной платы;
- технологический процесс монтажа элементов на печатную плату.

## **2. РАЗРАБОТКА ПЕРЕЧНЯ ЭЛЕМЕНТОВ**

Правила выполнения принципиальных электрических схем установлены ГОСТ 2.702-75. Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений (УГО), установочных в стандартах ЕСКД.

Каждому элементу на схеме присваивается буквенно-цифровое позиционное обозначение (ПО) согласно ГОСТ 2.710-81.

Порядковые номера элементам с одинаковыми буквенными ПО присваиваются согласно расположению элементов на схеме сверху вниз и в направлении слева направо.

После присвоения элементам ПО составляется перечень элементов (ПЭ) согласно ГОСТ 2.702-75, содержащий основные сведения об элементах.

Элементы в ПЭ записывают группами в алфавитном порядке латинских буквенных ПО, в пределах группы элементов с одинаковыми буквенными ПО – в порядке возрастания порядковых номеров. Допускается оставлять в ПЭ незаполненные строки – для внесения исправлений. Одинаковые

элементы можно записывать в одну строку ПЭ, если они имеют последовательные порядковые номера (например, R3...R8).

При записи элементов, имеющих одинаковое наименование, рекомендуется записывать это наименование в виде общего заголовка один раз на каждом листе перечня. В заголовок можно вынести обозначение документов, на основании которых эти элементы применены. Заголовок подчёркивается

Связь между условными графическими обозначениями и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения.

Перечень помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа на листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов по форме 2 или 2а ГОСТ 2.104-68. Перечень элементов оформляют в виде таблицы и заполняют сверху вниз.

Поз. обозначение	Наименование	Кол	Примечание

Рис.2.1 Перечень элементов

В графах перечня указывают следующие данные:

– в графе «Поз. обозначение» - позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;

– в графе «Наименование» - наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого он применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, технические условия); для функциональной группы - наименование;

- в графе «Кол.» - количество одинаковых элементов;
- в графе «Примечание» - технические данные элемента (устройства) не содержащиеся в его наименовании.

При размещении перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Если перечень элементов выпускают в виде самостоятельного документа, то ему присваивают код, который должен состоять из буквы «П» и кода схемы, например, ПЭЗ – код перечня элементов к электрической принципиальной схеме. При этом в основной надписи перечня под наименованием изделия, для которого составлен перечень, делают запись «Перечень элементов» шрифтом на один-два размера меньшим того, каким записано наименование изделия, а в графе «Обозначение» основной надписи указывают код.

Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он выпущен.

Допускается вводить в перечень дополнительные графы, если они не дублируют сведений в основных графах.

Элементы записывают по группам (видам) в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, располагая по возрастанию порядковых номеров в пределах каждой группы, а при цифровых обозначениях - в порядке их возрастания. Между отдельными группами элементов или элементами в большой группе рекомендуется оставлять несколько незаполненных строк для внесения изменений.

**Пример 1.** Разработать перечень элементов для электрической принципиальной схемы на рис. 2.2.

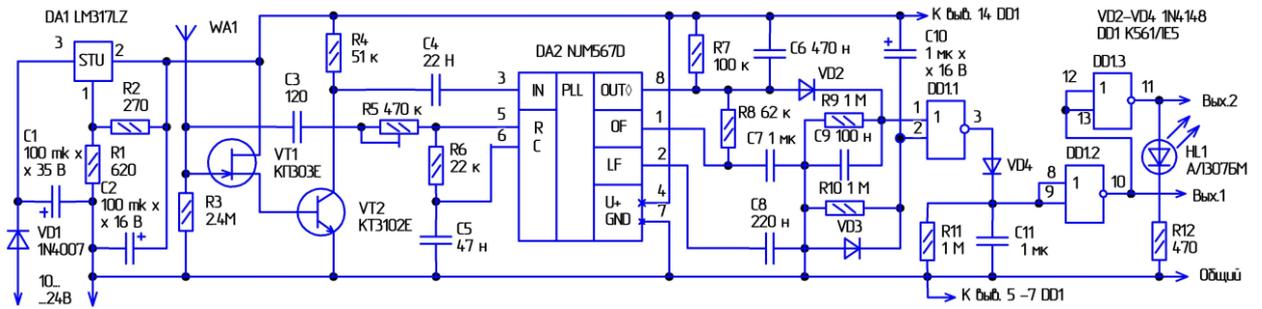


Рис.2.2. Схема ёмкостного датчика приближения

В табл. 2.1. представлен перечень элементов для схемы.



Умб.					
------	--	--	--	--	--

	Наименование					Кол.	Примечание
	<u>Резисторы</u>						
R1	0.125Вт 0805 620 Ом, 5%					1	
R2	0.125Вт 0805 270 Ом, 5%					1	
R3	МЛТ-0,125 2,4М					1	
R4	МЛТ-0,125 51к					1	
R5	СП3-19а					1	
R6	МЛТ-0,125 22к					1	
R7	МЛТ-0,125 100к					1	
R8	МЛТ-0,125 620к					1	
R9-R11	МЛТ-0,125 1М					3	
R12	МЛТ-0,125 470					1	
	<u>Диоды</u>						
VD1	1N4007					1	
VD2- VD4	1N4148					3	
	<u>Транзисторы</u>						
VT1	КП303Е					1	
VT2	КТ3102Е					1	
						КНИТУ 21401.2012.001 ПЭЗ	Лист
Изм	Лист		№ докум.	Подп.	Дата		2

### 3. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЯ

Обеспечение технологичности конструкции изделия – это взаимосвязанные решения конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Под технологичностью конструкции понимается совокупность ее свойств, обеспечивающая в заданных условиях производства и эксплуатации наименьшие затраты труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и ремонте изделия.

Технологичность бывает:

– комплексная, т. к. при обработке изделия на технологичность должна осуществляться связь между всеми этапами производства: заготовительным; механической обработкой; сборкой; контролем; настройкой.

– относительная, так как: различна для разных предприятий; зависит от типа производства; зависит от оборудования предприятия.

Технологичность делится на:

– производственную. Обеспечивает снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия, т.е. проявляется в сокращении времени и средств на: конструкторскую подготовку производства; технологическую подготовку производства; изготовление и сборку изделия.

– эксплуатационную. Обеспечивает снижение трудоемкости и стоимости работ по обслуживанию изделия при подготовке его к эксплуатации, профилактическому и техническому обслуживанию, ремонте.

Оценку технологичности можно производить:

– качественно. Оценка технологичности конструкции достигается опытом конструктора и технолога.

– количественно. Оценка технологичности производится с помощью системы показателей и применяется главным образом для сборочных единиц и специфицированных изделий.

