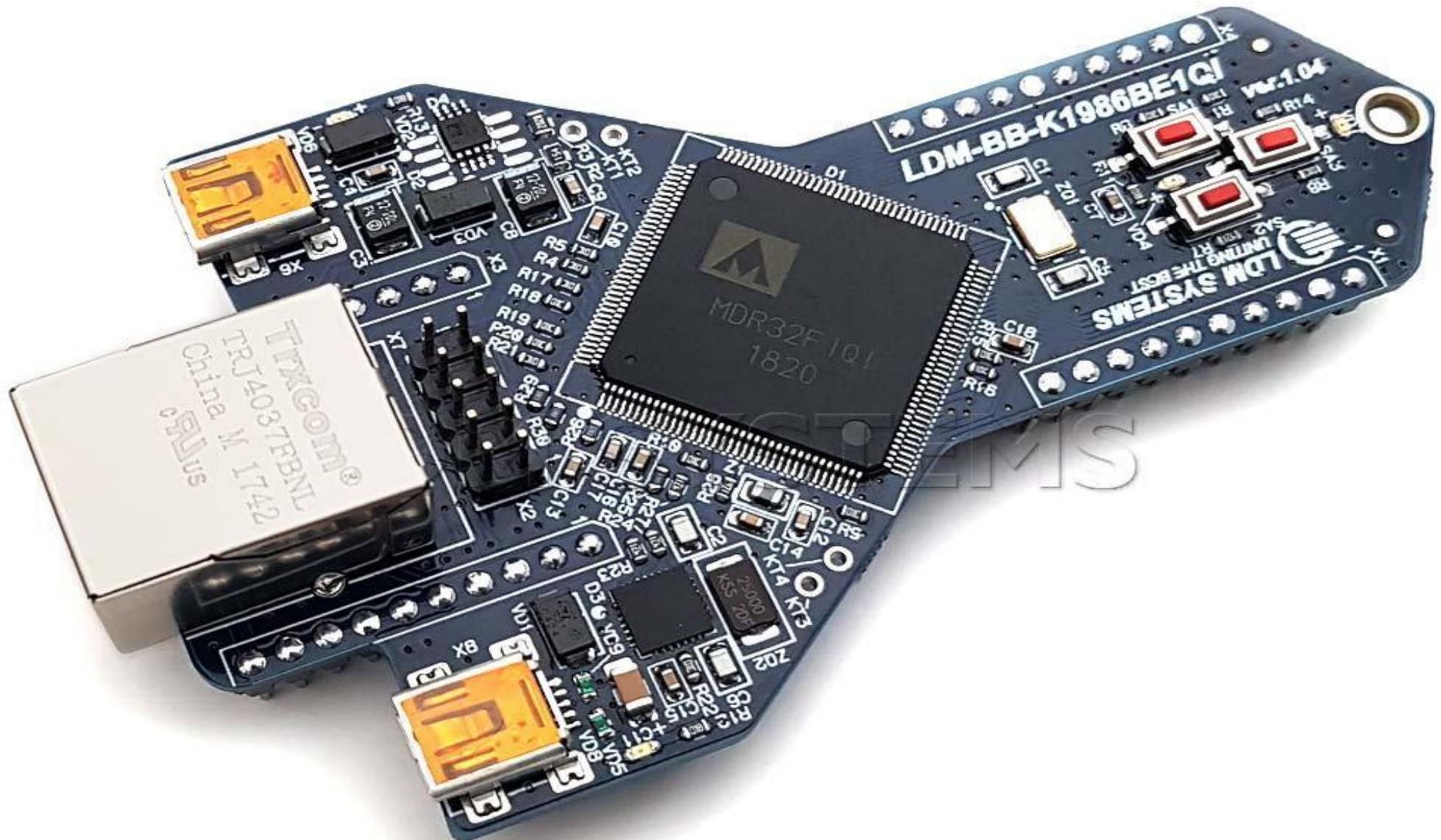


Проектирование печатных плат



Рекомендуемая литература (для практических занятий)

1. Леухин, В. Н. Основы конструирования и технологии производства РЭС: учебное пособие по курсовому проектированию. - Йошкар-Ола: ПГТУ. - 2017.- 76 с.
2. IPC-2221A Общий стандарт на проектирование печатных плат. – 140 с.
3. Рекомендации по конструированию печатных узлов. – М.: ЗАО Предприятие ОСТЕК, 2008. – 276 с.
4. Леухин В.Н. Радиоэлектронные узлы с монтажом на поверхность: конструирование и технология: Учебное пособие. – Йошкар- Ола: МарГТУ, 2006. – 248 с.
4. Леухин В.Н. Компоненты для монтажа на поверхность: Справочное пособие. -Йошкар-Ола: МарГТУ. - 2006.-300 с.
5. Леухин В.Н. Проектирование радиоэлектронных узлов. - Йошкар-Ола: «Периодика Марий Эл». - 2003.-160 с.

Дополнительно:

6. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М.: Техносфера, 2005.- 304 с.
7. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. – М.: Техносфера, 2007. – 256 с.
8. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник . – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
9. Грачев А.А., Мельник А.А., Панов Л.И. Конструирование электронной аппаратуры на основе поверхностного монтажа компонентов. М.: НТ Пресс, 2006. – 384 с.
10. Журнал «Печатный монтаж»
11. Печатные платы: справочник /Под ред. К.Ф. Кумбза. В 2-х книгах. – М.: Техносфера, 2011. – 2032 с.

Электронные ресурсы:

1. Технология монтажа на поверхность (Технология МП 2011)
2. База данных по КМП (БД по компонентам.exl)
3. Классификатор ЕСКД
4. Варианты установки электрорадиоэлементов на печатные платы (Горобец, Справочник по проектированию)
5. Рекомендации по проектированию печатных узлов. – М.: ОСТЕК, 2008
6. Электронный справочник «6 в 1» (или «7 в 1»)
7. Программные продукты:
 - Sprint LayOut – программа для рисования печатных плат

Практическая работа по дисциплине «Основы конструирования»

Основными решаемыми задачами является выбор элементной базы (преимущественно для монтажа на поверхность), разработка печатной платы с использованием программ SprintLayOut или DipTrase, разработка технологии сборки печатного узла с подготовкой соответствующих конструкторских и технологических документов, отвечающих требованиям ЕСКД и ЕСТД, выполнение необходимых конструкторских и технологических расчетов.

В качестве задания на расчетно-графическую работу выдается заготовка схемы электрической принципиальной, содержащая 15-20 схемных элементов (микросхем, полупроводниковых приборов, пассивных компонентов) и данные об условиях эксплуатации и программе выпуска изделия.

Основные этапы работ по проектированию радиоэлектронных узлов на печатных платах

- 1) анализ технического задания на проектирование;**
 - 2) анализ схемы электрической принципиальной;**
 - 3) выбор элементной базы;**
 - 4) выбор конструктивно-технологического варианта узла;**
 - 5) выбор типа печатной платы и класса точности печатной платы;**
 - 6) выбор элементов внешних электрических соединений;**
 - 7) выбор варианта установки компонентов, монтируемых в отверстия;**
 - 8) выбор метода изготовления печатной платы;**
 - 9) выбор способа пайки;**
 - 10) выбор материала печатной платы;**
 - 11) определение размеров посадочных мест КМП и КМО;**
 - 12) определение размеров печатной платы;**
-

Основные этапы работ по проектированию радиоэлектронных узлов на печатных платах

- 13) компоновка элементов на печатной плате;**
 - 14) трассировка печатной платы;**
 - 15) выбор диаметров монтажных отверстий, диаметра крепежных отверстий, диаметра контактных площадок;**
 - 16) выбор покрытий**
 - 17) проведение конструкторских расчетов печатного узла (на вибропрочность, помехоустойчивость и т. д.);**
 - 18) корректировка компоновки и топологии по результатам расчетов;**
 - 19) оформление комплекта конструкторской документации;**
-

Основные этапы работ по проектированию радиоэлектронных узлов на печатных платах

- 20) анализ конструкторской документации с технологической точки зрения с учетом объема производства и технологических возможностей предприятия;**
- 21) выбор типового технологического процесса изготовления печатного узла;**
- 22) расчет такта выпуска изделий и необходимой производительности оборудования;**
- 23) выбор конкретных видов оборудования, технологических материалов и оснастки;**
- 24) разработка маршрутных и операционных карт изготовления узла;**
- 25) расчет необходимых параметров технологического процесса;**
- 26) оформление комплекта технологической документации.**

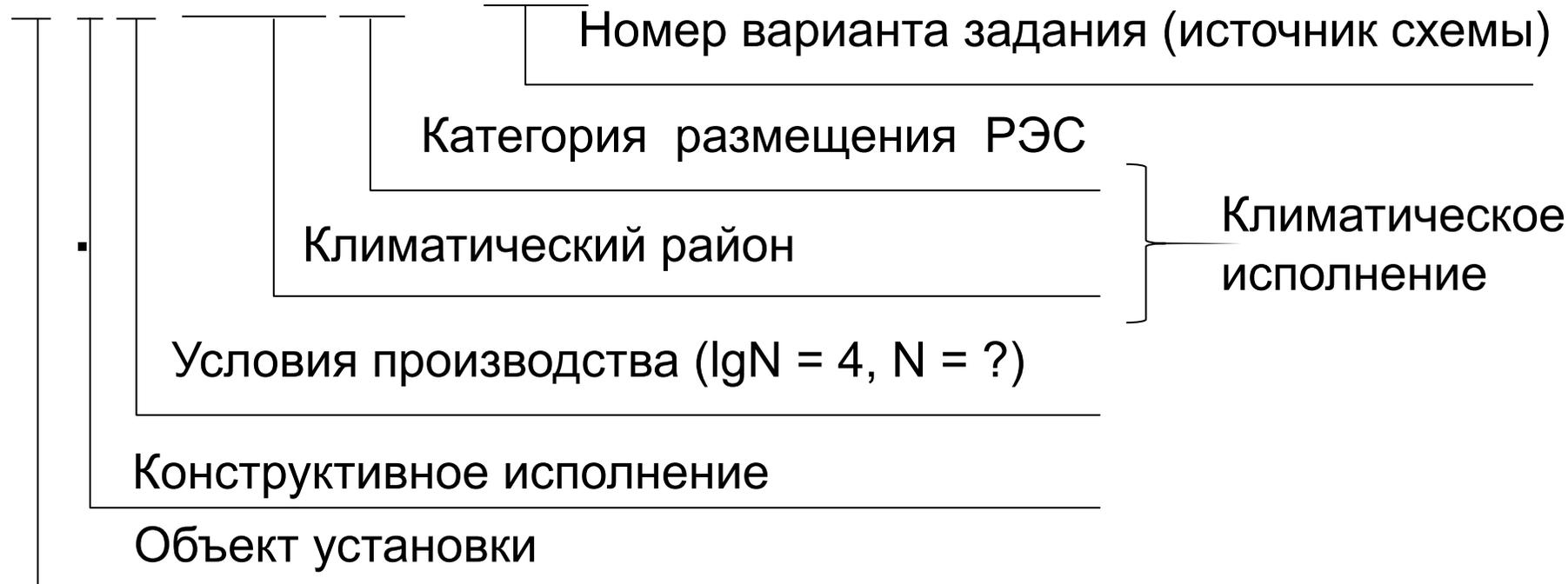
Защита работы

Отчетные документы по работе

1. Чертеж ПП
2. Сборочный чертеж узла на ПП
3. Спецификация
4. ЭЗ и перечень элементов
5. Схема сборки печатного узла и МК
6. ПЗ, содержащая обоснование принимаемых решений, необходимые расчеты

Задание на РГР

214 УХЛ2 – Р080156



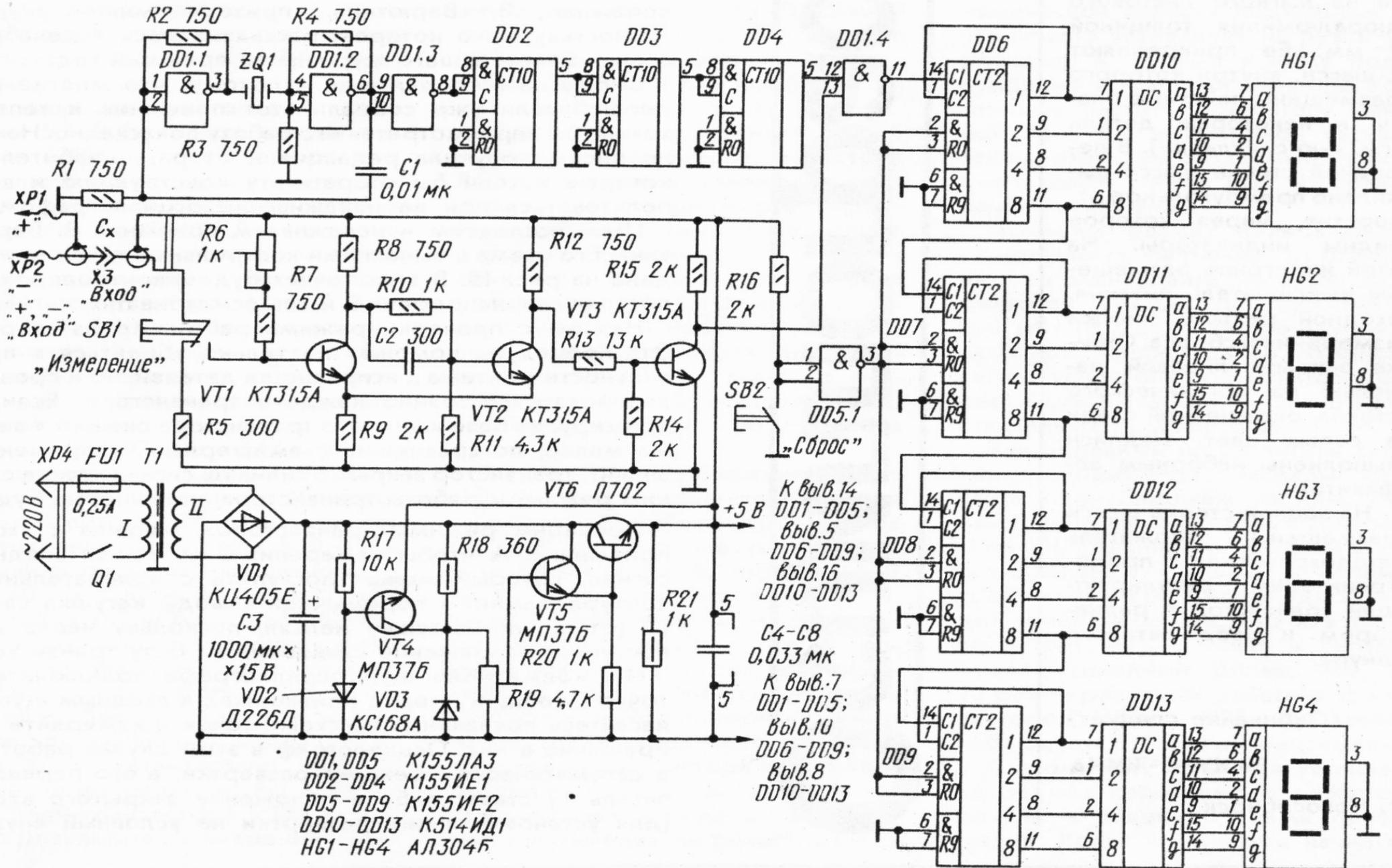
Тип аппаратуры (первый элемент обозначения):

- 1 - стационарная;
- 2 - носимая;
- 3 - возимая на автомобильном транспорте;
- 4 - возимая на гусеничном транспорте;
- 5 - морская (судно);
- 6 - авиационная (с поршневым двигателем);
- 7 - авиационная (с реактивным двигателем);
- 8 - ракетная и космическая;
- 9 - буйковая.

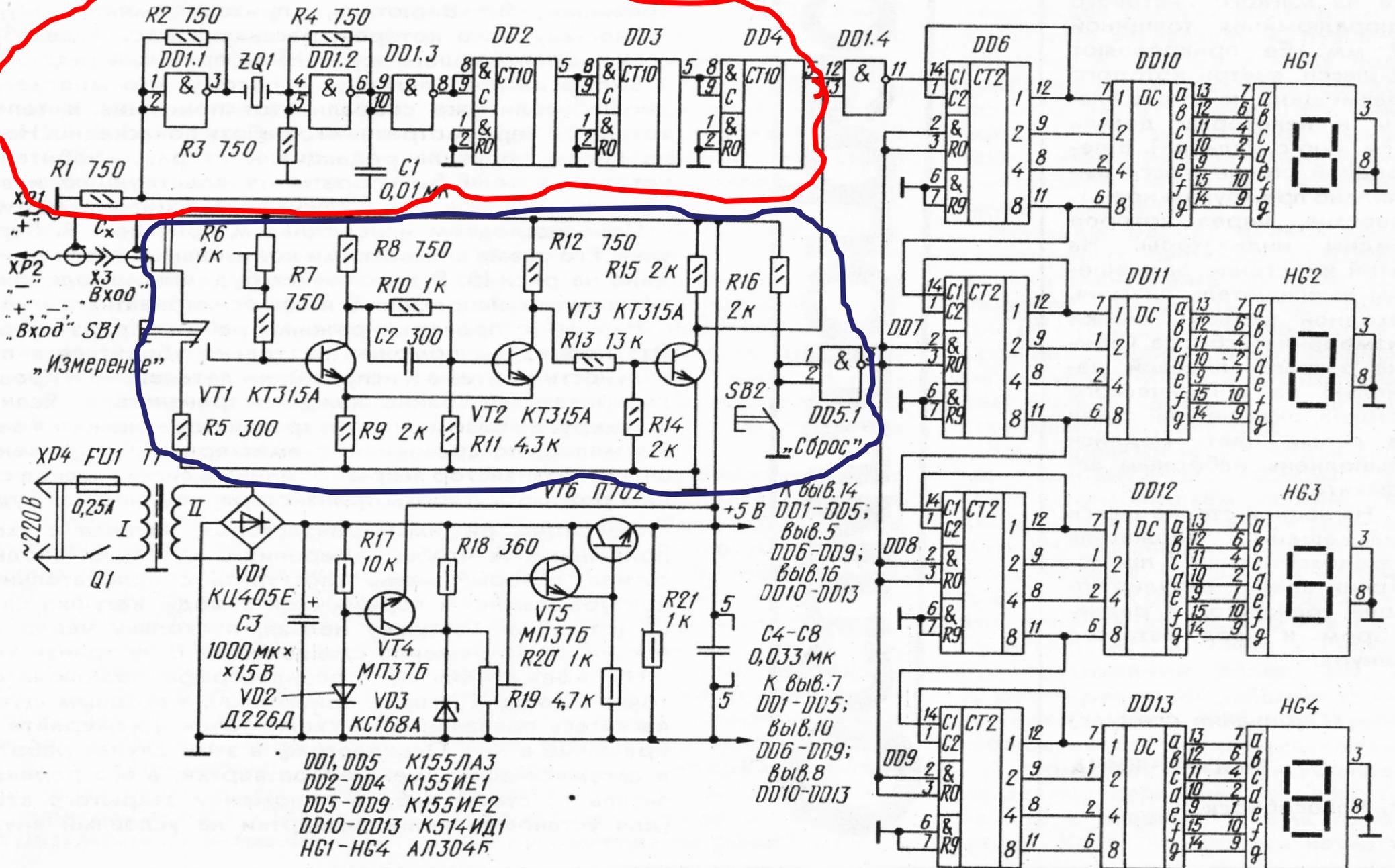
Конструктивное исполнение:

- 1 – автономный блок,
- 2 – герметичный блок,
- 3 – блок в составе стойки,
- 4 - составная часть блока (субблок)

Пример задания



Пример задания



1 Анализ ТЗ

- ограничения, накладываемые объектом установки на массогабаритные, надежность, стоимостные и др. показатели;
- уровень механических воздействий в зависимости от объекта установки (по данным таблицы 2.1 [3]);
- диапазон рабочих температур и воздействие других климатических факторов в зависимости от климатического района и категории размещения РЭС (по данным таблицы 2.2 [3]);
- ограничения, накладываемые объемом производства печатного узла на выбор ряда конструктивных решений (выбор способа изготовления печатной платы, класса точности печатной платы, типов корпусов электрорадиоэлементов и вариантов их установки и размещения на печатной плате);
- способ установки печатного узла в блоке (вертикальная или горизонтальная ориентация, направление механических воздействий и теплового потока по отношению к расположению компонентов, способ механического закрепления узла);
- будет ли изменяться давление окружающей среды в процессе эксплуатации радиоэлектронного узла (не герметичные блоки бортовых РЭС). Данное обстоятельство сказывается на величине пробивного напряжения между элементами печатной схемы, изменении условий конвективного теплообмена.