Показатели технологичности по значимости могут быть основными и вспомогательными, по способу выражения абсолютными и относительными.

Обеспечение технологичности может быть осуществлено за счет следующих мероприятий:

Мероприятия для обеспечения технологичности:

– конструкторские: простота сборочной схемы; расчленение изделия на самостоятельные сборочные единицы; выбор простейших геометрических форм деталей; рациональный выбор материала; обоснованный выбор баз, унификация материалов и т.д.

– технологические: сокращение сроков подготовки производства; сокращение расходов материалов; применение рациональных методов контроля; обеспечение точности изготовления, сокращение номенклатуры специальной оснастки.

– эксплуатационные: обеспечение простоты обслуживания и ремонта; сокращение расхода запасных частей; обеспечение надежности и долговечности изделия.

### **Оценка технологичности изделия**

Количественная оценка технологичности осуществляется с помощью системы базовых показателей. По способу выражения характеризуемых признаков показатели технологичности могут быть абсолютные и относительные, а по количеству признаков – частные (характеризует одно из входящих в неё свойств) и комплексные (характеризует несколько входящих в него частных и комплексных свойств).

Рекомендуемый перечень показателей технологичности конструкции изделий приведён в ГОСТ 14.201-83.

## Показатель технологичности и их выбор

Оценку комплексных показателей технологичности конструкции осуществляют для:

- 1) опытного образца (опытной партии);
- 2) установочной серии;
- 3) серийного производства.

Рассматривают узлы и блоки, являющиеся сборочными единицами, а в отдельных случаях производят оценку технологичности изделия в целом. В зависимости от конструктивно-технологических особенностей сборочные единицы разбивают на группы:

1) электронные блоки (логические, аналоговые и индикаторные, блоки оперативной памяти, генераторы сигналов, приёмно-усилительные блоки и т.д.);

2) радиотехнические блоки (вторичные и стабилизированные источники питания, выпрямители и т.д.);

3) электромеханические и механические блоки (механизмы привода, отсчётные устройства, кодовые преобразователи, редукторы, волноводные блоки и т.д.);

4) коммутационно-распределительные блоки (коммутаторы, коробки распределительные, переключатели и т.д.).

Наиболее важными показателями технологичности конструкции изделий являются трудоёмкость изготовления и технологическая себестоимость. Для каждой группы изделий определён состав из семи базовых показателей. Их выбирают с учётом наибольшего влияния на технологичность конструкции блоков. Состав базовых показателей, их ранжированная последовательность зависит от вида группы. Коэффициент весовой значимости показателя определяется по формулам:

$$\varphi_i = \frac{i}{2^{i-1}},$$

где  $i$  – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Базовые показатели приведены в табл. 3.1-3.3

Таблица 3.1

Базовые показатели для электронных блоков

Формула для определения базового показателя	Коэффициент	Примечание
<b>1. Коэффициент использования микросхем и микросборок в блоке</b>		
$K_{и.мс.} = N_{мс} / N_{эрэ}$	$\varphi_1 = 1,000$	$N_{мс}$ – общее количество микросхем и микросборок в блоке (изделии), шт; $N_{эрэ}$ – общее количество ЭРЭ (микросхемы, микросборки, транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы), шт.
<b>2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий</b>		
$K_{а.м.} = N_{а. м.} / N_{м.}$	$\varphi_2 = 1,000$	$N_{а.м}$ – количество монтажных соединений, которые осуществляться механизированным и автоматизированным способом, $N_{м}$ – общее количество монтажных соединений, шт;
<b>3. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу</b>		
$K_{м.п.эрэ} = N_{м.п.эрэ} / N_{эрэ}$	$\varphi_3 = 0,750$	$N_{м.п.эрэ}$ - количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным и автоматизированным способом, шт. $N_{эрэ}$ – общее количество ЭРЭ, шт.
<b>4. Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров</b>		
$K_{м.к.н.} = N_{м.к.н.} / N_{к.н.}$	$\varphi_4 = 0,500$	$N_{м.к.н.}$ - количество операций контроля и настройки, которые можно осуществлять механизированным и автоматизированным способом, шт (в число таких операций включаются операции не требующие средств механизации); $N_{к.н.}$ - общее количество операций контроля и настройки, шт.

<b>5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ</b>		
$K_{п.ЭРЭ} = 1 - N_{т.ЭРЭ}/N_{ЭРЭ}$	$\varphi_5 = 0,310$	$N_{т.ЭРЭ}$ - общее количество типоразмеров ЭРЭ в блоке (изделий), шт. Под типоразмером ЭРЭ понимается габаритный размер без учета номинальных значений.
<b>6. Коэффициент применяемости ЭРЭ</b>		
$K_{пр.ЭРЭ} = 1 - N_{т.ор.ЭРЭ}/N_{ЭРЭ}$	$\varphi_6 = 0,187$	$N_{т.ор.ЭРЭ}$ - количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии (блоке), шт.
<b>7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей</b>		
$K_{ф} = D_{пр}/D$	$\varphi_7 = 0,110$	$D_{пр}$ - количество деталей, полученных прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, литьем под давлением и т.п.), шт; $D$ - общее количество деталей (без нормализованного крепежа) в блоке (изделии), шт.

Таблица 3.2

## Базовые показатели для радиотехнических блоков

Формула для определения базового показателя	Коэффициент весовой значимости	Примечание
<b>1. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу</b>		
$K_{м.п.ЭРЭ} = N_{м.п.ЭРЭ}/N_{ЭРЭ}$	$\varphi_1 = 1,000$	$N_{м.п.ЭРЭ}$ - число ЭРЭ, подготовка и монтаж которых осуществляется механизированным и автоматизированным способом, шт; $N_{ЭРЭ}$ - общее количество ЭРЭ, шт.
<b>2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа</b>		
$K_{а.м.} = N_{а.м.}/N_{м.}$	$\varphi_2 = 1,000$	$N_{а.м.}$ - число монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным и механизированным способом, шт; $N_{м.}$ - число монтажных соединений, шт.

<b>3. Коэффициент сложности сборки</b>		
$K_{с.сб} = 1 - E_{т.сл}/E_{т}$	$\varphi_3 = 0,750$	$E_{т.сл}$ - число типоразмеров узлов, требующих регулировки в составе изделия, пригонки или совместной обработки с последующей разборкой и сборкой, шт; $E_{т}$ - число типоразмеров узлов изделия, шт.
<b>4. Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров</b>		
$K_{м.к.н} = N_{м.к.н.}/N_{к.н}$	$\varphi_4 = 0,500$	$N_{м.к.н}$ - число операций контроля и настройки, выполняемых механизированным и автоматизированным способом, шт; $N_{к.н}$ - общее число операций контроля и настройки.
<b>5. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей</b>		
$K_{ф} = D_{пр}/D$	$\varphi_5 = 0,310$	$D_{пр}$ - число деталей, получаемых прогрессивными методами формообразования, шт; $D$ - общее число деталей (без нормализованного крепежа), шт.
<b>6. Коэффициент повторяемости ЭРЭ</b>		
$K_{п.ЭРЭ} = 1 - N_{т.ЭРЭ}/N_{ЭРЭ}$	$\varphi_6 = 0,187$	$N_{т.ЭРЭ}$ - число типоразмеров ЭРЭ, шт; $N_{ЭРЭ}$ - общее число ЭРЭ, шт. $N_{ЭРЭ}$ - общее количество ЭРЭ, шт.
<b>7. Коэффициент точности обработки</b>		
$K_{т.о.} = 1 - D_{т.о.}/D$	$\varphi_7 = 0,110$	$D_{т.о.}$ - число деталей, имеющих размеры с допусками по 7-му качеству точности и ниже. $D$ - общее число

Таблица 3.3

## Базовые показатели для электромеханических и механических блоков

Формула для определения базового показателя	Коэффициент весовой значимости	
<b>1. Коэффициент точности обработки</b>		
$K_{т.о} = 1 - D_{т.о}/D,$	$\varphi_1 = 1,000$	$D_{т.о}$ - число деталей, имеющих размеры с допусками по 7-му качеству точности и ниже. $D$ - общее число
<b>2. Коэффициент прогрессивности формообразования</b>		
$K_{ф} = D_{пр}/D$	$\varphi_2 = 1,000$	$D_{пр}$ - число деталей, получаемых прогрессивными методами формообразования, шт; $D$ - общее число деталей, шт.
<b>3. Коэффициент сложности обработки</b>		
$K_{с.о} = 1 - D_{н}/D$	$\varphi_3 = 0,750$	$D_{н}$ - число деталей ( заимствованных и стандартных), требующих обработки со снятием стружки, шт; $D$ - общее число деталей, шт.
<b>4. Коэффициент повторяемости деталей</b>		
$K_{пов} = 1 - (D_{т} + E_{т})/(D + E)$	$\varphi_4 = 0,500$	$D_{т}$ - число типоразмеров деталей в узле, шт; $E_{т}$ - число типоразмеров узлов в изделии, шт; $D$ - общее число деталей, шт; $E$ - общее число узлов в изделии, шт.
<b>5. Коэффициент сборности изделия</b>		
$K_{сб} = E/(E + D)$	$\varphi_5 = 0,310$	$E$ - число узлов в изделии, шт; $D$ - общее число деталей ( без нормализованного крепежа), шт.
<b>6. Коэффициент сложности сборки</b>		
$K_{с.сб} = 1 - E_{т.сл}/E_{т},$	$\varphi_6 = 0,187$	$E_{т.сл}$ - число типоразмеров узлов, входящих в изделие, требующих регулировки в составе изделия, пригонки или путем совместной обработки с последующей разборкой и сборкой, шт; $E_{т}$ - число типоразмеров узлов в изделии, шт.

7. Коэффициент использования материалов		
$K_{н.м} = M/M_m$	$\varphi_7 = 0,110$	$M$ - масса изделия без учета комплектующих; $M_m$ - масса материала, израсходованного на изготовление изделия.

Комплексный показатель технологичности изделия определяется на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i},$$

где  $K_i$  – расчетный базовый показатель соответствующего класса блоков (согласно ГОСТ 14.202-73);  $\varphi_i$  - коэффициент весовой значимости показателя;  $i$  – порядковый номер показателя в ранжированной последовательности.

Уровень технологичности разрабатываемого изделия оценивается относительно нормативного комплексного показателя  $K_n$ , согласно ГОСТ14.201-73 это отношение должно удовлетворять условию  $K/K_n \geq 1$ , где  $K_n$  выбирают из таблицы 3.4.

Таблица 3.4

## Нормативный комплексный показатель технологичности

Тип блоков	Опытный образец (партия)	Установочная серия	Серийное производство
Электронные	0,4 - 0,7	0,45 - 0,75	0,5 - 0,8
Радиотехнические	0,4 - 0,6	0,75 - 0,8	0,8 - 0,85
Электромеханические и механические	0,3 - 0,5	0,4 - 0,55	0,45 - 0,6

**Пример 2.** Для схемы на рис. 2.2 на основе перечня элементов в табл. 2.1 рассчитать показатели технологичности. Тип производства единичный.

**Решение.**

На основе перечня элементов заполняется табл. 3.5.

Таблица 3.5

Исходные данные для расчета

№ п/п	Показатель	Значение
1	$H_{мс}$	3
2	$H_{эрэ}$	33
3	$H_{а.м.}$	0
4	$H_{м}$	87
5	$H_{м.п.эрэ}$	0
6	$H_{м.к.н.}$	0
7	$H_{к.н.}$	0
8	$H_{т.эрэ}$	16
9	$H_{т.ор.эрэ}$	0
10	$D_{пр}$	0
11	$D$	0

### Расчет показателей

На основании табл. 3.5 произведен расчет показателей:

1. Коэффициент использования микросхем и микросборок в блоке

$$K_{ИМС} = \frac{H_{МС}}{H_{ЭРЭ}} = \frac{3}{33} = 0,09$$

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделий

$$K_{ам} = \frac{H_{ам}}{H_{м}} = \frac{0}{87} = 0,$$

3. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{м.п.эрэ} = \frac{H_{м.п.эрэ}}{H_{эрэ}} = \frac{0}{33} = 0.$$

4. Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{м.к.н.} = \frac{H_{м.к.н.}}{H_{к.н.}} = \frac{0}{0} = 1.$$

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ:

$$K_{н.ЭРЭ} = 1 - \frac{H_{т.ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}} = 1 - \frac{16}{33} = 0,52.$$

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ

$$K_{пр.ЭРЭ} = 1 - \frac{H_{т.пр.ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}} = 1 - \frac{0}{35} = 1.$$

6. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = 1 - \frac{D_{пр}}{D} = \frac{0}{0} = 1.$$

На основе базовых показателей определяется комплексный показатель технологичности изделия:

$$K = \frac{0,09 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0,75 + 1 \cdot 0,5 + 0,52 \cdot 0,31 + 1 \cdot 0,187 + 1 \cdot 0,11}{1 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31 + 0,187 + 0,11} = \frac{1,05}{3,8} = 0,28.$$

Оценим уровень технологичности разрабатываемого изделия. Для этого выберем нормативный комплексный показатель  $K_n$ .