1.1 Примеры ограничений, накладываемых на конструкцию РЭС объектом установки

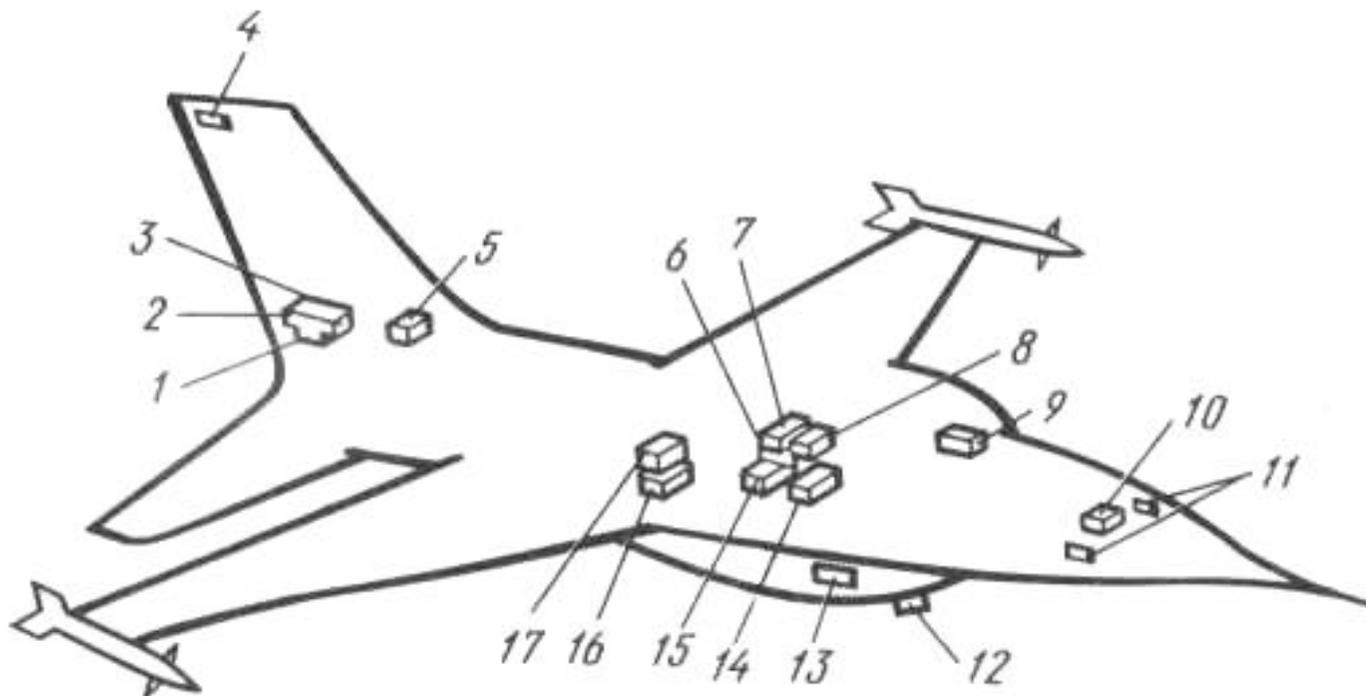
Бортовые РЭС

- 1) жесткие требования по габаритам и массе;
- 2) требования высокой надежности.
Допустимость применения новейших комплектующих, материалов повышенной стоимости с высокими электрическими или физико-механическими характеристиками, обеспечивающих повышение надежности;
- 3) воздействие значительных механических нагрузок (вибрации, удары, линейные ускорения, акустический шум);
- 4) возникновение термоударов при быстром и значительном изменении температуры;
- 5) возможность работы при пониженном давлении;
- 6) высокая ремонтпригодность в предстартовый период (легкосъемность, типизация, наличие контрольных точек);
- 7) необходимость использования развитых конструкционных систем, позволяющих варьировать основные размеры (H, B и L) в широких пределах и обеспечивающих хорошую вписываемость конструктивов в фюзеляж округлой формы;
- 8) необходимость тщательной отработки лицевых панелей из-за высокой загруженности оператора (пилота).

Буйковые РЭС

- 1) особая продолжительность необслуживаемой эксплуатации (отсюда – высокие требования по надежности, минимизации энергопотребления);
- 2) воздействие сильных ударов (волнение, удары о корпус судна, льдины, установка путем сбрасывания на воду с высоты до 10 м);
- 3) воздействие на корпус агрессивной среды;
- 4) необходимость обеспечения надежной герметизации корпуса и составных частей;
- 5) ограниченный внутренний объем буйка;
- 6) округлая конфигурация буйка (цилиндр, шар, конус), что требует использовать конструктивы РЭС в форме круга, сегмента, цилиндра

Примеры ограничений, накладываемых на конструкцию РЭС объектом установки

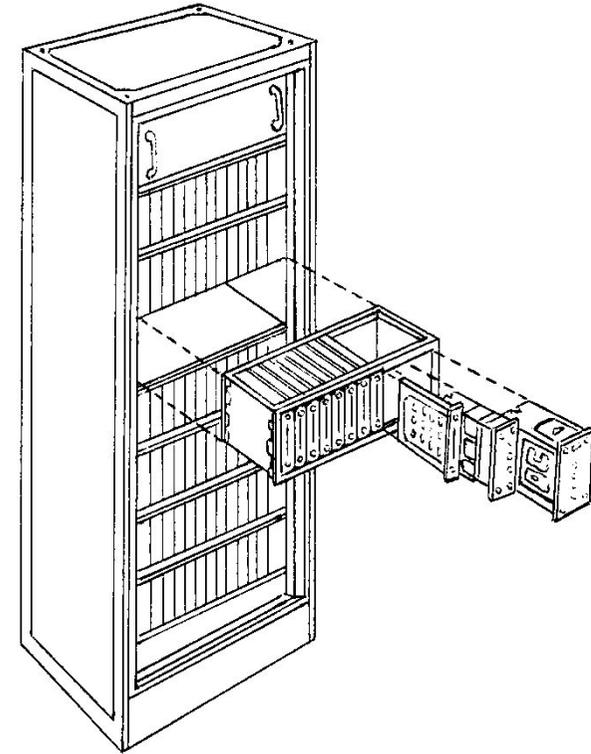
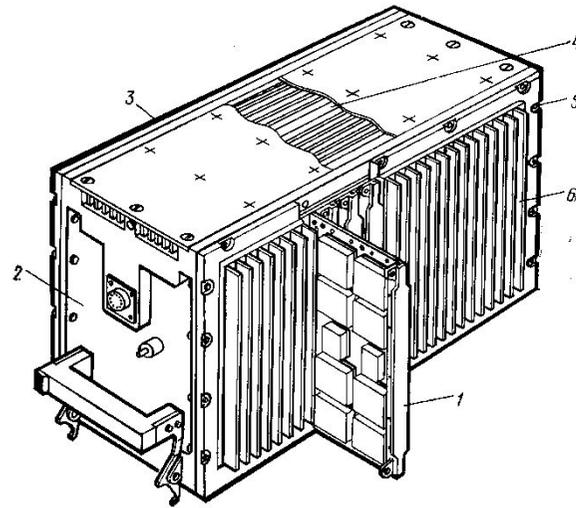
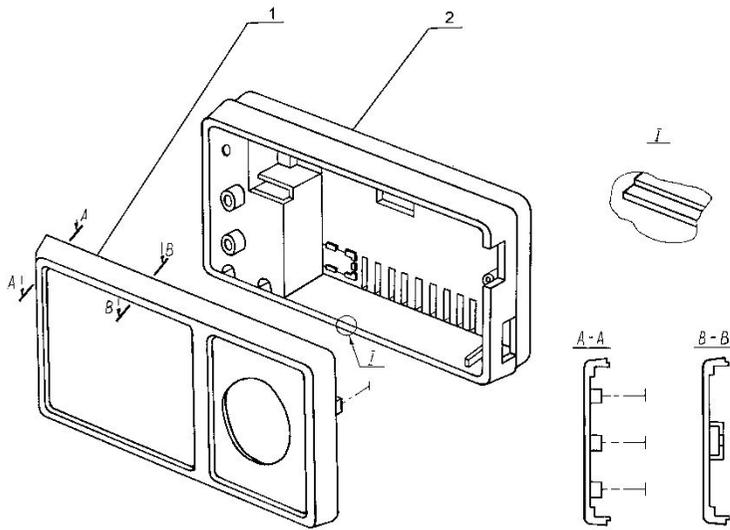


Размещение системы «Rapport-3» на самолете F-16:

- 1— антенны передатчика помех в хвостовом отсеке; 2— усилитель мощности;
- 3 — передатчик имитационных помех в хвостовом отсеке;
- 4, 11—антенны пеленгатора; 5, 10 — приемники пеленгатора;
- 6 — усилитель мощности; 7—задающий генератор;
- 8— передатчик имитационных помех в носовом отсеке;
- 9 — блок управления и индикации;
- 12— антенна приемника диапазона частот 0,5...2 ГГц;
- 13— антенны передатчика помех в носовом отсеке;
- 14— приемник диапазона частот 0,5...2 ГГц; 15 — процессор;
- 16 — блок управления приемником диапазона частот 2...8 ГГц;
- 17—приемник диапазона частот 2...8 ГГц

1 Анализ ТЗ. Конструктивное исполнение (второй элемент обозначения):

- 1 - автономный блок (прибор, устройство);
- 2 - герметичный блок;
- 3 - блок в составе стойки;
- 4 - составная часть блока (субблок).



1 Анализ ТЗ. Анализ массовости выпуска

Условия производства (третий элемент обозначения):

- 0 - опытный образец;
- 1 - опытная партия (10 шт.);
- 2 - установочная серия (100 шт.);
- 3 - мелкосерийное производство (1000 шт.);
- 4- среднесерийное производство (10000 шт.);
- 5 - крупносерийное производство (100000 шт.);
- 6 - массовое производство (более 100000 шт.).

Массовость выпуска РЭУ должна учитываться при:

- выборе метода изготовления печатной платы;
- выборе типов корпусов электрорадиоэлементов и вариантов их установки;
- компоновке (расположению) элементов на печатной плате с целью обеспечения максимальной производительности при сборке узла;
- назначении способа маркировки
- подбора технологического оборудования (при выполнении РГР)

Механические воздействия

Аппаратура и условия ее работы	Вибрация			Ударное ускорение, g	Линейное ускорение, g	Акустическое воздействие	
	частота, Гц	амплитуда, мм	ускорение, g			f, Гц	P, дБ
Стационарная аппаратура	10...55		до 2	до 50			
Переносная аппаратура	10...2000		до 10	до 50			
Наземный транспорт:							
гусеничный.	20...2000	0,05	до 10	200...400			
автомобильный	0...15 (200)	10...40		до 50			
железнодорожный	2...3 (100)	до 40 (до 2)		до 50			
Морской транспорт:							
корпус	1...15	1,5...3		200...400	до 6		
мачты	0...15	до 40					
Авиационный транспорт:							
с поршневым двигателем	5...150	0,15		15...30			
с реактивным двигателем	5...500 (2000)	27...0,15			до 5	150...9600	до 165
Ракеты:							
большие	10...3000		до 40	до 50	5...15	150...9600	до 165
малые	50...5000		до 30	до 100	30...50	150...9600	до 165
Падение аппаратуры с высоты 30...50 см на бетонный пол				550			

2 Анализ схемы электрической принципиальной

Необходимо выяснить и определить:

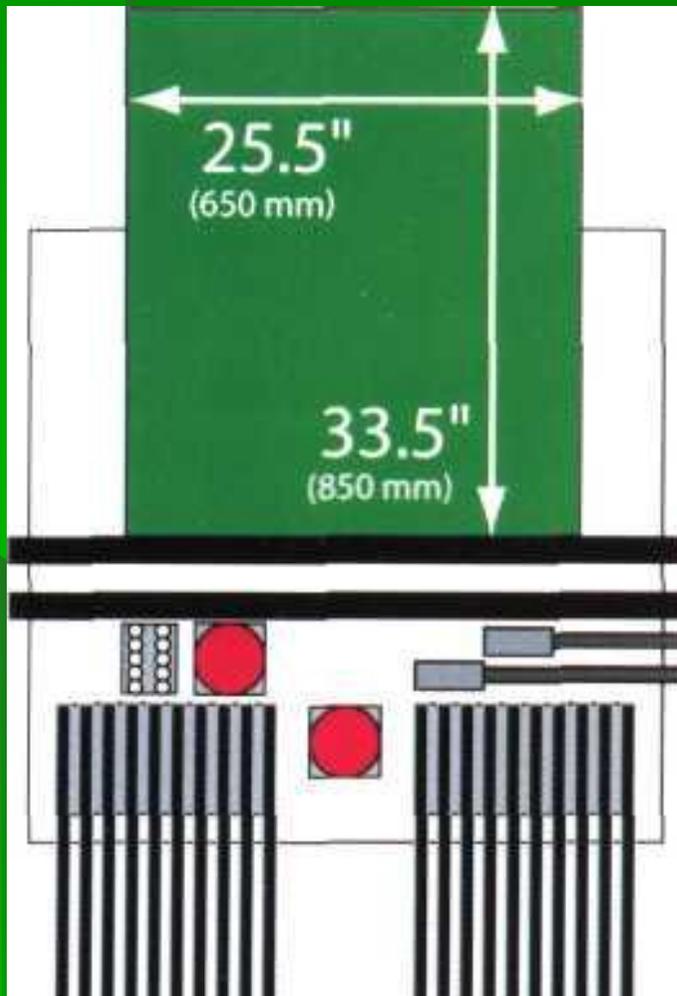
- схемотехническое назначение устройства (коэффициент усиления, частотный диапазон, точность преобразования)
- наличие симметрии схемы
- величины действующих напряжений и минимально допустимые расстояния между соседними проводниками
- максимально протекающий ток по проводникам и назначение исходя из этого их ширины
- выносные элементы (крупногабаритные, с большой массой, элементы индикации, датчики и т.д.)

Атмосферное давление, Па (мм. рт. ст.)	Материал	Напряжение, В, не более при расстоянии между проводниками, мм					
		0,1...0,2	0,2...0,3	0,3...0,4	0,4...0,7	0,7...1,2	1,2...2
Нормальное	ГФ	-	30	100	150	300	400
	СФ	25	50	150	300	400	600
53600 (400 мм рт.ст)	ГФ	-	25	80	110	160	200
	СФ	20	40	110	160	200	300
666 (5 мм рт.ст)	ГФ	-	20	30	58	80	100
	СФ	10	30	50	80	100	130

Сложность проектирования и изготовления современных печатных плат

Определяется в основном следующим:

- Геометрическими размерами платы*
- Количеством слоев*
- Классом точности печатной платы*



Программное обеспечение для разработки печатных плат

- Полный перечень программ см.:
<http://www.rcmgroup.ru/Программное-обеспечение-dlja-proektirovanija-pech.345.0.html>, а также на диске N
- SPRINT
Программный пакет CAD/CAM для создания схем и трассировки печатных плат.
Доступна облегчённая бесплатная версия.
- DipTrace
- ТороR

Build 7.0.0.13756 (Beta)

Altium Designer

Licensed to Rodnik Software Inc.

Copyright © 2008 Altium Limited, Altium, Altium Designer, Board Insight, DXP, Innovation Station, LiveDesign, NanoBoard, NanoTalk, OpenBus, P-CAD, SimCode, Situs, TASKING, and Topological Autorouting and their respective logos are trademarks or registered trademarks of Altium Limited or its subsidiaries.

Сабунин Алексей - ЗАО НПП Родник
sabunin - NB_DELL1520

Licensing...

System Info...

Close

3.3 Технология поверхностного монтажа

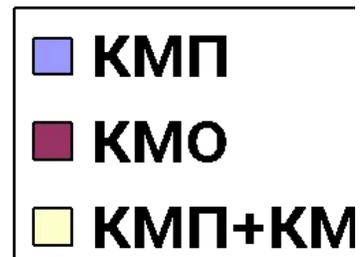
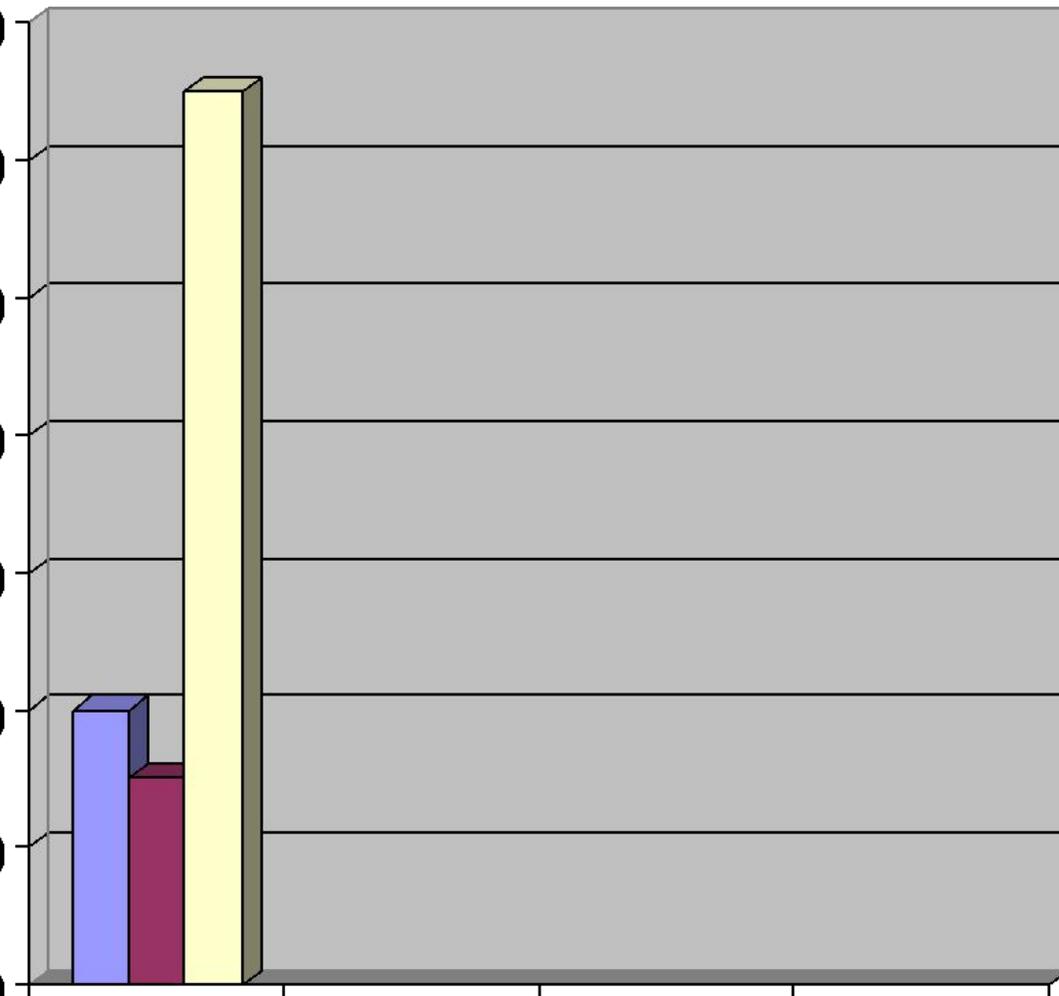
Surface-Mount Technology (SMT)

Современное соотношение доли печатных узлов различного исполнения:

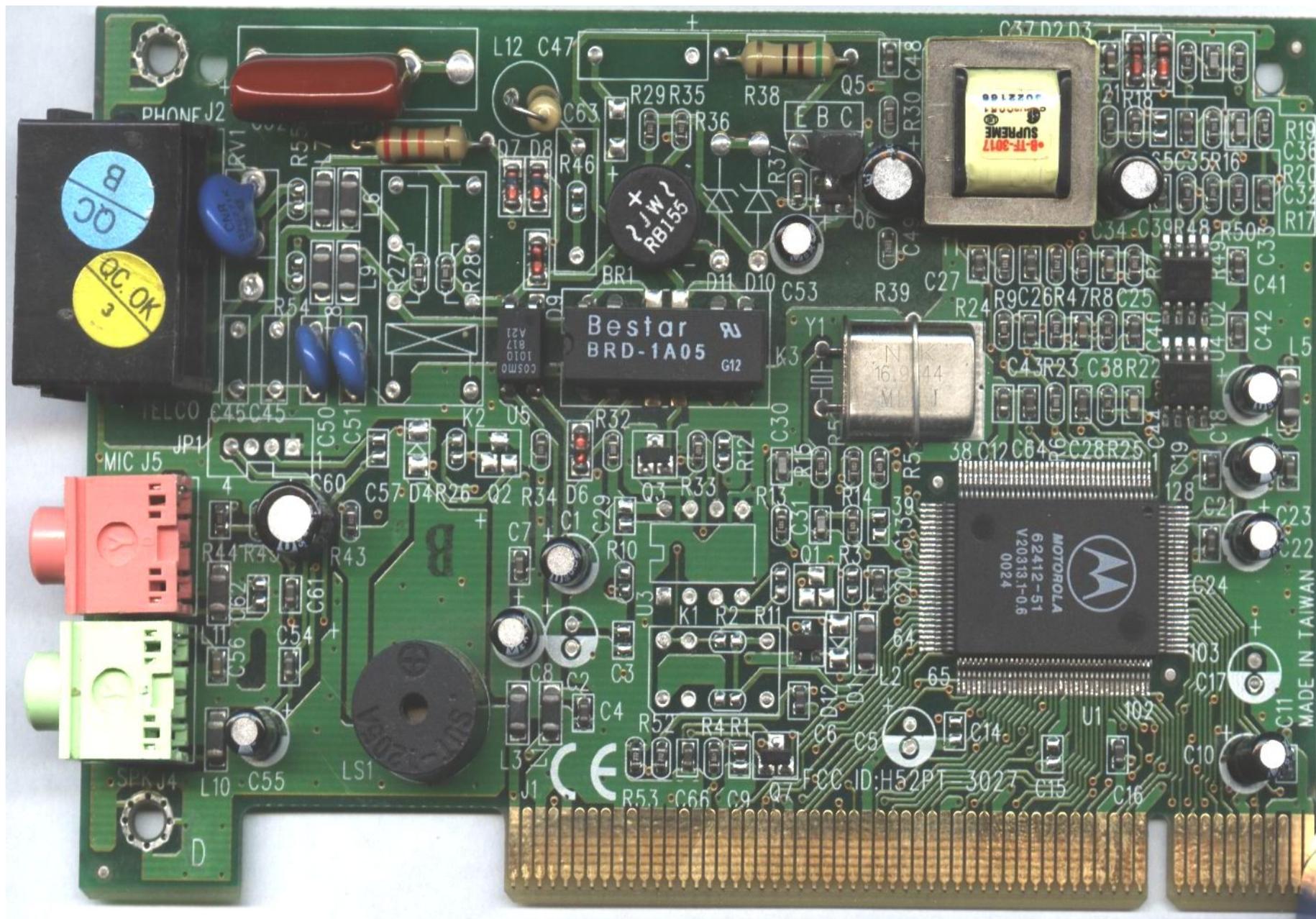
КМП – узлы чисто с монтажом на поверхность (около 20 %)

КМО – узлы чисто с компонентами, монтируемыми в отверстия (около 15 %)

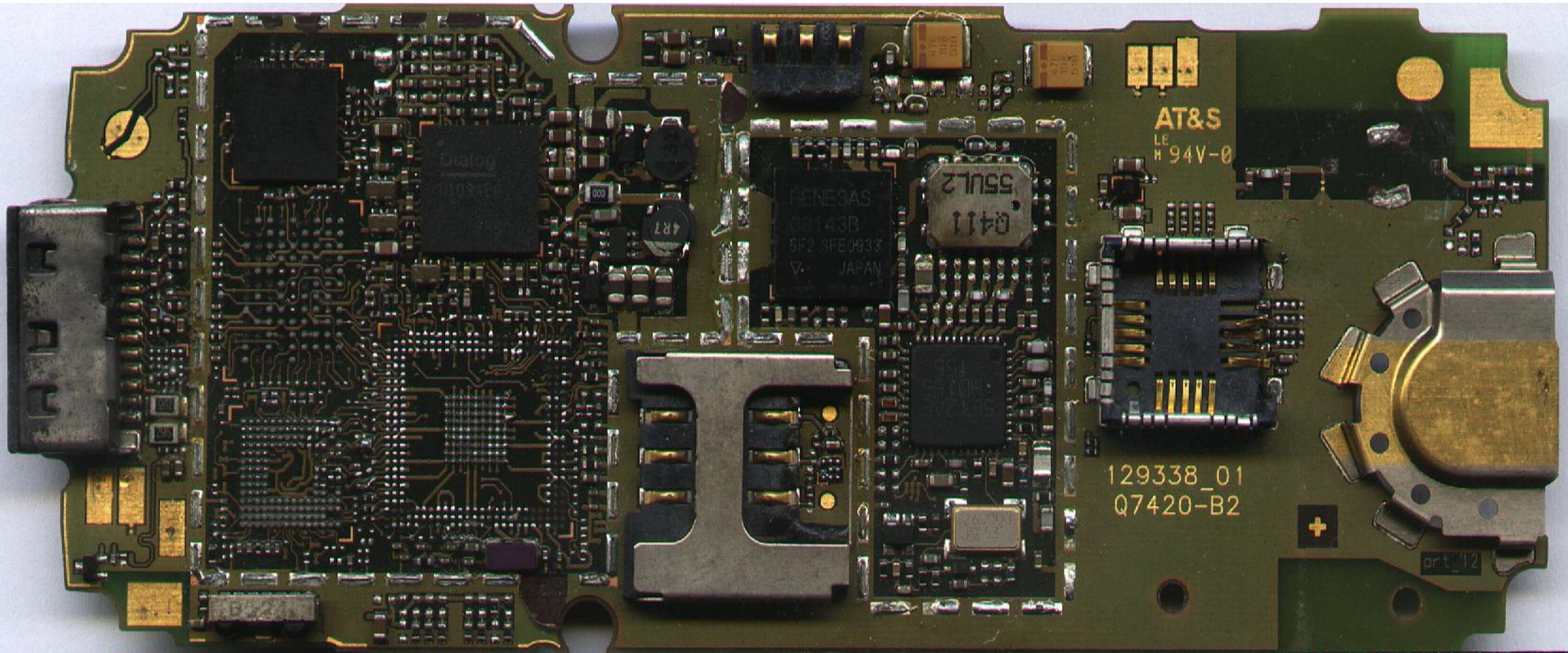
КМП+КМО – смешанный монтаж (около 65 %)



Пример конструкции радиоэлектронного узла со смешанным монтажом



Пример конструкции радиоэлектронного узла преимущественно с монтажом на поверхность



MM
CM

1

2

3

4

5

6

7

8

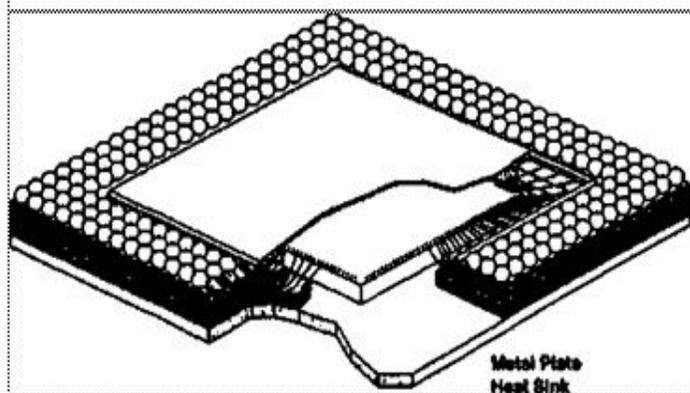
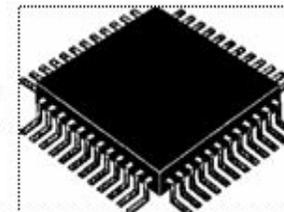
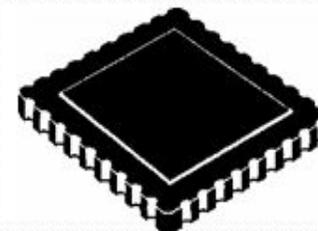
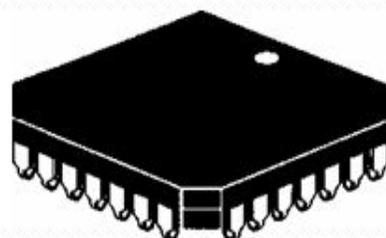
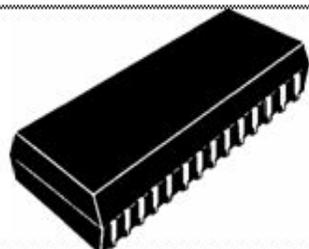
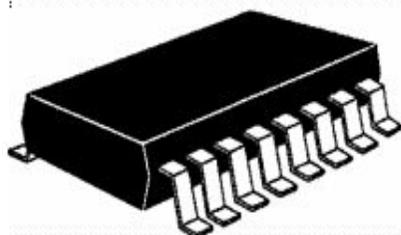
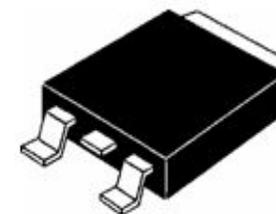
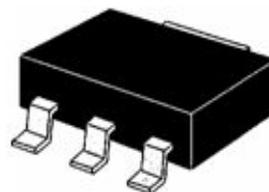
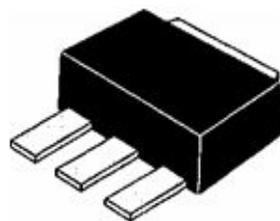
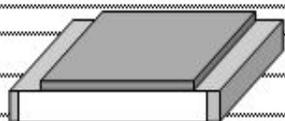
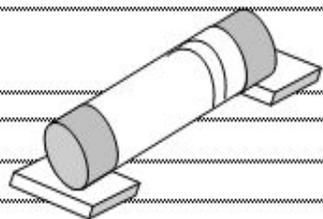
9

10

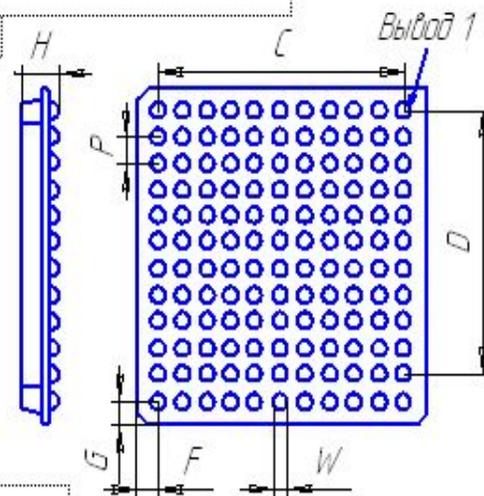
Конструктивные варианты и типы технологических процессов изготовления узлов с ТМП

Технология	Конструктивное исполнение		Тип технологического процесса	Тип элементов			Метод пайки	Примечание	
	Обозначение	Схема		КМП ₁	КМП ₂	КМО ₁			
ТМП	1		Тип 1 (А)	+	-	-	ИК, ПФ, ПН	Односторонний монтаж	
	2			+	+	-			ИК, ПФ
ТМП + ТМО	3		-	+	-	+	ИК, ПФ, ПН+ПФ		
	4		Тип 2 (В)	-	+	+	ВП		КМП ₂ – пассивные
	5		Тип 3 (С)	+	+	+	ИК, ПФ+ВП		КМП ₁ – пассивные и активные КМП ₂ – пассивные

Разновидности корпусов КМП



Metal Plate
Heat Sink

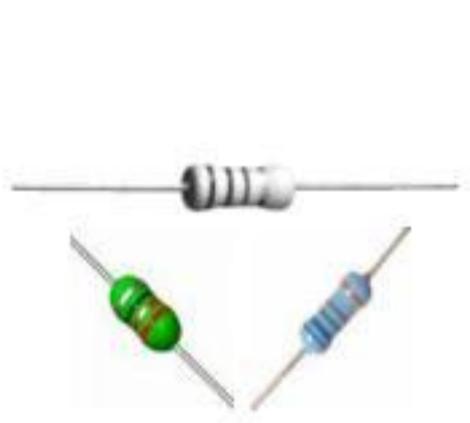


Минимальный размер чип-компонента 00501 – 0,127x 0,25 мм

Корпуса типа QFP: максимальное количество выводов – 576
Шаг расположения выводов 0,25-0,3 мм
Ширина вывода 0,05x0,15 мм
Размер корпуса – до 44x44 мм

Корпуса типа BGA: максимальное количество выводов – 1089
Размер корпуса 50x50 мм

Компоненты, монтируемые в отверстия



а)



б)



в)



г)



д)



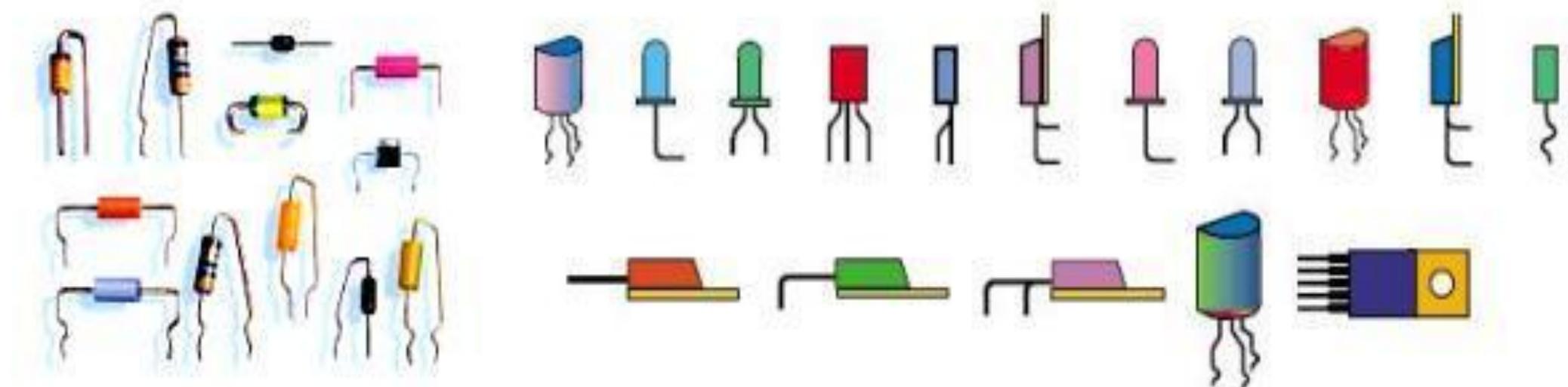
е)



ж)