Для опытной партии электронных блоков  $K_n = 0,4$

Согласно ГОСТ 14.201-73 отношение  $K$  и  $K_n$  должно удовлетворять условию:

$$\frac{K}{K_n} \geq 1.$$

В нашем случае это отношение будет равно

$$\frac{K}{K_n} = \frac{0,28}{0,4} = 0,7.$$

Как видно из полученного результата ( $0,7 < 1$ ) данное изделие не соответствует требованиям ГОСТа по технологичности. Это связано с тем, что тип производства единичный.

#### 4. ТАБЛИЦА СОЕДИНЕНИЙ

При большом количестве электрических соединений данные о проводах и кабелях, а также адреса их присоединения должны быть сведены в таблицу, именуемую «Таблицей соединений». В нее вносятся все соединения между ЭРЭ.

При заполнении таблицы соединений рекомендуется придерживаться следующего порядка:

а) если соединения должны выполняться отдельными проводами, то запись их в таблицу производят в последовательности возрастания номеров, присвоенных проводам или цепям;

б) если соединения должны выполняться жгутами проводов или жилами кабелей, то перед записью проводов каждого жгута или жил каждого кабеля

помещают заголовок, например: «Жгут 1» или «Жгут АБВГ. ХХХХХХ. 032», или «Кабель 3». Запись проводов жгута или жил кабеля производят в последовательности возрастания номеров, присвоенных проводам или цепям;

в) при применении форм таблиц соединений без отдельных граф для обозначения элемента и контакта адреса присоединения записывают дробью, в числителе которой указывают позиционное обозначение элемента, а в знаменателе — обозначение контакта.

**Пример 3.** Для схемы электрической принципиальной на рис. 2.2. разработать таблицу соединений.

**Решение.** Так как таблица соединений достаточно большая ниже приведена только ее часть для пяти элементов. Для остальных элементов она выполняется аналогично.

Таблица соединений

№	Элемент и вывод	Соединение	Примечания
1	C1		
	1	DA1(3), VD1(1)	
	2	R1(2), C2(1), R3(2), VT2(3), C5(2), DA2(7), C8(2), VD3(2), R10(1), C7(2), C9(1), R9(1), R11(2), C11(2), DD1(5, 6, 7), R12(2)	-10...24В
2	C2		
	1	R1(2), C1(2), R3(2), VT2(3), C5(2), DA2(7), C8(2), VD3(2), R10(1), C7(2), C9(1), R9(1), R11(2), C11(2), DD1(5, 6, 7), R12(2)	-10...24В
	2	R2(2), DA1(2), VT1(1), R4(1), DA2(4), R7(1), C6(1), C10(1), DD1(14)	
3	C3		
	1	WA1, VT1(3), R3(1)	
	2	R5(1, 2)	
4	C4		
	1	R4(2), VT2(2)	
	2	DA2(3)	
5	C5		
	1	R6(2), DA2(6)	
	2	R1(2), C2(1), R3(2), VT2(3), C1(2), DA2(7), C8(2), VD3(2), R10(1), C7(2), C9(1), R9(1), R11(2), C11(2), DD1(5, 6, 7), R12(2)	-10...24В

## 5. ТРАССИРОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Трассировка печатных плат — это пошаговый процесс прокладки проводников в одном из многочисленных САПР печатных плат. Существует три способа трассировки:

- Ручной. Человек самостоятельно с помощью определенных программных инструментов наносит рисунок проводников на чертеж платы.
- Автоматический. Программа самостоятельно прокладывает проводники используя ограничения, наложенные разработчиком. Разработчик контролирует результат. При необходимости корректирует

исходные параметры задачи и повторяет трассировку. Корректировка включает изменение расположения компонентов, предварительную отрисовку цепей вручную и т.п. На данный момент все современные системы проектирования имеют сложные и эффективные системы автоматической трассировки.

– Интерактивный. Человек указывает роботу последовательность действий в сложных участках трассировки, контролируя пошагово результат, а автоматика делает черновую работу по отрисовке цепи и контролю правил трассировки. Интерактивная трассировка печатных плат может использоваться как для полностью ручной трассировки, так и для доработок печатной платы после автоматической трассировки.

Трассировка соединений является, как правило, заключительным этапом конструкторского проектирования РЭА и состоит в определении линий, соединяющих эквипотенциальные контакты элементов, и компонентов, составляющих проектируемое устройство.

Задача трассировки — одна из наиболее трудоемких в общей проблеме автоматизации проектирования РЭА. Это связано с несколькими факторами, в частности с многообразием способов конструктивно-технологической реализации соединений, для каждого из которых при алгоритмическом решении задачи применяются специфические критерии оптимизации и ограничения. С математической точки зрения трассировка — наисложнейшая задача выбора из огромного числа вариантов оптимального решения.

Одновременная оптимизация всех соединений при трассировке за счет перебора всех вариантов в настоящее время невозможна. Поэтому разрабатываются в основном локально оптимальные методы трассировки, когда трасса оптимальна лишь на данном шаге при наличии ранее проведенных соединений.

Основная задача трассировки формулируется следующим образом: по заданной схеме соединений проложить необходимые проводники на плоскости (плате, кристалле и т. д.), чтобы реализовать заданные технические соединения с учетом заранее заданных ограничений. Основными являются ограничения на ширину проводников и минимальные расстояния между ними.

Исходной информацией для решения задачи трассировки соединений обычно являются список цепей, параметры конструкции элементов и коммутационного поля, а также данные по размещению элементов. Критериями трассировки могут быть процент реализованных соединений, суммарная длина проводников, число пересечений проводников, число монтажных слоев, число межслойных переходов, равномерность распределения проводников, минимальная область трассировки и т. д. Часто эти критерии являются взаимоисключающими, поэтому оценка качества трассировки ведется по доминирующему критерию при выполнении ограничений по другим критериям либо применяют аддитивную или мультипликативную форму оценочной функции.

Наиболее распространенной программой для трассировки печатных плат является DipTrace.

САПР DipTrace – это современная система сквозного проектирования, которая включает в себя:

- Редактор плат PCB Layout - проектирование плат с помощью мощного автотрассировщика, удобной ручной трассировки и системы позиционирования компонентов;

- Редактор схем Schematic - проектирование схем с поддержкой иерархии и неограниченного количества листов. Экспорт в редактор плат, список сетей (netlist) или симулятор;

– Редакторы корпусов ComEdit - редактор корпусов, создание корпусов элементов на основе шаблонов или свободное, и объединение их в библиотеки корпусов для РСВ;

– Редакторы компонентов SchemEdit - редактор компонентов, создание символов, привязка их к корпусам и объединение в библиотеки компонентов для Schematic и РСВ.

### **Особенности оформления трассировочных чертежей**

Чертежи должны содержать основные проекции с печатными проводниками и отверстиями. Допускается дополнительная проекция платы без проводников, на которой могут быть проставлены размеры для механической обработки платы, маркировки и т.д.