Примеры ТНТ-компонентов: а) с осевыми выводами; б) с радиальными выводами; в) в корпусах SIL; г) в корпусах DIP; д) разъемы; е) панели для ИС; ж) ЭК сложной формы

Формовка выводов компонентов



а)



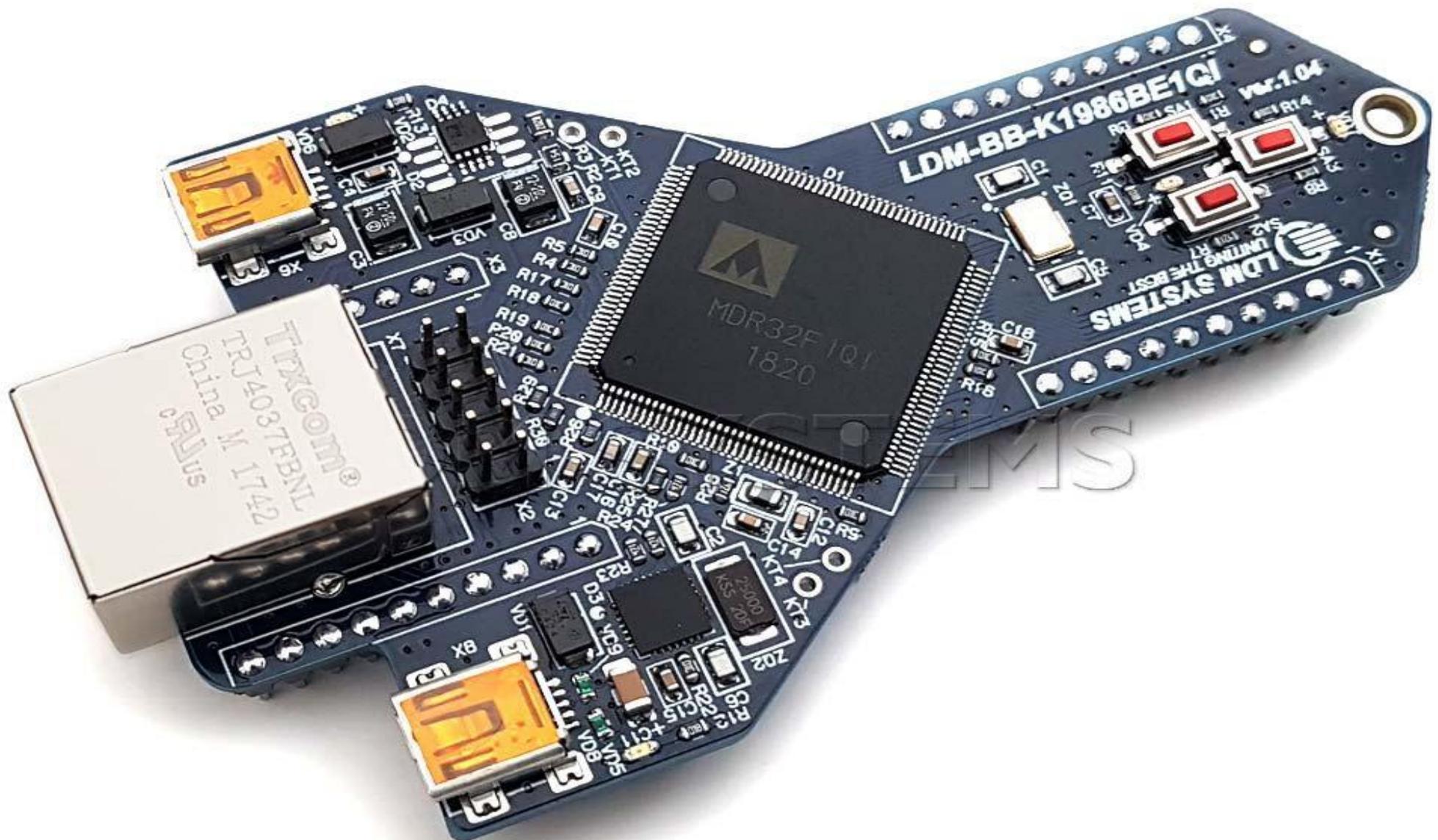
Примеры формовки выводов ЭК с осевыми (а) и радиальными (б) выводами

4.1.2.1 Состояние и тенденции развития элементной базы для поверхностного монтажа

Дополнительная литература:

1. Леухин В.Н. Компоненты для монтажа на поверхность: Справочное пособие. – Йошкар-Ола, МарГТУ, 2006. – 300с.
 2. Маркировка электронных компонентов /Под ред. А.В. Перебаскина. – М.: ДОДЭКА, 2004. – 208 с.
 3. Электронные компоненты для поверхностного монтажа 2004. Каталог фирмы ООО СМП. – М.: ООО СМП, 2004. – 48 с.
 4. Электронные компоненты: Каталог ООО «Фирма Элирон». М.: ИП ООО «Фирма Элирон», 2004. – 26 с.
 5. Электронные компоненты для поверхностного монтажа. Каталог фирмы *INSYNET GROUP*
 6. Коды маркировки полупроводниковых SMD-компонентов /Сост. Родин А.В. - М.: СОЛОН-Пресс, 2006. - 256 с.
 7. Турута Е.Ф. Активные SMD-компоненты: маркировка, характеристики, замена. – СПб.: Наука и Техника, 2006. – 544 с.
 8. Транзисторы в SMD-исполнении. Том 1 и 2. Справочник. /Сост. Ю.Ф. Авраменко. – К.: «МК-Пресс», 2006. Т.1 – 544 с.
- <http://www.smd.ru>
 - <http://www.insynet.ru>
 - <http://www.symmetron.ru>
 - <http://www.dart.ru>
 - <http://www.absoluteelectronics.ru>
 - <http://www.absoluteelectronics.ru/katalog>
 - http://eliron.ru/upload/pdf/Katalog_Eliron_2012.pdf
 - www.compel.ru

Проектирование печатных плат



Перечень рассматриваемых вопросов

1. Разновидности печатных плат и узлов
2. Стандартизация в области проектирования печатных плат
3. Основные термины и определения по печатным платам и конструированию электронных сборок
4. Классы электронной аппаратуры и классы точности печатных плат
5. Конструкторские требования к топологии печатной платы для SMD монтажа
6. Требования к печатным проводникам
7. Определение диаметров монтажных, переходных и крепежных отверстий
8. Контактные площадки
9. Реперные знаки
10. Элементы внешнего контактирования
11. Варианты установки КМО
12. Допустимые расстояния между компонентами
13. Определение размеров печатной платы
14. Рекомендации по расположению и ориентации компонентов
15. Рекомендации по трассировке печатной платы
16. Маркировка на печатной плате
17. Использование программы SprintLayout для проектирования ПП

Рекомендуемая литература

1. Леухин , В. Н. Радиоэлектронные узлы с монтажом на поверхность: конструирование и технология: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 248 с.
2. Леухин, В.Н. Проектирование радиоэлектронных узлов : учебное пособие. – Йошкар-Ола: «Периодика Марий Эл», 2006. – 160 с.
3. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М.: Техносфера, 2005.- 304 с.
4. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. – М.: Техносфера, 2007. – 256 с.
5. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник . – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
6. Грачев А.А., Мельник А.А., Панов Л.И. Конструирование электронной аппаратуры на основе поверхностного монтажа компонентов. М.: НТ Пресс, 2006. – 384 с.
7. Рекомендации по конструированию печатных узлов. – М.: ЗАО Предприятие ОСТЕК, 2008. – 276 с.
8. Печатные платы: справочник /Под ред. К.Ф. Кумбза. В 2-х книгах. – М.: Техносфера, 2011. – 2032 с.
9. Журнал «Печатный монтаж»

Классификация печатных плат

Печатные платы

Односторонние

На слоистом
прессованном
основании

Двусторонние

На
диэлектрическом
основании

На
рельефном
литом
основании

На металлическом
основании

С
межслойными
соединениями
объемными
детальями

Многослойные

С межслойными
соединениями
химико-
гальванической
металлизацией

Гибкие

Гибкие
платы

Керами-
ческие

Гибкие
кабели,
шлейфы

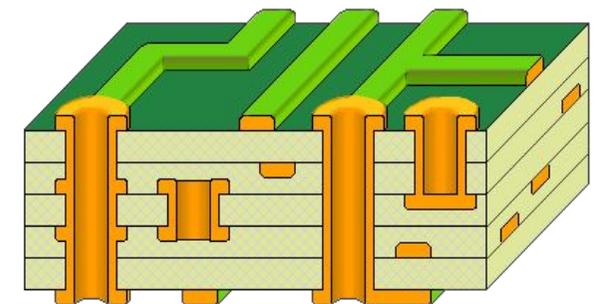
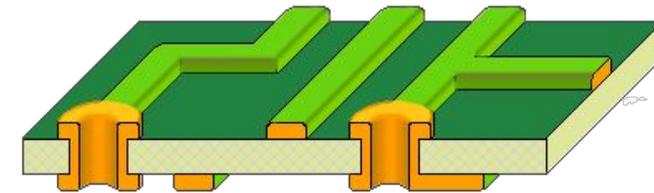
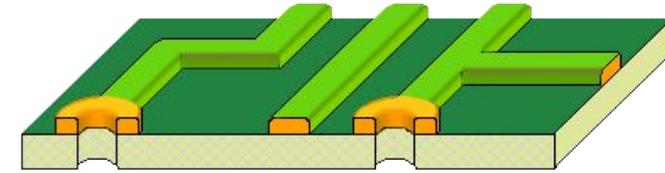
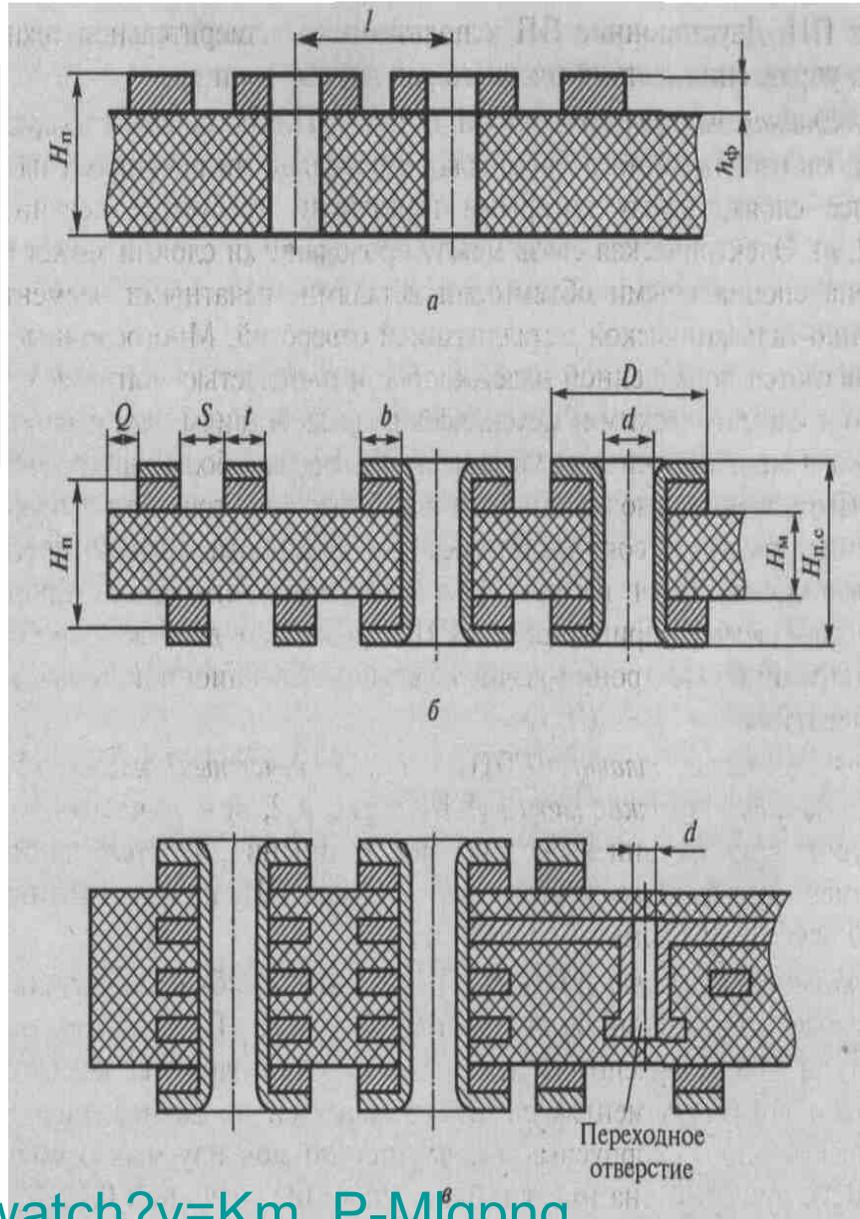
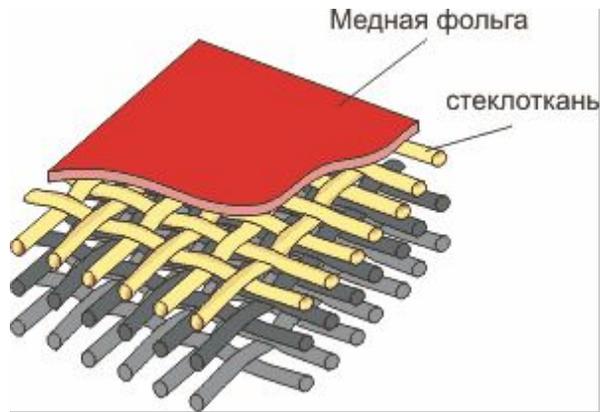
Проводные

С печатным
рисунком

Без
печатного
рисунка

Конструкции печатных плат:

а — односторонняя ПП; **б** — двухсторонняя ПП; **в** — многослойная ПП



http://www.youtube.com/watch?v=Km_P-MIgpng

http://www.youtube.com/watch?v=Oiy1zsq_O-w

Стандартизация в области проектирования печатных плат

Одним из основных моментов при разработке топологии является проектирование контактных площадок для компонентов для монтажа на поверхность и печатных проводников, их соединяющих.

Выбор размеров и формы контактных площадок, не отвечающих определенным требованиям, может привести к различным дефектам.

Нормативные требования к контактным площадкам наиболее подробно изложены в международных стандартах

- **IPC-SM-782A. Контактные площадки при поверхностном монтаже (Конфигурация и правила конструирования)**
- **IPC-7351. Общие требования по конструированию контактных площадок и печатных плат с применением технологии поверхностного монтажа.**

К сожалению, отечественная нормативная база в этом направлении представлена руководящими указаниями отдельных предприятий. Наиболее значимыми являются материалы, подготовленные фирмой ОСТЕК:

- ***Рекомендации по конструированию печатных узлов. – М.: ЗАО Предприятие ОСТЕК, 2008. – 276 с.***
- ***Введение в технологию поверхностного монтажа. – М.: ЗАО Предприятие ОСТЕК, 2008. – 286 с.***

Комитеты по стандартизации

- **IPC** - Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits - Институт печатного монтажа (США)
- **ГОСТ** - Государственные общероссийские стандарты (Россия)
- **EIA** - Electronic Industries Association - Ассоциация электронной промышленности (США)
- **J-STD** - Joint Industry Standards - Совместные промышленные стандарты EIA и IPC
- **JEDEC** - Joint Electron Devices Engineering Council of the EIA - Объединенный технический совет по электронным приборам EIA (США)
- **MIL** - Military - Военные стандарты (США)
- **DoD** - Department of Defense - Стандарты министерства обороны (США)

*Основными стандартами на изготовление и контроль печатных плат и электронных блоков считаются международные стандарты **IPC**. В настоящее время **IPC** выпускает свыше 300 руководств и стандартов.*

Основные международные стандарты по конструированию ПП

Все типы печатных плат (ПП) разрабатываются в соответствии с требованиями международных стандартов серии IPC-2220:

- **IPC-2221A** Общий стандарт по конструированию печатных плат (Generic standard on printed board design)
- **IPC-2222** Конструирование жестких печатных плат из материалов на органической основе (Rigid organic printed board structure design)
- **IPC-2223** Конструирование гибких печатных плат (Flexible printed board structure design)
- **IPC-2224** Конструирование ПП формата «PC card» на органической основе (Organic, PC card format, printed board structure design)
- **IPC-2225** Конструирование ПП формата «MCM-L» на органической основе (Organic, MCM-L, printed board structure design)
- **IPC-2226** Конструирование структур с высокой внутренней плотностью соединений (High Density Interconnect (HDI) structure design)
- **IPC-2227** Конструирование ПП встраиваемых пассивных приборов (в разработке) (Embedded Passive Devices printed board design (In Process))

Основные международные стандарты по конструированию ПП

IPC/EIA J-STD-001D	Требования к пайке электрических и электронных сборок
IPC/EIA J-STD-012	Конструкция и технология применения компонентов в корпусах Flip Chip и Chip Scale
IPC/EIA J-STD-013	Конструкция и технология применения компонентов BGA и в других корпусах с высокой плотностью размещения выводов
IPC/EIA J-STD-026	Стандарт по конструированию полупроводниковых Flip Chip компонентов
IPC/EIA J-STD-027	Стандарт. Основные положения по механическим характеристикам Flip Chip и CSP компонентов
IPC/EIA J-STD-028	Стандарт по конструкции выводов для Flip Chip и Chip Scale компонентов
IPC/EIA J-STD-032	Стандарт по конструкции шариковых выводов для компонентов BGA
IPC/E1A/JEDEC J-	Тесты на паяемость выводов компонентов, контактных поверхностей и проводов STD-002B
IPC/EIA/J E D E C J -	Тесты на паяемость печатных плат STD-003A
IPC/JEDEC J-STD-	Классификация чувствительности к влажности / пайке для негерметичных твердотельных компонентов поверхностного монтажа

Российские стандарты по проектированию печатных плат

- ГОСТ 10317-79 «Платы печатные. Основные размеры».
- ГОСТ 2.417-91 «Единая система конструкторской документации. Платы печатные. Правила выполнения чертежей».
- ГОСТ Р 53386-2009 «Платы печатные. Термины и определения».
- ГОСТ 23661-79 «Платы печатные многослойные. Требования к типовому технологическому процессу прессования».
- ГОСТ 23662-79 «Платы печатные. Получение заготовок, фиксирующих и технологических отверстий. Требования к типовым технологическим процессам».
- ГОСТ 23664-79 «Платы печатные. Получение монтажных и подлежащих металлизации отверстий. Требования к типовым технологическим процессам».
- ГОСТ 23665-79 «Платы печатные. Обработка контура. Требования к типовым технологическим процессам».
- ГОСТ 23751-86 «Платы печатные. Основные параметры конструкции».
- **ГОСТ Р 53429-2009 «Платы печатные. Основные параметры конструкции»**
- ГОСТ 23752-79 «Платы печатные. Общие технические условия».
- ГОСТ 23752.1-92 «Платы печатные. Методы испытаний».
- ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования».
- ГОСТ Р 50621-93 «Платы печатные одно- и двусторонние с неметаллизированными отверстиями. Общие технические требования».
- ГОСТ Р 50622-93 «Платы печатные двусторонние с металлизированными отверстиями. Общие технические требования».
- **ГОСТ Р 51040-97 «Платы печатные. Шаги координатной сетки».**

Найти данные стандарты можно по ссылке:

<http://vsegost.com/Catalog/48/48457.shtml>

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает термины и определения понятий в области печатных плат.

Термины, установленные настоящим стандартом, рекомендуются для применения во всех видах документации и литературы, входящих в сферу работ по стандартизации в области печатных плат и/или использующих результаты этих работ.

2 Термины и определения

Основные понятия

- | | |
|---|---|
| 1 печатная плата; ПП (Нрк. <i>плата печатного монтажа</i>): Изделие, состоящее из одного или двух проводящих рисунков, расположенных на поверхности основания, или из системы проводящих рисунков, расположенных в объеме и на поверхности основания, соединенных между собой в соответствии с электрической схемой печатного узла, предназначенное для электрического соединения и механического крепления устанавливаемых на нем изделий электронной техники, квантовой электроники и электротехнических изделий. | printed board;
printed circuit board |
| 2 основание печатной платы: Элемент конструкции печатной платы, на поверхности или на поверхности и в объеме которого расположен проводящий рисунок или система проводящих рисунков печатной платы. | substrate |
| 3 рисунок печатной платы: Конфигурация, образованная проводниковым и (или) диэлектрическим материалом на печатной плате. | pattern |
| 4 проводящий рисунок печатной платы: Рисунок печатной платы, образованный проводниковым материалом на основании или в объеме. | conductive pattern |

Примечание — Проводящий рисунок состоит из печатных проводников, контактных площадок, экранов, металлизированных отверстий, теплоотводящих и других печатных компонен-

Термины и определения по монтажу и конструированию электронных сборок, соответствующие международному стандарту IPC-T-50

- **Базовое отверстие**, фиксирующее отверстие — элемент конструкции печатной платы, который обеспечивает необходимую точность позиционирования печатной платы на технологическом оборудовании.
- **Вывод ИЭТ** (англ. pin) — элемент конструкции корпуса ИЭТ, предназначенный для соединения соответствующего электрода с внешней электрической цепью.
- **Групповая заготовка**, мультиплицированная плата (англ. multiboard, panel) — мультиплата, панель, проектируемая для удобства автоматизированной сборки ПУ и состоящая из нескольких единичных ПП, разграниченных между собой линиями скрайбирования и/или перфорацией. Принципиальное отличие групповой заготовки и мультиплицированной платы заключается в том, что мультиплицированная плата состоит из нескольких однотипных ПП, а групповая заготовка может объединять разные по конструкции типы ПП.
- **Изделие электронной техники**, ИЭТ, электрорадиоэлемент, ЭРЭ (англ. component) — комплектующее изделие, представляющее собой функциональный прибор или устройство, изменяющее электрические параметры цепи и предназначенное для применения в качестве элемента электрической схемы электронного устройства.
- **Изделие электронной техники монтируемые в отверстия**, ИМО (КМО), выводной, навесной, штырьковый, штыревой компонент (англ. through-hole component) — выводное ИЭТ, конструкция которого обеспечивает установку в монтажные отверстия печатной платы.

Термины и определения по монтажу и конструированию электронных сборок, соответствующие международному стандарту IPC-T-50

Контактная площадка, (КП) — площадка на печатной плате, используемая для присоединения ПМИ или ИМО.

Контактная поверхность корпуса, (ПМИ) (англ. terminal, termination) — металлизированная часть корпуса безвыводных ПМИ (чип-компонентов), предназначенная для соединения соответствующего электрода с внешней электрической цепью.

Координатная сетка — это ортогональная сетка, состоящая из параллельных равноудаленных линий, предназначенных для размещения соединений на ПП.

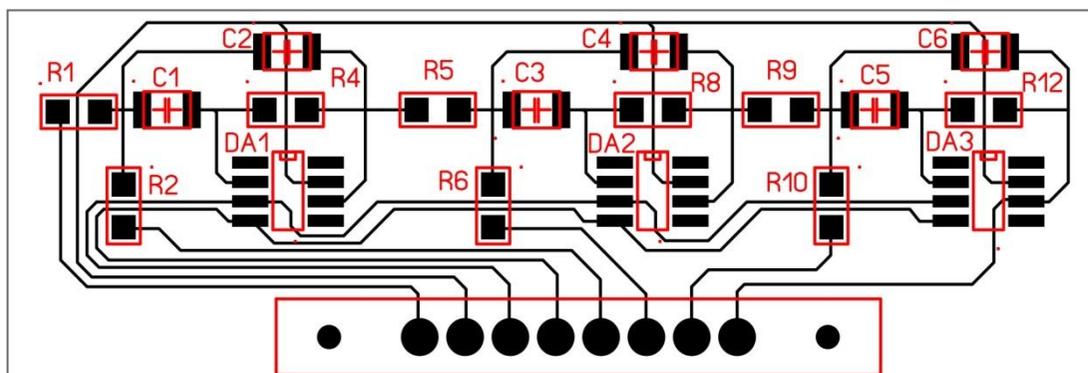
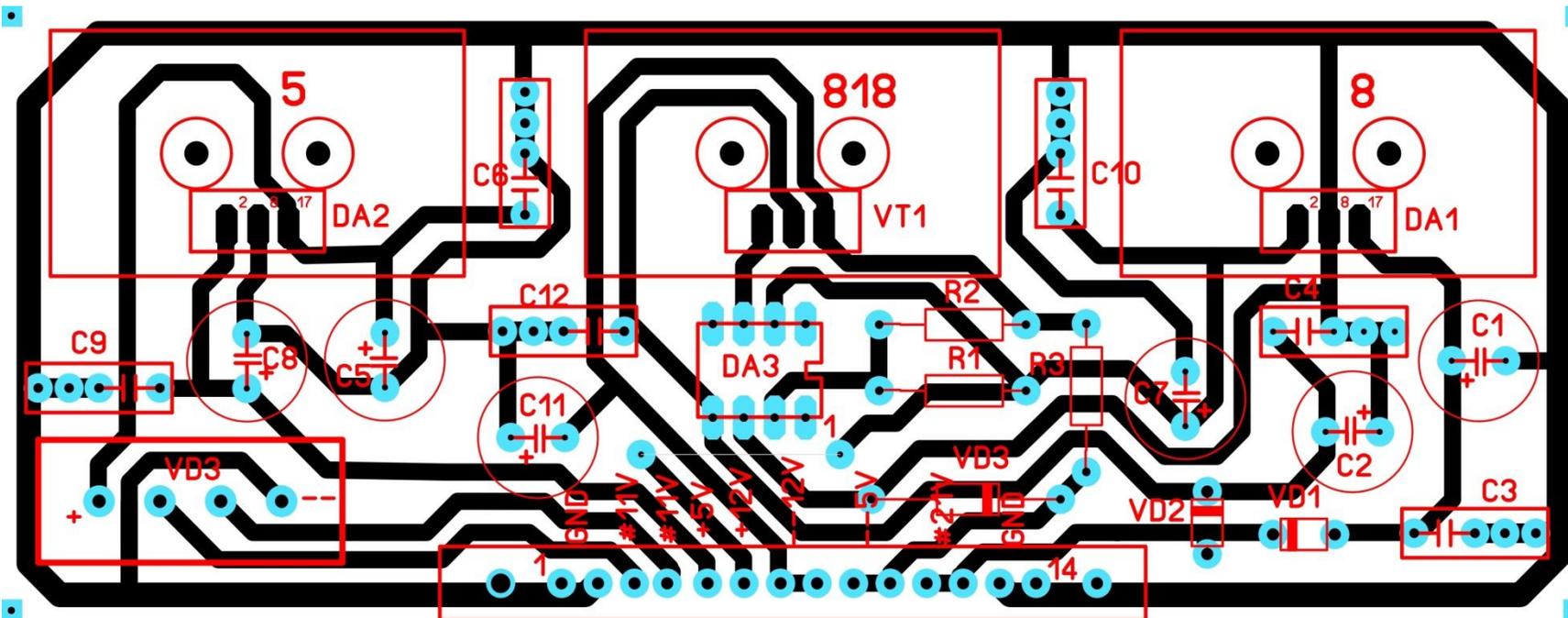
Малый шаг выводов ЭРЭ (англ. fine pitch) — шаг выводов ПМИ меньше, чем 0,6 мм (например, 0,5 мм или 0,4 мм).

Место монтажа (англ. land pattern) — группа контактных площадок с единым геометрическим центром установки, предназначенных для электрического соединения выводов или контактных поверхностей одного ПМИ.

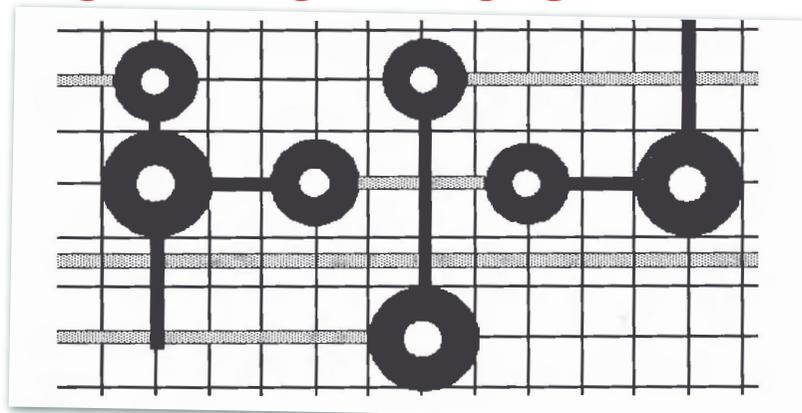
Паяльная маска (англ. solder mask) — защитное покрытие печатной платы, предназначенное для защиты печатных проводников от попадания припоя во время пайки.

Печатный модуль — совокупность нескольких ПУ, входящих в состав не разделенной групповой заготовки.

Печатная плата, (ПП) (англ. printed circuit board, PCB) — диэлектрическая подложка для монтажа ЭРЭ с нанесёнными на ней определённым образом рисунком печатных проводников и контактными площадками, а также маркировкой, реперными знаками, переходными и/или монтажными отверстиями, покрытая или не покрытая паяльной маской.



Шаг координатной сетки



ГОСТ Р 51040—97

Узел координатной сетки — пересечение двух линий координатной сетки.

4 ОСНОВНЫЕ ШАГИ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ

4.1 Для размещения соединений на печатной плате должна применяться координатная сетка с номинальным шагом 0,50 мм в обоих направлениях.

4.2 Если координатная сетка с номинальным шагом 0,50 мм не удовлетворяет требованиям конкретной конструкции, то должна применяться координатная сетка с номинальным шагом 0,05 мм.

4.3 Для конкретных конструкций, использующих элементную базу с шагом 0,625 мм, допускается применение шага координатной сетки 0,625 мм.

5 ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЙ ШАГ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ

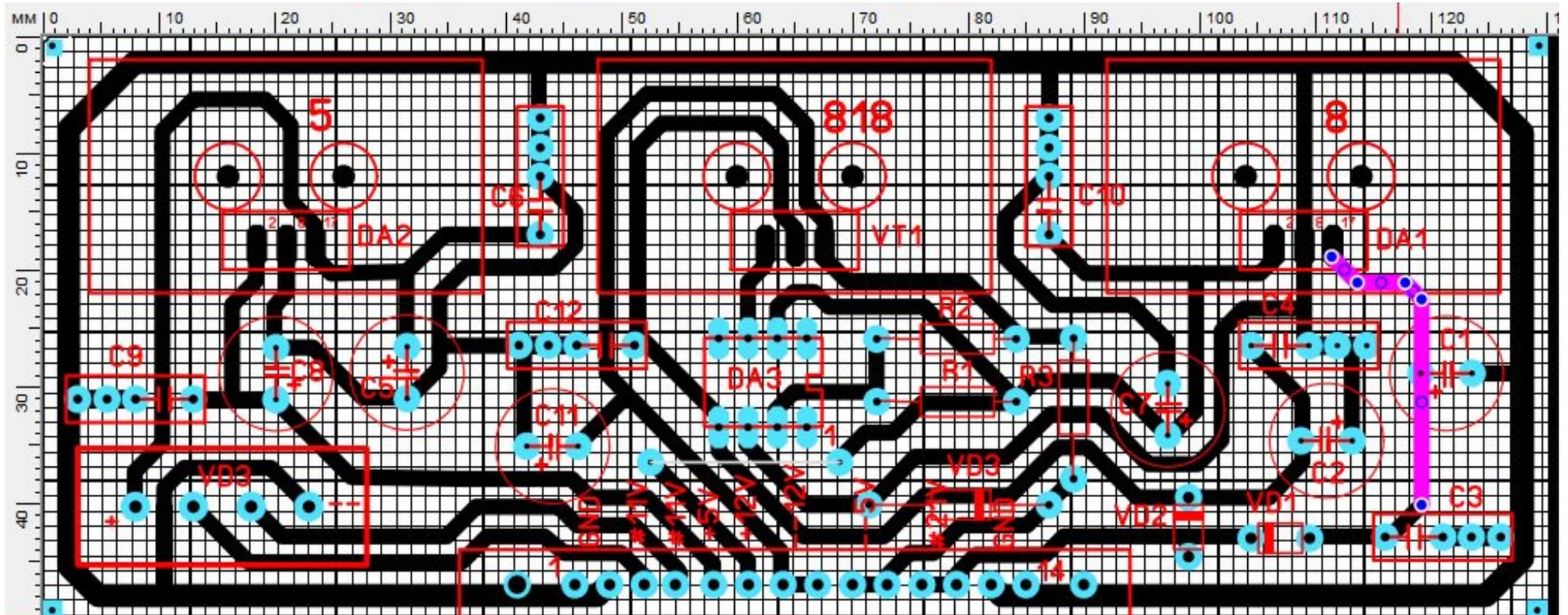
5.1 При необходимости применения координатной сетки с шагом, отличным от основных, шаг ее должен быть кратным основным шагам координатной сетки.

Кратный шаг определяется умножением основного шага сетки на модуль n , который составляет целое число 1, 2, 3...

5.2 Предпочтительные модули для координатных сеток с шагом 0,50; 0,05 мм и соответствующие им значения кратных шагов координатной сетки приведены в таблице 1.

Таблица 1

В миллиметрах		
Основной шаг координатной сетки	Предпочтительный модуль n	Предпочтительный шаг координатной сетки
0,05	5	0,25
	10	0,50
	15	0,75
	20	1,00
	25	1,25
0,50	1	0,50
	2	1,00
	5	2,50
	6	3,00
	10	5,00



Термины и определения по монтажу и конструированию электронных сборок, соответствующие международному стандарту IPC-T-50

Печатный проводник — одна проводящая полоска или один элемент в проводящем рисунке ПП.

Печатный узел, (ПУ) (англ. printed board assembly) — печатная плата с подсоединёнными (прикреплёнными) к ней электрическими и механическими элементами и/или другими печатными платами и со всеми выполненными процессами обработки (по ГОСТ 20406-75).

Поверхностный монтаж (ПМ) (surface mounting) — электромонтаж ПМИ на поверхность печатной платы с распайкой выводов или контактных поверхностей к контактными площадкам платы без использования монтажных отверстий.

Поверхностно-монтируемое изделие, (ПМИ) (англ. SMD) — малогабаритное выводное или безвыводное ИЭТ, которое может быть присоединено к печатной плате посредством технологии поверхностного монтажа.

Проводящий рисунок ПП — рисунок ПП, образованный проводниковым материалом.

Резистивная маска, защитная маска, паяльная маска, паяльный резист (англ. solder mask) — термостойкое покрытие, наносимое избирательно для защиты отдельных участков печатной платы в процессе групповой пайки.

Реперный знак, репер (англ. fiducial mark) — элемент проводящего рисунка печатной платы, который создаётся в одном технологическом процессе с контактными площадками, и используется для базирования печатной платы на автоматизированном технологическом оборудовании.