Чертежи печатной платы необходимо выполнять в масштабе 2:1 или 4:1.

На чертеж печатной платы необходимо наносить координатную сетку линиями толщиной 0,2-0,5 мм в соответствии с выбранным шагом и масштабом.

Линии координатной сетки относительно нулевой нумеруют через один или несколько шагов (но не более пяти) цифрами. За нуль отсчета рекомендуется брать нижний левый угол главной проекции платы.

Круглые контактные площадки выполняют окружностью. Для простановки размеров контактных площадок под многовыводные элементы контактную группу в увеличенном масштабе выносят на поле чертежа.

Размер отверстия на чертеже печатной платы обозначают условно.

Проводники, имеющие заданную ширину, допускается выполнить штриховкой, зачернением и т.п. линиями.

Маркировку располагают на чертеже с одной или двух сторон. Технические требования располагаются на поле чертежа печатной платы в соответствии с ГОСТ 2.316-68 и ГОСТ 2.417-78.

Технические требования группируются и записываются в следующей последовательности:

1. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79, группа жесткости I.
2. Класс точности I по ГОСТ 23751-86.
3. Шаг координатной сетки 2,5 мм.
4. Параметры элементов рисунка печатной платы (см. образец табл.).
5. Маркировать ... (указать вид маркировки, если ее исполнение отлично от исполнения проводящего рисунка), шрифт ... (указать номер шрифта).

Параметры элементов рисунка группируют в виде таблицы и помещают на свободном поле чертежа в соответствии с ГОСТ 2.316-68.

Образец таблицы

Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия Мм	Минимальный диаметр контактной площадки, мм	Наличие металлизации в отверстии	Количество отверстий
0	1,00	1,40	Имеется	26
0	1,60	1,80	Имеется	18

## 6. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Сборочный чертеж должен обладать полной информацией по сборке радиоэлементов на плате, формовке выводов элементов перед установкой их на плату, вариантам установки тех или иных элементов согласно действующим нормативным документам, покрытию платы лаком или компаундом после монтажа (если это необходимо), применяемым припоям и паяльным пастам и т.п. Также в технических требованиях на поле чертежа конструктор вправе отметить любые дополнительные требования, которые он считает нужными. Словом, сборочный чертеж печатной платы должен

давать монтажнику или автомату для установки элементов полную информацию о сборке элементов на печатной плате.

### **Особенности оформления сборочного чертежа**

На сборочном чертеже функционального узла изображается печатная плата с установленными на ней навесными элементами, установочными и вспомогательными деталями (выводами, скобками, маркировочными бирками и т.д.). Как правило, необходимо показывать функциональный узел в двух проекциях.

На всех навесных элементах функционального узла, показанных на сборочном чертеже, должны быть указаны позиционные обозначения элементов согласно принципиальной электрической схеме. Эти обозначения (R1; R2; C1 ..... C4 и т.д.) проставляются на изображениях элементов основной проекции и записываются в графе “Примечания” спецификации. Если некоторые элементы схемы с несколькими выводами не имеют обозначений выводов, то на чертеже допускается условная нумерация этих выводов. На реальных элементах позиционные обозначения, как правило, не выполняются и на поле сборочного чертежа оговаривается: “Маркировка ЭРЭ дана для справок и воспроизведению документов не подлежит”. На сборочном чертеже разрешается не показывать печатные проводники. В этом случае на поле чертежа в технических требованиях делают запись: “Печатные проводники условно не показаны”. При наличии в конструкции навесных монтажных проводников (объемные перемычки) они должны быть показаны и записаны в спецификацию в определенном порядке.

В технических требованиях сборочного чертежа должны быть оговорены:

- справочные размеры (1\*. Размеры для справок);
- требования к монтажу (2. Радиоэлементы устанавливаются по ОСТ 4ГО 010.030-81, вариант ...);

- марка припоя и его ГОСТ (3. Паять припоем ПОС-61 ГОСТ 31931-76);
- специальные требования к монтажу отдельных элементов (4. Клеить к плате транзисторы Т1, Т2 клеем БФ-4 ГОСТ 12172-76);
- указания по нанесению маркировки (5. Маркировку производить методом декалькомании или: 5. Маркировка ЭРЭ дана для справок и воспроизведению на элементах не подлежит);
- способ защиты от влаги и других дестабилизирующих факторов (6. После сборки и настройки покрыть лаком Э34100 в два слоя, защитив выводы поз.2,4)

## **7. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И МОНТАЖА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

### **Входной контроль комплектующих элементов**

Входной контроль комплектующих элементов – это ТП проверки поступающих на предприятия потребитель ЭРЭ по параметрам, определяющим их работоспособность перед использованием этих элементов в производстве.

Затраты на проведение входного контроля значительно меньше затрат, связанных с испытанием и ремонтом собранных плат, блоков и аппаратуры в целом. Относительные затраты по замене бракованного элемента приведены в таблице 7.1.

Относительные затраты по замене бракованного элемента

Аппаратура	Место замены			
	На входном контроле	После монтажа ПП	При испытании аппаратуры	При эксплуатации
Бытовая	1	2,5	2,5	25
Промышленная	1..2	10...12	25	100
Специальная	2..7	25...40	60...150	500...10000

Технологический маршрут входного контроля составляется на основании следующих видов испытаний:

- проверка внешнего вида;
- выборочный контроль габаритных, установочных и присоединительных размеров;
- проверка технологических свойств (паяемости, свариваемости);
- проведение электротренировки при повышенной рабочей температуре среды;
- проверка статических электрических параметров при нормальных климатических условиях, повышенной и пониженной рабочей температуре среды;
- проверка динамических параметров при нормальных климатических условиях;
- функциональный контроль при нормальных климатических условиях и повышенной рабочей температуре среды.

Входной контроль комплектующих ЭРЭ может быть как 100%, так и выборочным. Объем выборки определяется по уравнению:

$$n = t_p \cdot \sigma \cdot 2 / \varepsilon,$$

где  $t_p$  – принятый уровень вероятности годности;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение при заданном законе распределения;  $\varepsilon$  – заданная точность расчетов.

Графоаналитический анализ уравнений показывает, что при высоком гарантированном качестве ЭРЭ нет необходимости вводить специальный контроль, а при низком – наиболее эффективным является 100% контроль.

### **Подготовка комплектующих ЭРЭ к монтажу**

Печатные платы и ЭРЭ поступают на сборку подготовленными с удостоверенным уровнем качества. Подготовка ЭРЭ включает:

- распаковку,
- рихтовку,
- зачистку,
- формовку,
- обрезку,
- лужение выводов,
- размещение в технологической таре в количестве достаточном для

выполнения производственного задания.