Обозначение слоев печатной платы в САПР

слои САПР (проводящие и непроводящие)	описание
1	Top silkscreen -
2	Top soldermask –
3	Top paste mask –
4	Top Layer 1 –
5	Substrate -
6	Int Layer 2 –
...	...
n-1	Substrate -
n	Bottom Layer n -
n +1	Bottom paste mask -

Обозначение слоев печатной платы в САПР

слои САПР (проводящие и непроводящие)	описание
1	Top silkscreen - верхний слой маркировки (непроводящий)
2	Top soldermask – верхний слой паяльной маски (непроводящий)
3	Top paste mask – верхний слой паяльной пасты (непроводящий)
4	Top Layer 1 – первый/верхний слой (проводящий)
5	Substrate - базовый диэлектрик (непроводящий)
6	Int Layer 2 – второй/внутренний слой (проводящий)
...	...
n-1	Substrate - базовый диэлектрик (непроводящий)
n	Bottom Layer n - нижний слой (проводящие)
n +1	Bottom paste mask - Нижний слой паяльной пасты (непроводящий)

Классы электронной аппаратуры и классы точности печатных плат

Конструирование ПП выполняется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к конечному изделию — прибору, и условно делится по назначению (как и сами изделия) на три класса (международная классификация):

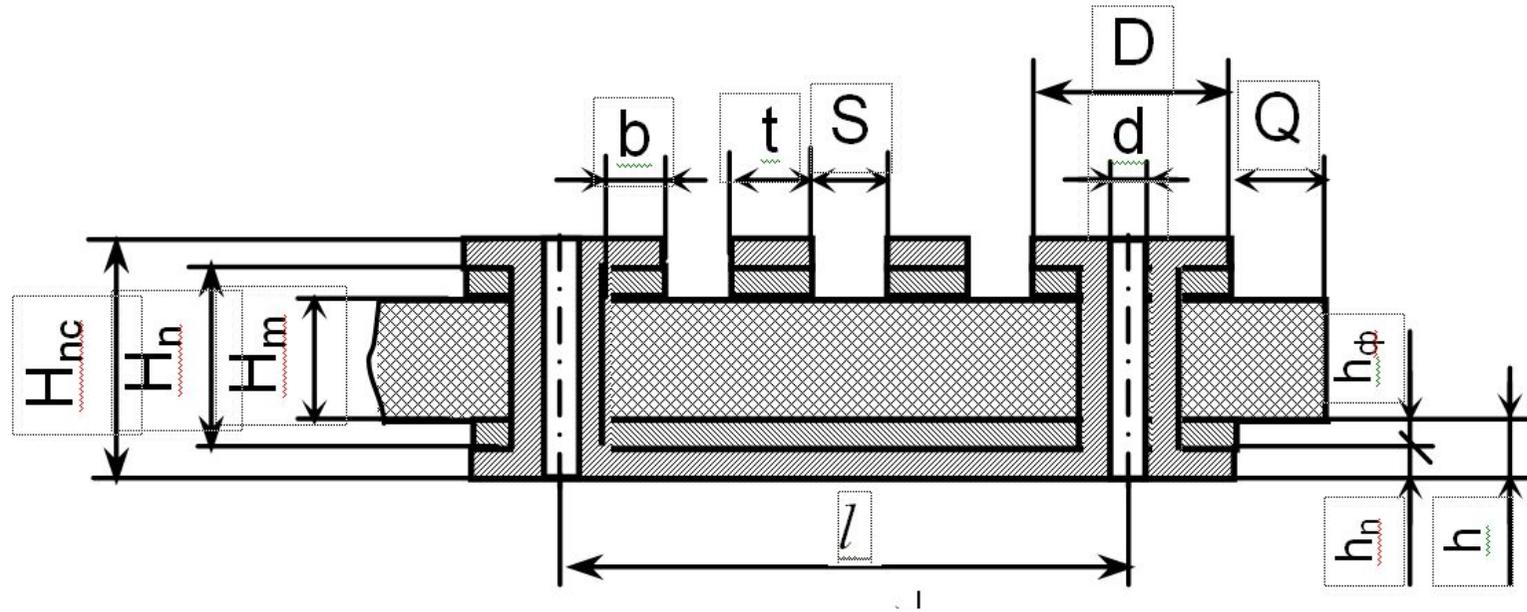
- **Класс 1 — ПП и ПУ в изделиях общего назначения (Бытовая электроника)**
 - Включают потребительские изделия, такие, как компьютеры и компьютерную периферию, применяемые там, где косметические дефекты не имеют значения, а главным требованием является функционирование готового изделия электроники.
- **Класс 2 — ПП и ПУ в изделиях промышленной электроники** Включают коммуникационное оборудование, сложную профессиональную аппаратуру и приборы, от которых требуется высокая производительность и увеличенный срок службы, и для которых бесперебойная работа желательна, но не является предельно важной. Допустимы определенные косметические дефекты.
- **Класс 3 — ПП и ПУ в высококачественных электронных изделиях (Спецтехника)**
 - Включают оборудование и изделия, для которых особую важность имеет бесперебойное функционирование. Простой оборудования неприемлем, оборудование должно задействоваться незамедлительно; например, в системах жизнеобеспечения, авиационной, космической или военной технике. Электронные изделия этого класса применяются для решения задач, где требуются высокие уровни надежности, функционирование является самым главным, а условия работы могут быть чрезвычайно суровыми.

Предельные условия эксплуатации конечных изделий разных категорий

(согласно требованиям международного стандарта IEC-7351)

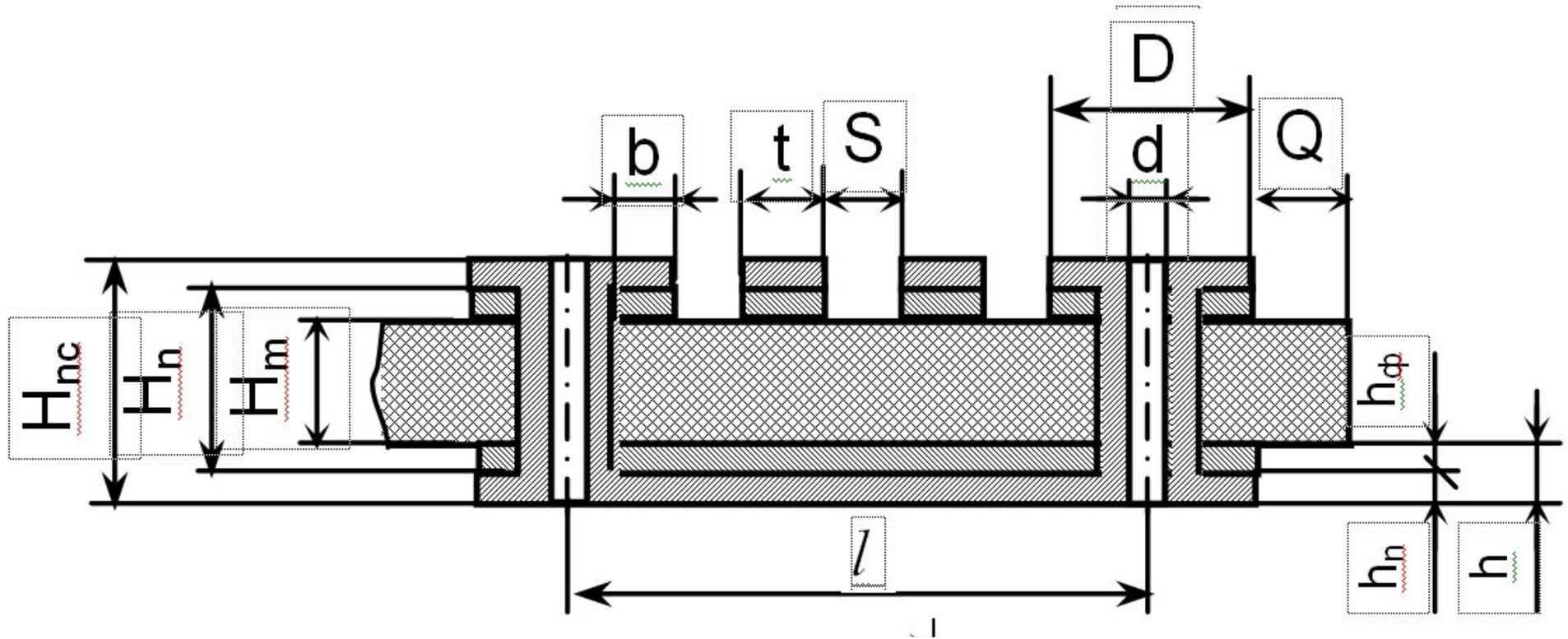
Категория конечного изделия	Температурный диапазон, °C		Предельные условия эксплуатации						
	хранение	эксплуатация	T _{min} , °C	T _{max} , °C	ΔT, °C	T _D , час	Циклов в год	Срок службы, лет	Вероятность отказа, %
Товары широкого потребления	-40/+85	0/+55	0/+32	+60/+140	35/63	12	365	1-3	1
Компьютерная техника	-40/+85	0/+55	0/+32	+60/+140	20/36	2	1460	5	0,1
Телекоммуникационное оборудование	-40/+85	-40/+85	-40/-40	+85/+185	35/63	12	365	7-20	0,01
Для гражданской авиации	-40/+85	-40/+85	-55/-67	+95/+203	20/36	12	365	20	0,001
Промышленная электроника	-55/+150	-40/+85	-55/-67	+95/+203	20/36	12	185	10-15	0,1
Военная техника (наземного и морского базирования)	-40/+85	-40/+85	-55/-67	+95/+203	40/72 и 60/108	12 12	100 265	10-20	0,1
Космическая техника LEO GEO	-40/+85	-40/+85	-55/-67	+95/+203	от 3/5,4 до 100/180	1 12	8750 365	5-30	0,001
Военная авиационная техника a b c	-55/+125	-40/+85	-55/-67	+125/+257	40/72 60/108 80/144	2 2 2	100 100 65	10-20	0,01
Автомобильная электроника	-55/+150	-40/+125	-55/-67	+125/+257	60/108	1	1000	10-15	0,1

Классы точности печатных плат (по ГОСТ Р53429-2009)



Наименование параметра	Наименьшие номинальные значения размеров элементов проводящего рисунка для класса точности						
	1	2	3	4	5	6	7
Ширина проводника, t	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10	0,075	0,050
Расстояние между проводниками, S	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10	0,075	0,050
Гарантийный поясик контактной площадки, b	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025	0,020	0,015

Параметры печатной платы



H_n - толщина печатной платы; H_m - толщина основания печатной платы; h_ϕ - толщина фольги; h - толщина проводящего рисунка; h_n - толщина химико-гальванического покрытия; b - гарантийный поясок контактной площадки; d - диаметр отверстия; D - диаметр контактной площадки; t - ширина печатного проводника; S - расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка; Q - расстояние от края платы, выреза, паза до элемента проводящего рисунка; l - расстояние между центрами отверстий.

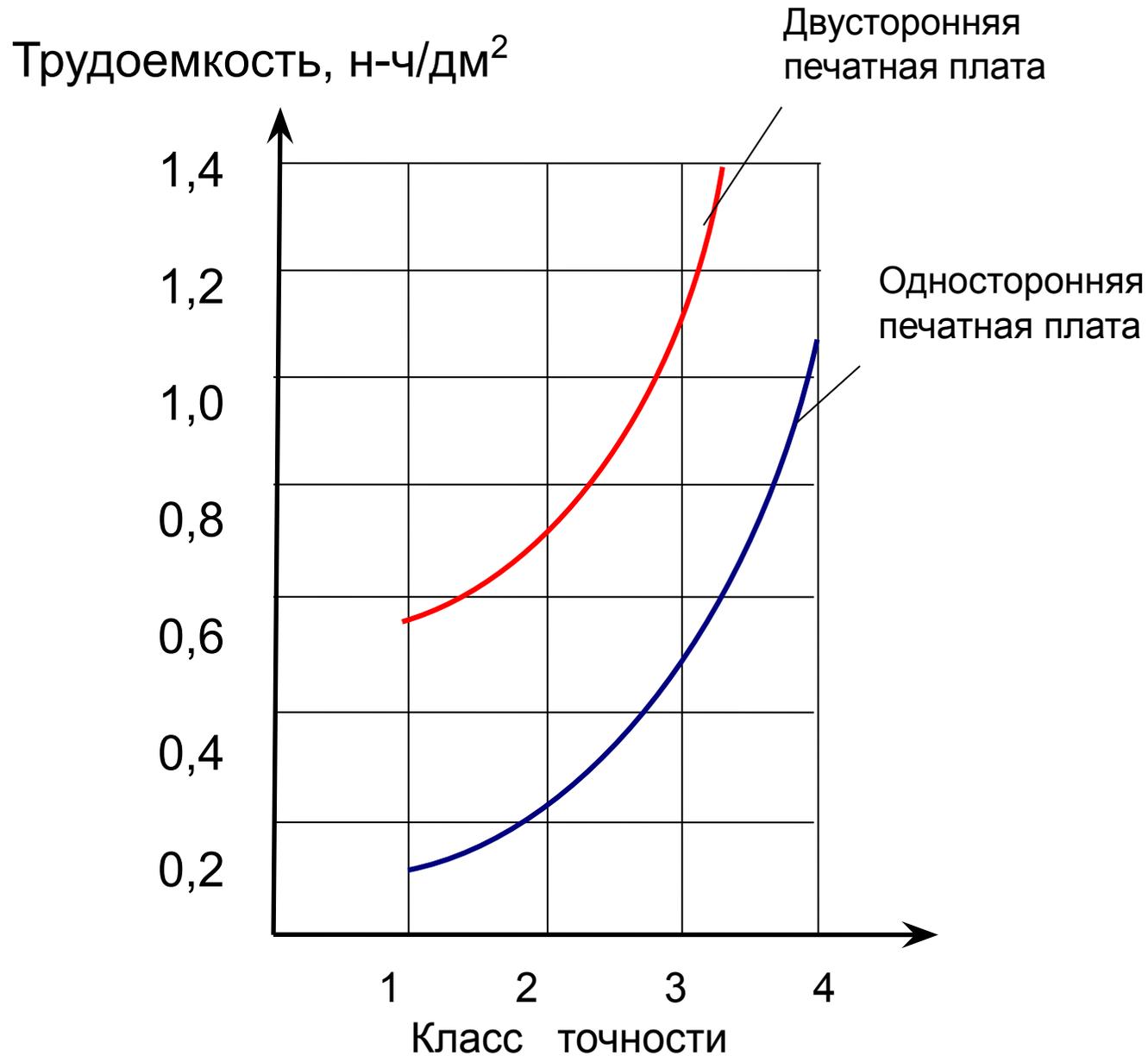
Классы точности печатных плат (по ГОСТ Р53429-2009)

Диаметр отверстия	Наличие металлизации	Предельное отклонение диаметра отверстия для класса точности						
		1	2	3	4	5	6	7
До 0,3	Без металлизации	-	-	-	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02
включ.	С металлизацией	-	-	-	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02
	без оплавления				-0,07	-0,07	-0,06	-0,06
	С металлизацией и с оплавлением	-	-	-	-	-	-	-
Св. 0,3 до 1,0	Без металлизации	±0,10	±0,10	±0,05	±0,05	±0,05	±0,025	±0,02
включ.	С металлизацией	+0,05	+ 0,05	+0	+0	+ 0	-0,025	-0,02
	без оплавления	-0,15	-0,15	-0,10	-0,10	-0,10	-0,075	-0,05
	С металлизацией и	+0,05	+ 0,05	+0	+0	+0	-	-
	с оплавлением	-0,18	-0,18	-0,13	-0,13	-0,13		
Св. 1,0	Без металлизации	±0,15	±0,15	±0,10	±0,10	±0,10	±0,05	±0,03
	С металлизацией	+0,10	+0,10	+0,05	+0,05	+0,05	+0	-0,02
	без оплавления	-0,20	-0,20	-0,15	-0,15	-0,15	-0,10	-0,08
	С металлизацией и	+0,10	+0,10	+0,05	+0,05	+0,05	-	-
	с оплавлением	-0,23	-0,23	-0,18	-0,18	-0,18		

Классы точности печатных плат

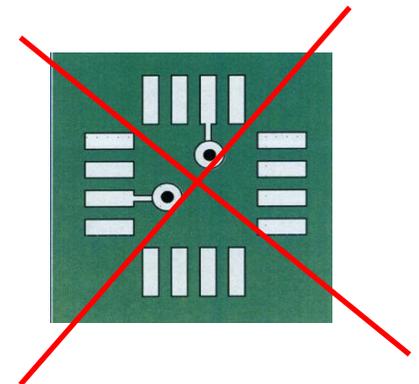
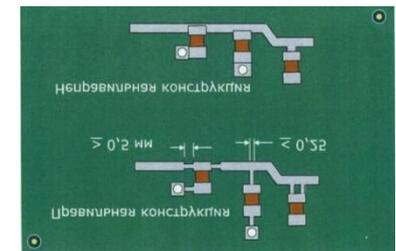
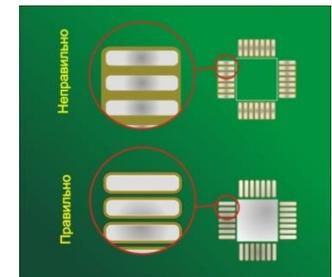
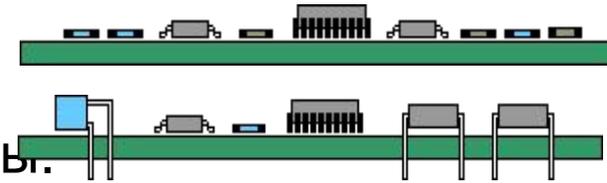
Расстояние между отверстиями	Класс точности			
	1	2	3	4
1,25				
2,50				
3,54				
5,00				

Экономическое обоснование выбора класса точности печатной платы



Конструкторские требования к топологии печатной платы для SMD монтажа

- 1.1. Предпочтительны **печатные платы**, на которых SMD компоненты находятся на одной (верхней) стороне платы.
- 1.2. Наличие паяльной маски на печатной плате обязательно.
- 1.3. Наличие паяльной маски между выводами SMD микросхем обязательно.
- 1.4. На площадках пайки SMD компонентов не должно быть переходных отверстий.
- 1.5. Под SMD компонентом не должно быть переходных отверстий или проводников, не закрытых паяльной маской.
- 1.6. Переходные отверстия желательно закрывать паяльной маской, а переходные отверстия, касающиеся контактных площадок - в обязательном порядке.
- 1.7. Массивные (габаритные) SMD компоненты необходимо размещать на верхней стороне печатной платы.
- 1.8. Резисторы и конденсаторы желательно располагать не ближе 2 мм от выводов SMD микросхем.



Конструкторские требования к топологии печатной платы для SMD монтажа

1.9. Все перемычки между ножками SMD микросхемы должны находиться вне места пайки:



1.10. Площадки SMD компонентов, находящиеся на больших полигонах (экранах), должны быть отделены от полигона перемычками:



1.11. Маркировка не должна пересекать (касаться) площадок пайки.

1.12. На маркировке должна быть указана ориентация полярных компонентов и микросхем.

1.13. Для плат с двухсторонним SMD монтажом маркировку желательно делать на обеих сторонах платы.

Требования к проводникам

- Уменьшение расстояния между выводами до 0,3 – 0,5 мм вызывает необходимость уменьшить ширину проводников и зазоров между ними до величины 0,1 мм (с учетом возможности прокладки дополнительных трасс между контактными площадками), что соответствует 5 классу точности печатных плат по **ГОСТ Р 53429-2009**
- Увеличение ширины проводника свыше 0,2 мм во многих случаях нежелательно, так как это может привести к стеканию на проводник значительной части припоя от выводов компонента при групповой пайке и к непропайке соединения.
- При назначении ширины проводников и зазоров между ними следует учитывать величины предельно допустимого тока через проводник и напряжения, прикладываемаемого между двумя соседними элементами проводящего рисунка. Величина допустимого рабочего напряжения не должна превышать 25 В при расстоянии между элементами проводящего рисунка от 0,1 до 0,2 мм, 50 В – при расстоянии от 0,2 до 0,3 мм, 100 В – при расстоянии от 0,3 до 0,4 мм.

Требования к проводникам

Плотность электрического тока в печатном проводнике не должна превышать 30 А/мм².

Сечение печатного проводника определяется как произведение его ширины на толщину. Толщина проводника равна толщине фольги (при химических методах изготовления печатной платы) или же сумме толщин фольги и слоя гальванической меди при комбинированных методах изготовления. Ширина проводника выбирается в соответствии с табл. 3.1.