Для проведения подготовительных операций изделий массового применения (резисторов, конденсаторов, транзисторов, ИМС со штыревыми и планарными выводами) разработано отечественными и зарубежными фирмами многочисленное технологическое оборудование и оснастка. Выбор конкретного типа определяется условиями производства, производительностью и стоимостью. В мелкосерийном производстве подготовка осуществляется пооперационно с ручной подачей компонентов, при массовом производстве – на установках комплексной подготовки, объединяющих две и более операций с автоматической подачей элементов в зону обработки.

Рихтовка (выпрямление), формовка и обрезка актиальных и радиальных выводов, выводов транзисторов осуществляется на групповой

технологической оснастке, представляющей собой штамп (формирующий, отрезной) с пневматическим приводом и набором сменных элементов. Производительность определяется механизмом подачи элементов: при ручной подаче 1500...3000 эл/час, при помощи вибробункера – 5...10 тыс. эл/час, с ленты до 20 тыс. эл/час.

### **Сборка компонентов на печатной плате**

Сборка компонентов на ПП состоит из подачи к месту установки, ориентации выводов относительно монтажных отверстий или контактных площадок, сопряжения со сборочными элементами и фиксация в требуемом положении. Сборка в зависимости от характера производства может выполняться вручную, механизированным или автоматизированными способами (рис.17.1).

Применение ручной сборки экономически выгодно при производстве не более 16 тысяч ПП в год партиями по 100 штук. На каждой плате должно быть расположено не более 100 элементов в том числе 20 ИМС. Существенным достоинством ручной сборки является возможность постоянного визуального контроля, что позволяет использовать относительно большие допуски на размеры выводов, контактных площадок и контактных отверстий, делает возможным обнаружение дефектов ПП и компонентов. При объеме выпуска, требующим установки на плате 0,5...5 млн. эл/год и плотности каждой до 500 элементов, применяют оборудование с пантографами, оснащенное механизированными укладочными головками. Если число устанавливаемых компонентов составляет от 5,0 до 50 млн. эл/год, то целесообразно использовать автоматизированное оборудование.

На ручную сборку компоненты целесообразно подавать подготовленными с обслуженными, формованными и обрезанными выводами, уложенными по номиналам в технологические кассеты или магазины. Основная задача сборщика состоит в оперативной и правильной установке требуемого элемента на место, обусловленное конструкцией ПП.

Чтобы уменьшить число ошибок при сборке, на ПП со стороны установки компонентов наносятся их номер и направление установки или используется эталонная собранная ПП. Кассеты и магазины элементов имеют аналогичные обозначения и располагаются вокруг места сборщика на удобном для него расстоянии.

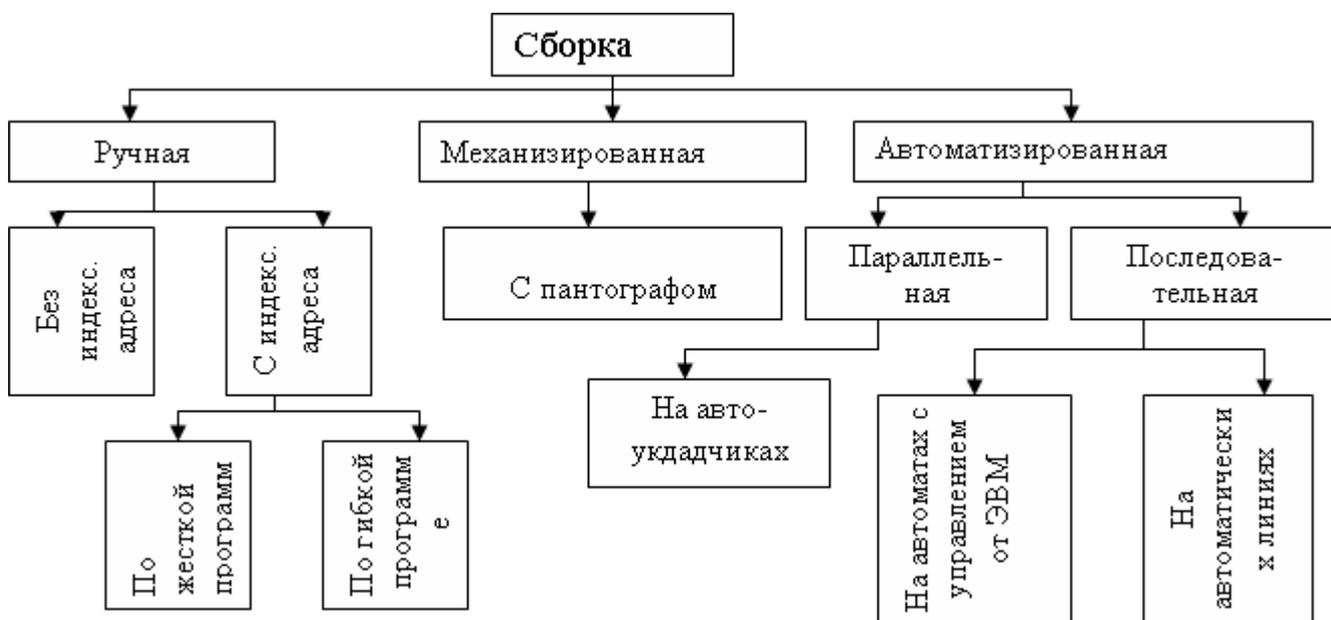


Рис. 7.1

После сопряжения компонентов с поверхностью ПП их положение может фиксироваться: подгибкой выводов пассивных элементов; двумя диагонально расположенными выводами ИМС со штыревыми выводами; приклеиванием к плате флюсом, клеем, липкой лентой или путем установки в специальные держатели, расположенные на плате.

Механизированная установка с пантографом состоит из монтажного стола с двухкоординатным перемещением, на котором укрепляется держатель одной или нескольких ПП, магазина компонентов и устройства позиционирования стола. Компоненты с аксиальными и радиальными выводами поступают на сборку вклеенными в ленту в заданной последовательности, а призматические компоненты подаются в зону установки из вертикально расположенных магазинов (до 6000 компонентов в смену).

ПП по базовым штифтам устанавливается на держатель и закрепляется зажимным элементом. Ее позиционирование производится вручную при помощи пантографа, состоящего из копирного щупа и системы рычагов, передающих движение от щупа к присоединенному монтажному столу. Копирный щуп пантографа вводится в соответствующие отверстия шаблона, определяя положение монтажного стола относительно установочной головки. В качестве шаблона используется ПП с рассверленными отверстиями. После позиционирования установочная головка захватывает элементы, выполняет ряд операций по формовке выводов и устанавливает его на ПП.

Производительность сборочных установок с пантографом достигает 2..2,5 тыс. эл/час.

В автоматических станках позиционирование сборочного стола осуществляется с высокой скоростью и точностью ( $\pm 0,025$  мм) при помощи безинерционных шаговых двигателей, управляемых от ЭВМ. Одновременно автоматизируется весь комплекс работ по установке и фиксации компонентов на плате, включая контроль.

Возможность гибкого управления сборочным оборудованием высокая производительность (18...24т. эл/час) позволяет использовать их как в условиях серийного, так и крупносерийного производства. Однако стоимость такого оборудования в 5...7 раз выше стоимости станков с пантографами, повышаются требования к жесткости конструкции станка и точности выполнения рисунка ПП.

Сборочные машины для компонентов с планарными выводами снабжаются контактирующими устройствами, которые выполняют монтажные операции сразу после сопряжения элементов. Наибольшее распространение, для этих целей получил способ пайки оплавлением U-образным электродом. В качестве материала электрода используется

вольфрам или молибден, не смачиваемые припоем, из которых изготавливают индивидуальную или групповую оснастку.

Автоматические сборочные линии состоят из отдельных сборочных агрегатов, устройств подачи ПП, транспортной системы и накопителя готовых изделий, объединенных центральным управлением от линии ЭВМ.

## 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА СБОРКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Технологическая карта сборки содержит последовательность переходов технологических режимов, данные о средствах технологического оснащения.

Карта эскизов заполняется по ГОСТ 1407–74 форма 1а.

В состав технологической карты входят эскизы подготовки и размещения ЭРЭ. Эскизы выполняются по ГОСТ 1105–74 форма 5.

**Пример 4.** Для электрической принципиальной схемы на рис. 8.1. разработать технологический процесс сборки элементов на печатной плате.

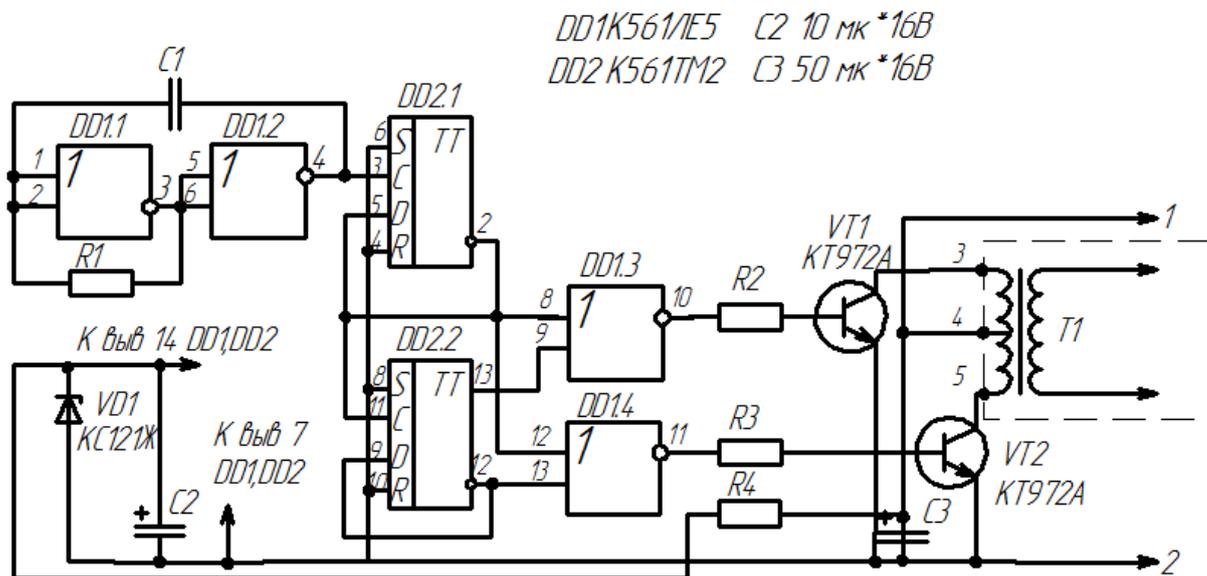


Рис. 8.1. Узел питания драйверов

Ниже представлен технологический процесс сборки элементов на печатной плате.

Инд. № под.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	ГОСТ 1407-74										
				№ операций							Лист 1		Листов 5		
№ перехода	Содержание перехода				Технологический режим			Приспособление (код, наименован.)		Инструмент (код, наименование)		T <sub>0</sub>			
1	<b>Список расходных материалов:</b>														
1.1	Припой ПОС-61 ГОСТ 21930-76														
1.2	Флюс ФКТ														
1.3	Спирто-бензиновая смесь (1:1)														
1.4	Ветошь														
1.5	Лак УР-231 УХЛ 4-9/13 ТУ 6-21-14-90														
	<b>Список оборудования и инструментов:</b>														
1.6	Приспособление 1				Формовка микросхем										
1.7	Приспособление 2				Формовка электролитических конденсаторов										
1.8	Приспособление 3				Формовка резисторов										
1.9	Приспособление 4				Формовка диодов										
1.10	Приспособление 5				Формовка транзисторов										
1.11	Пинцет														
1.12	Кисть				Для промывки ПП										
1.13	Кисть				Для нанесения флюса										
1.14	Лупа 2,5 к														
1.15	Пульверизатор														
1.16	Ванна с флюсом														
1.17	Ванна с припоем														
1.18	Паяльник														
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	Подпись	№ докум.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Инд. № под.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	ГОСТ 1407-74						Лист 2			Листов 5																																				
				№ операций																																														
№ перехода	Содержание перехода				Технологический режим			Приспособление (код, наименование)			Инструмент (код, наименование)			T <sub>0</sub>																																				
2	<b>Подготовительная операция</b>																																																	
2.1	Извлечь микросхемы DD1-DD2 из технологической тары										Пинцет																																							
2.2	Контроль на отсутствие внешних дефектов																																																	
2.3	Формовать выводы микросхем DD1-DD2 согласно Эскизу 1 Позиция 1							Приспособление 1																																										
2.4	Извлечь конденсаторы С1 из технологической тары										Пинцет																																							
2.5	Контроль на отсутствие внешних дефектов																																																	
2.6	Формовать выводы конденсаторов С1 согласно Эскизу 1 Позиция 2							Приспособление 2																																										
2.7	Извлечь конденсаторы С2, С3 из технологической тары										Пинцет																																							
2.8	Контроль на отсутствие внешних дефектов																																																	
2.9	Формовать выводы конденсаторов С2, С3 согласно Эскизу 1 Позиция 3							Приспособление 3																																										
2.10	Извлечь резисторы R1-R4 из технологической тары										Пинцет																																							
2.11	Контроль на отсутствие внешних дефектов																																																	
2.12	Формовать выводы резисторов R1-R4 согласно Эскизу 2 Позиция 1							Приспособление 4																																										
2.13	Извлечь диод VD1 из технологической тары										Пинцет																																							
2.14	Контроль на отсутствие внешних дефектов																																																	
2.15	Формовать выводы диода VD1 согласно Эскизу 2 Позиция 2							Приспособление 5																																										
2.16	Извлечь транзисторы VT1, VT2 из технологической тары										Пинцет																																							
2.17	Контроль на отсутствие внешних дефектов																																																	
2.18	Формовать транзисторы VT1, VT2 согласно Эскизу 2 Позиция 3							Приспособление 6																																										
2.19	Флюсовать выводы микросхем DD1-DD2 методом окунания. Флюс ФКТ				T=20°C			Ванна с флюсом			Пинцет																																							
2.20	Лудить выводы микросхем DD1-DD2. Припой ПОС-61				Tприпоя=250°C			Ванна с припоем			Пинцет			2-3с																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:10%;"></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>Подпись</td> <td>№ докум.</td> <td>Дата</td> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																																		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	Подпись	№ докум.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	Подпись	№ докум.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата																																				