Толщина фольги (проводника), мкм	Метод изготовления	Ширина проводника, мм				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
35	Химический	0,07	0,15	0,21	0,28	0,35
50	То же	0,1	0,20	0,30	0,40	0,50
35 (80)	Комбинированный	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80
50 (95)	То же	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95

Технологические допуски при изготовлении печатных узлов

- **погрешности изготовления оригинала фотошаблона** (изменение геометрических размеров фотошаблона из-за температурных воздействий, старения материала, несовершенства используемых при изготовлении оптических систем и т.д.). Как правило, эти погрешности не превышают 0,006 - 0,01 мм;
 - **погрешности за счет материала коммутационной платы.** Связаны с изменением геометрических размеров платы из-за непостоянства технологических температур. Так, изменение температуры на пять градусов приведет к изменению геометрических размеров платы на основе стеклотекстолита с размерами стороны 300 мм на 0,02 мм
 - **погрешности, связанные с обработкой коммутационной платы.**
Для плат, изготавливаемых фотоспособом с механическим сверлением отверстий, отклонение расположения элементов печатного монтажа и их размеров не должно превышать 0,02 – 0,05 мм;
 - **погрешности, вносимые сборочными автоматами.** Точность установки компонента, в зависимости от фирмы изготовителя автомата, способа базирования и контроля, находится в пределах от 0,02 мм до 0,2 мм
- Суммарный технологический допуск, не должен превышать для большинства плат величины 0,2 – 0,4 мм

Определение диаметров монтажных, переходных и крепежных отверстий

Диаметр монтажного отверстия зависит от диаметра вывода элемента, необходимого монтажного зазора, обеспечивающего возможность автоматизации сборки и затекание припоя внутрь отверстия при пайке, наличия металлизации:

$$d = d_э + r + |\Delta d_{но}|$$

где $d_э$ - диаметр вывода навесного элемента;

r - разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода элемента (значение параметра должно находиться в пределах от 0,1 до 0,4 мм);

$\Delta d_{но}$ - нижнее предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия (см. таблицу на предыдущем слайде -85).

Предпочтительные размеры монтажных отверстий выбирают из ряда 0,4(0,5); 0,6(0,7); 0,8(0,9); 1,0(1,2); 1,3; 1,5, при этом количество выбранных диаметров не должно превышать трех.

Переходные отверстия должны иметь малое сопротивление, а для получения высокой плотности печатного рисунка - и малые размеры. Однако при малом диаметре отверстий и большой толщине плат трудно обеспечить хорошее качество металлизации, поэтому минимальный диаметр переходного отверстия выбирают из условия:

$$d \geq \gamma h$$

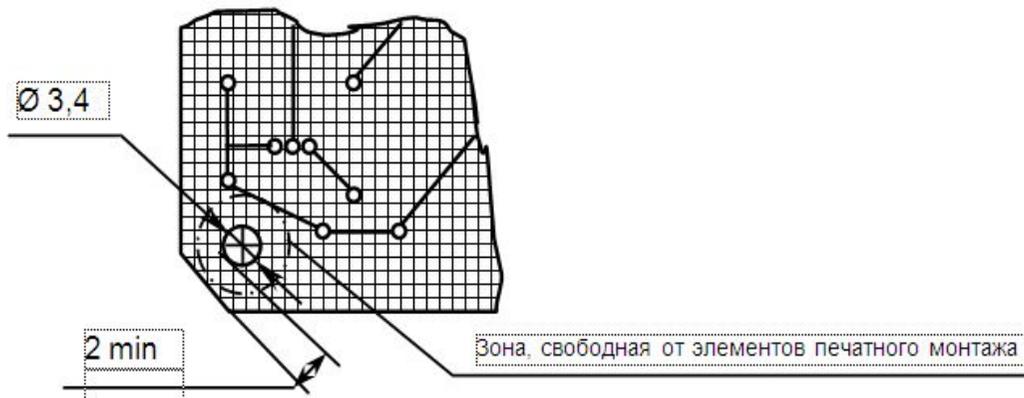
где h - толщина платы, мм;

γ - отношение номинального значения диаметра металлизированного отверстия к толщине платы (выбирается по таблице 3.5 в зависимости от класса точности. Это отношение лежит в пределах от 0,2 для 5 класса точности до 0,4 для 1 и 2 класса точности печатной платы).

Определение диаметров монтажных, переходных и крепежных отверстий

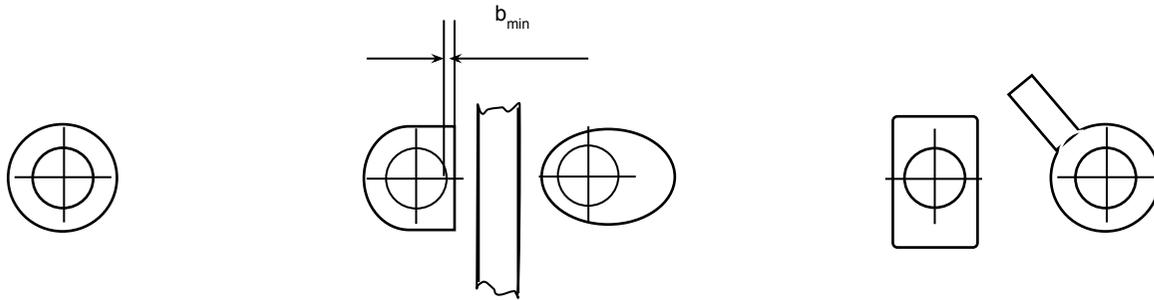
Крепежные отверстия располагаются, как правило, по углам (периметру) печатной платы. При выборе диаметров этих отверстий необходимо обеспечить свободную установку крепежных элементов как на плате, так и на шасси. Так, например, для назначаемых обычно отклонениях межцентрового расстояния $\pm (0,1 \dots 0,2)$ мм для наихудшего случая разница присоединительных размеров платы и шасси составляет величину до 0,4 мм, что требует назначения номинального диаметра крепежного отверстия для винтов М3 не менее 3,4 мм.

При этом следует также определить возможную зону расположения крепежных отверстий. Частой ошибкой является расположение их близко к краю ПП, что механически ослабляет угол платы. Следует выдержать расстояние от края отверстия до края печатной платы не менее 2 мм. В зоне расположения головки винта и шайбы не должны располагаться выводы элементов, контактные площадки и печатные проводники



Определение диаметров монтажных, переходных и крепежных отверстий

Контактные площадки могут иметь произвольную форму, однако предпочтительной является круглая форма. Для обеспечения лучшей трассировки допускается подрезание краев контактной площадки до минимально допустимого гарантийного пояса или развитие в свободную сторону. Контактная площадка, предназначенная для установки первого вывода многовыводного элемента, должна иметь форму, отличную от остальных (например, иметь "усик" или быть квадратной или прямоугольной формы).



Диаметр круглой контактной площадки можно определить по формуле:

$$d_k = d + \Delta d_{\text{до}} + 2b + c,$$

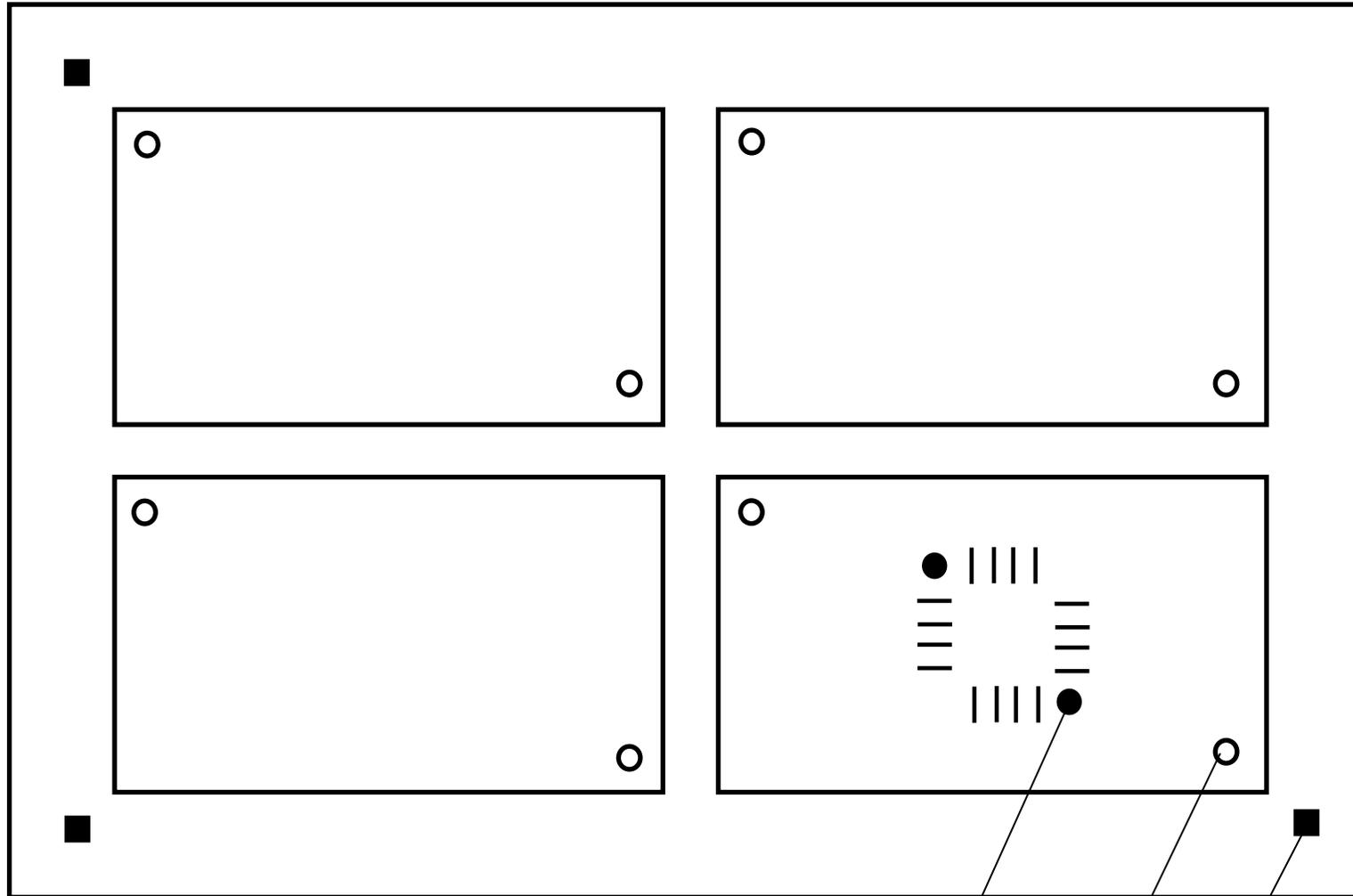
где d - диаметр монтажного отверстия;

$\Delta d_{\text{до}}$ - верхнее предельное отклонение диаметра отверстия (см. данные таблицы 3.5);

b - гарантийный пояс контактной площадки (см. таблицу 3.5);

c - коэффициент, учитывающий влияние разброса межцентрового расстояния, смещение фольги в разных слоях, подтравливание диэлектрика. Для плат 1 класса точности $c = 0,6...0,7$, для плат 2 и 3 классов $c = 0,4...0,5$.

Глобальные и локальные реперные знаки



Локальные реперные знаки компонента

Реперные знаки кадра групповой заготовки

Глобальные реперные знаки групповой заготовки

Глобальные реперные знаки служат для ориентации отдельной платы или мультиплицированной платы

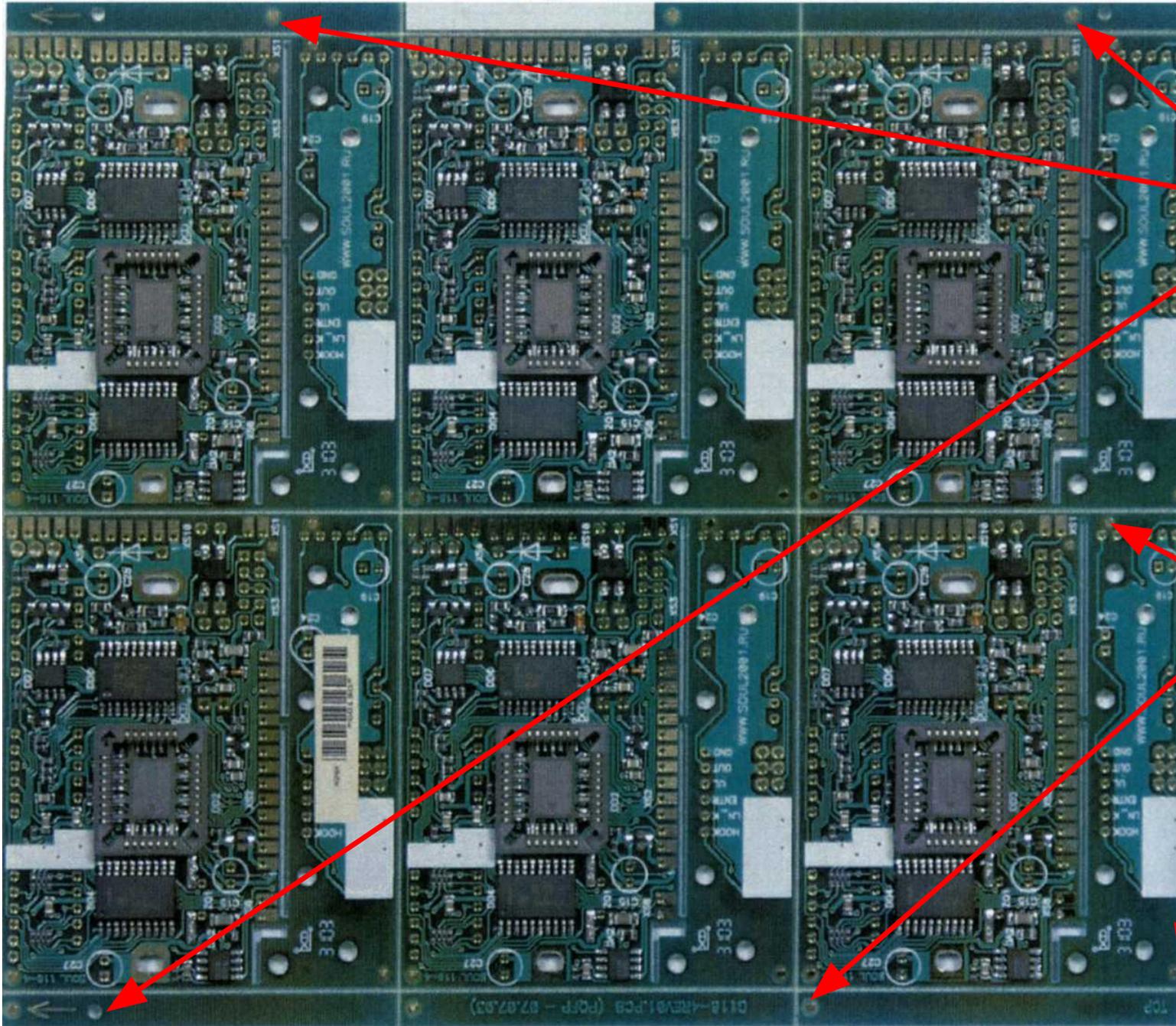
локальные – для ориентации компонентов (как правило, больших размеров и сложной формы, с малым (менее 0,63 мм) шагом расположения выводов, например, в корпусах типа QFP).

Все реперные знаки должны располагаться в узлах координатной сетки.

Глобальные реперные знаки рекомендуется располагать по диагонали платы на максимально возможном друг от друга расстоянии,

Между знаком и краем платы должно быть расстояние не менее 5 мм

Расположение глобальных и локальных реперных знаков

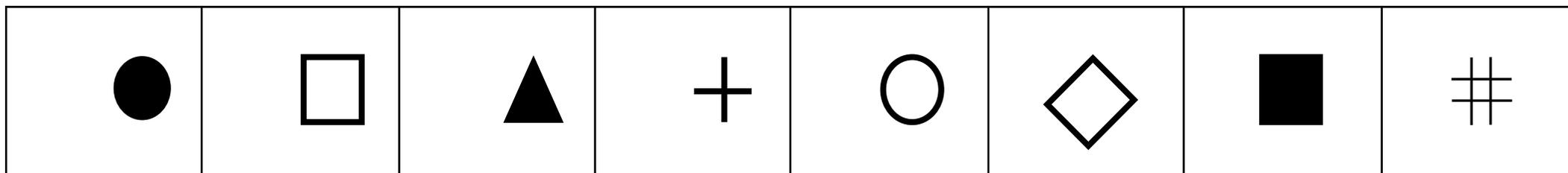


Глобальные
реперные
знаки

Реперные
знаки
печатного
узла

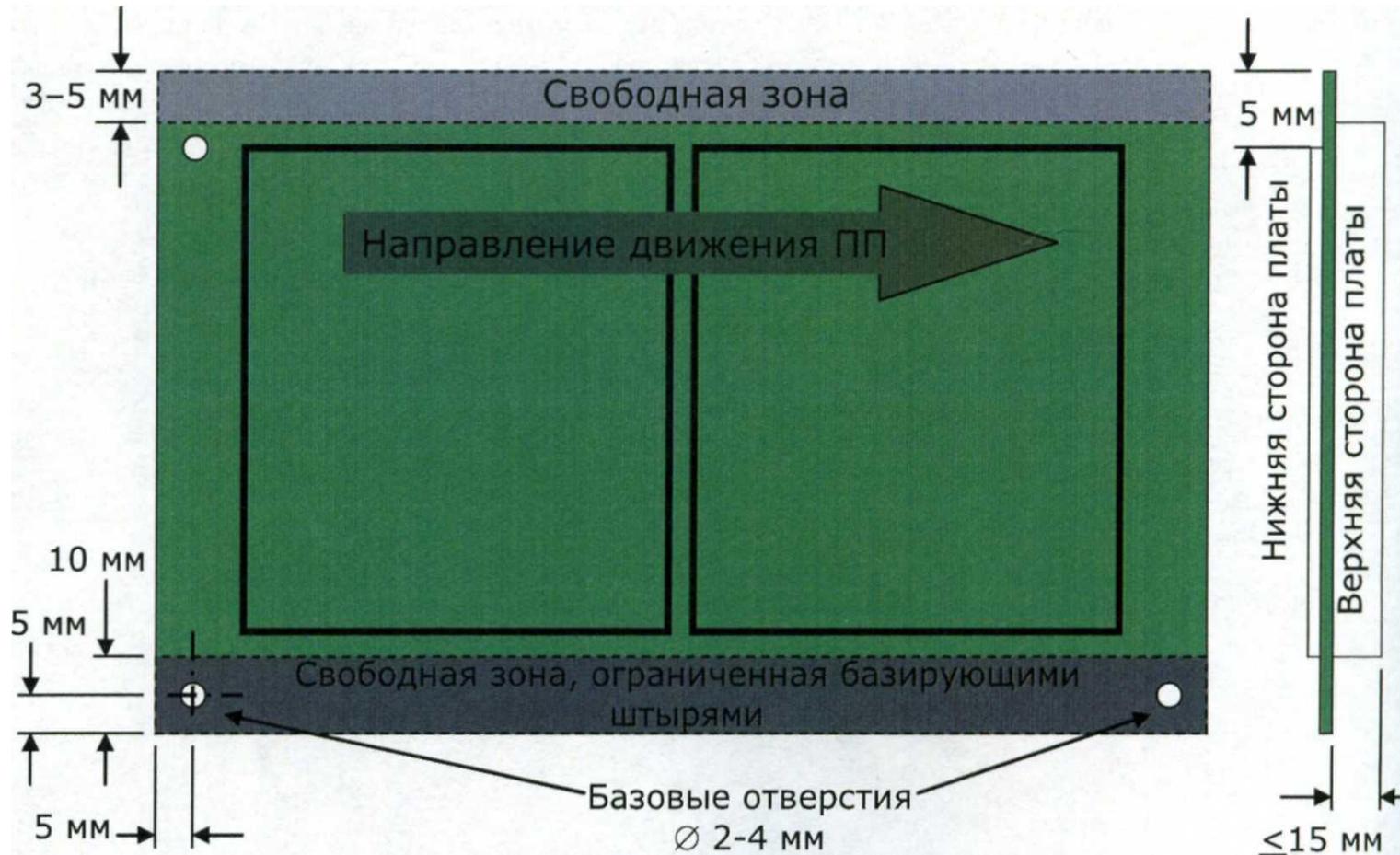
Обеспечение точности позиционирования путем использования систем технического зрения