Инд. № под.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подпись и дата		ГОСТ 1407-74									
				№ операций						Лист 3		Листов 5							
№ перехода	Содержание перехода					Технологический режим		Приспособление (код, наименование)		Инструмент (код, наименование)		T <sub>0</sub>							
2.21	Флюсовать выводы конденсатора С1 методом окунания. Флюс ФКТ					T=20°C		Ванна с флюсом		Пинцет									
2.22	Лудить выводы конденсатора С1. Припой ПОС-61					Tприпоя=250°C		Ванна с припоем		Пинцет		2-3с							
2.23	Флюсовать выводы конденсаторов С2, С3 методом окунания. Флюс ФКТ					T=20°C		Ванна с флюсом		Пинцет									
2.24	Лудить выводы конденсаторов С2, С3. Припой ПОС-61					Tприпоя=250°C		Ванна с припоем		Пинцет		2-3с							
2.25	Флюсовать выводы резисторов R1, R4 методом окунания. Флюс ФКТ					T=20°C		Ванна с флюсом		Пинцет									
2.26	Лудить выводы резисторов R1, R4. Припой ПОС-61					Tприпоя=250°C		Ванна с припоем		Пинцет		2-3с							
2.27	Флюсовать выводы диода VD1 методом окунания. Флюс ФКТ					T=20°C		Ванна с флюсом		Пинцет									
2.28	Лудить выводы диода VD1. Припой ПОС-61					Tприпоя=250°C		Ванна с припоем		Пинцет		2-3с							
2.29	Флюсовать выводы транзисторов VT1, VT2 методом окунания. Флюс ФКТ					T=20°C		Ванна с флюсом		Пинцет									
2.30	Лудить выводы транзисторов VT1, VT2. Припой ПОС-61					Tприпоя=250°C		Ванна с расплавленным припоем		Пинцет		2-3с							
3	<b>Монтажная операция</b>																		
3.1	Извлечь плату из технологической тары и установить на рабочем столе																		
3.2	Контроль на отсутствие внешних дефектов																		
3.3	Промыть ПП спирт-бензиновой смесью (1:1)					T=20°C				3 ванны с раствором, кисть, ветошь		3x1,5 мин.							
3.4	Сушить ПП					T=85°C		Сушильный шкаф				5 мин.							
3.5	Визуальный контроль на отсутствие внешних дефектов																		
3.6	Установить ПП на технологическую подставку																		
Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата		Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата	



Инд. № под.		Подпись и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подпись и дата		ГОСТ 1407-74						
				№ операций						Лист 5		Листов 5				
№ перехода	да	Содержание перехода				Технологический режим		Приспособление (код, наименование)		Инструмент (код, наименование)		T <sub>0</sub>				
3.22		Установить микросхемы DD1-DD2 на плату согласно маркировке, соблюдая ориентацию, согласно эскизу 3 позиция 1 и фиксировать подгибкой диагональных выводов								Пинцет						
3.23		Флюсовать выводы микросхем DD1-DD2 флюс ФКТ				T=20°C				Кисть						
3.24		Паять выводы микросхем DD1-DD2 припоем ПОС-61				T=250°C				Паяльник		<2с				
3.25		Проконтролировать отсутствие дефектов (визуально)														
3.26		Промыть плату в спирт-бензиновом растворе (1:1) в трех ваннах последовательно				T=20°C				3 ванны с раствором, кисть		3x1,5 мин.				
3.27		Сушить ПП				T=85°C		Сушильный шкаф				5 мин.				
3.28		Контроль на отсутствие внешних дефектов														
3.29		Нанести защитное покрытие														
3.30		Покрыть ПП лаком УР-231								Пульверизатор						
3.31		Сушить ПП				T=85°C		Сушильный шкаф				1,5 часа				
3.32		Покрыть ПП вторым слоем лака УР-231								Пульверизатор						
3.33		Сушить ПП				T=85°C		Сушильный шкаф				3 часа				
3.34		Удаление защитного покрытия														
3.35		Промыть плату в спирт-бензиновом растворе (1:1)				T=20°C				Ванна с раствором, кисть						
3.36		Сушить ПП				T=85°C		Сушильный шкаф				5 мин.				
3.37		Контроль на отсутствие внешних дефектов														
3.38		Упаковка ПП в технологическую тару														
		Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## Литература

1. Технология деталей радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие для вузов. /Под ред. С.Е. Ушаковой. – М.: Радио и связь, 1996.
2. Валетов, В.А. Технология приборостроения. Учебное пособие / В.А. Валетов, Ю. П. Кузьмин, А.А. Орлова, С.Д. Третьяков. СПб: Университет ИТМО, 2008 – 336 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/40745#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/40745#book_name).
3. Билибин, К.И. Проектирование технологических процессов в производстве электронной аппаратуры: Учеб. Пособие / К. И. Билибин, В. А. Соловьев. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 76 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/61998#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/61998#book_name)
4. Мылов Г.В. Печатные платы: выбор базовых материалов. М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 172 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/90138#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/90138#book_name)
5. ГОСТ 14.201-83. Единая система технологической подготовки производства. Обеспечение технологичности конструкции изделия изделий. Общие требования.
6. ГОСТ 2.417-91. Единая система конструктивной документации. Правила выполнения чертежей печатных плат. М.: Изд-во стандартов, 1978. ГОСТ 10317-79. Платы печатные. Основные размеры.
7. ГОСТ 14.201-73. Единая система технологической подготовки производства. Обеспечение технологичности конструкции изделия изделий. Общие требования
8. ГОСТ 2.701 –2008. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
9. ГОСТ 2.113-75 Единая система конструкторской документации. Групповые и базовые конструкторские документы.