Рекомендуемые конфигурации и размеры реперных знаков



Рекомендуемые размеры реперных знаков – 1,5 – 2 мм

Допустимые зоны установки элементов при автоматизированной сборке

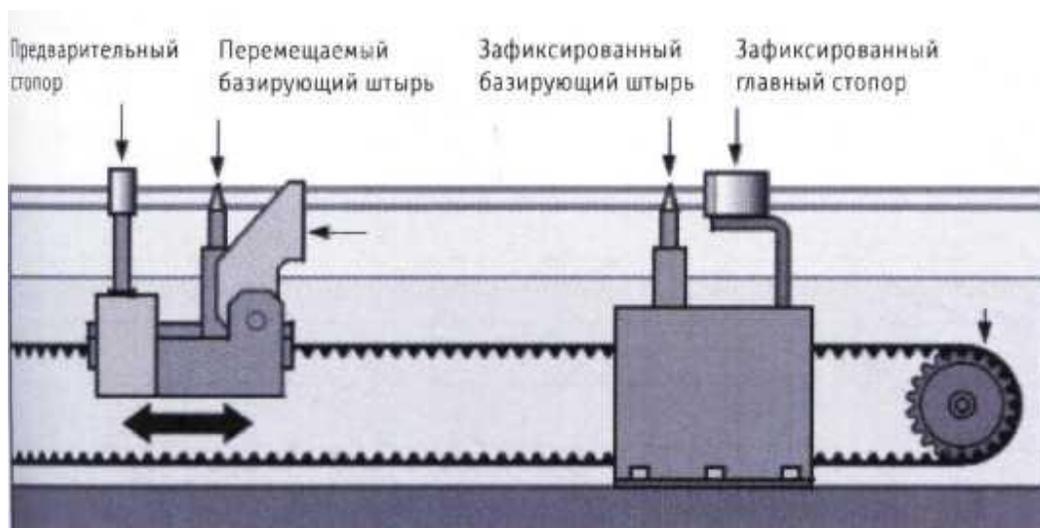
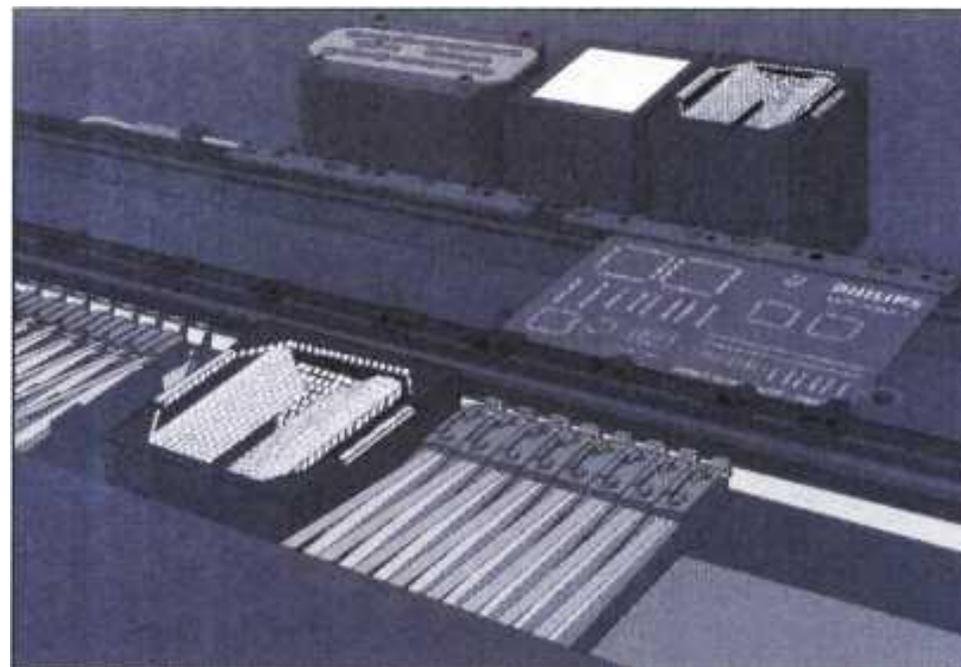


■ Свободная зона, недоступная для установки ПМИ и ИМО

■ - Свободная зона, ограниченная базирующими штырями. Высота устанавливаемых ПМИ в пределах 10 мм от края ПП ограничена (зависит от типа используемого оборудования), кроме того, установка ПМИ невозможна на расстоянии до 3-х мм вокруг базовых отверстий или края ПП.

■ - Область доступная для установки ПМИ и ИМО

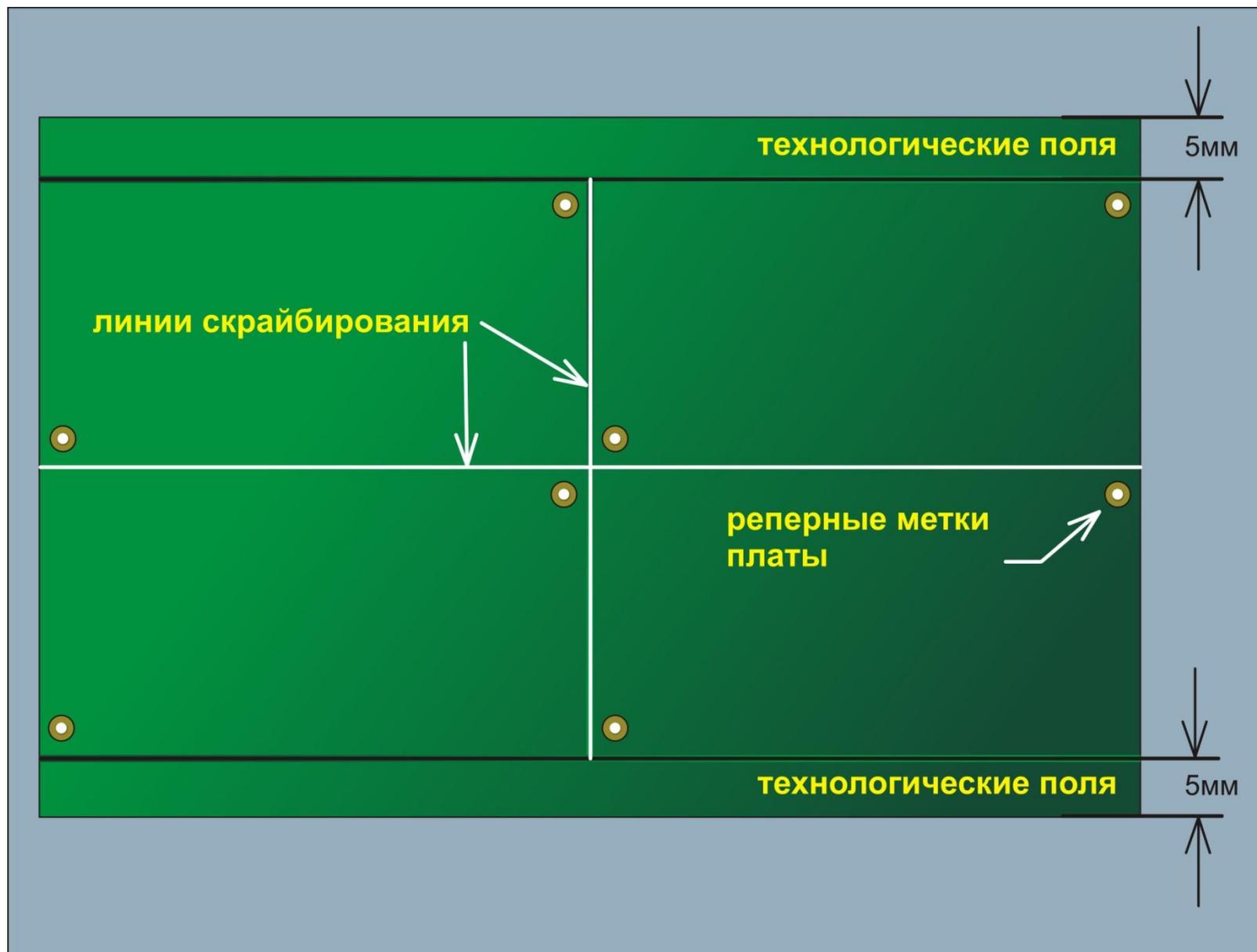
Расположение печатной платы на паллете



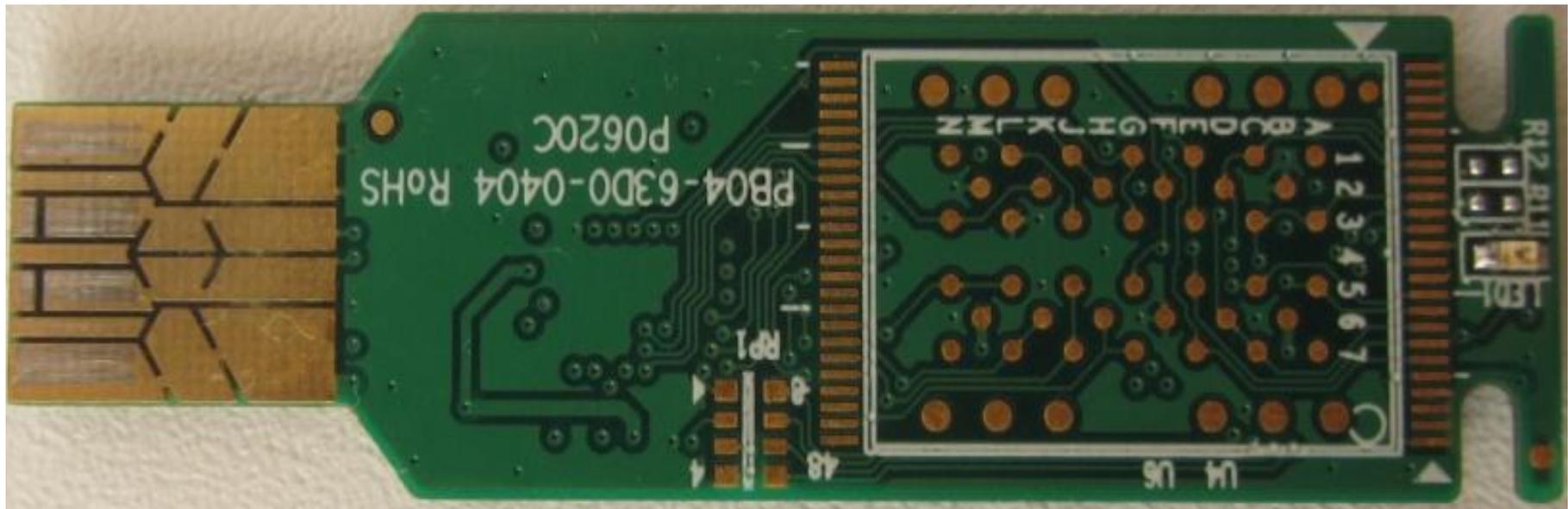
Пример с системой фиксации печатной платы по краям

Конструкция системы фиксации по базовым отверстиям

Расположение реперных знаков



Пример реперных знаков на флеш-карте



Отбраковочные маркеры

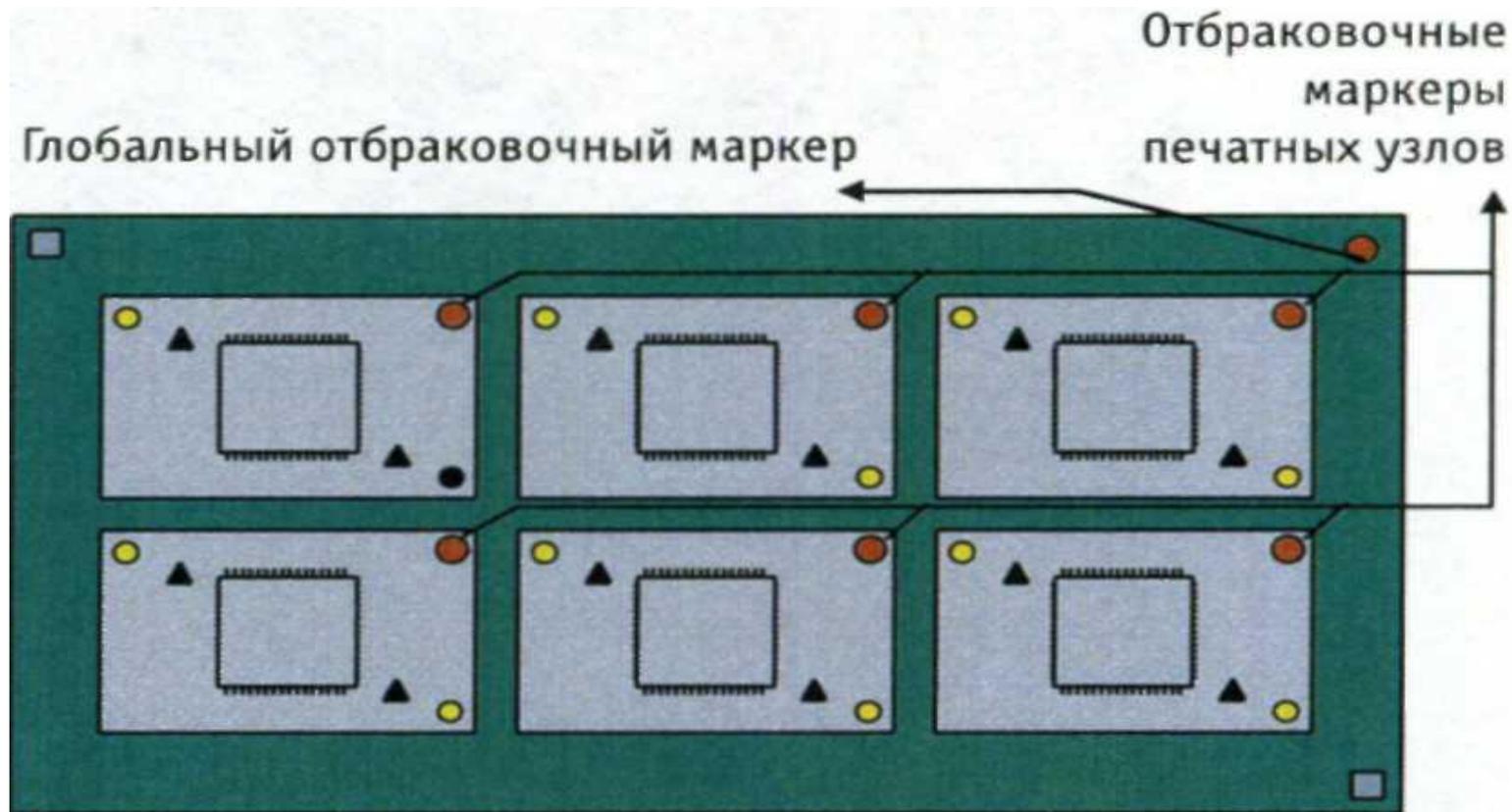
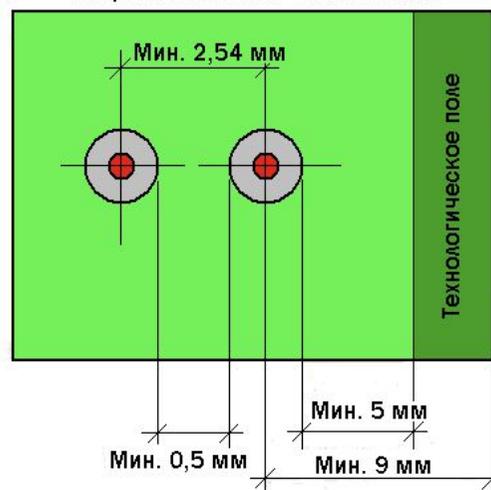
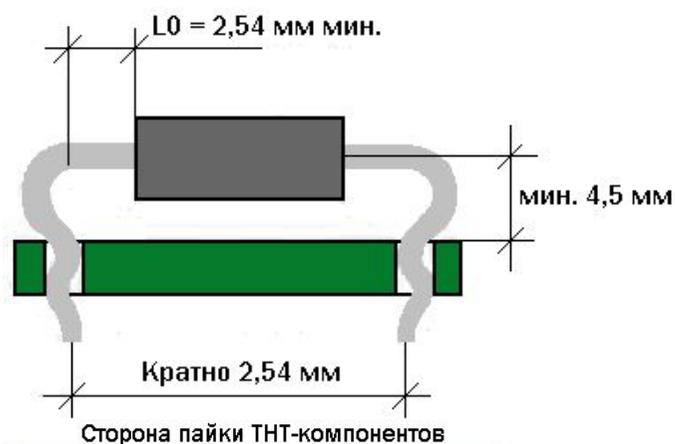
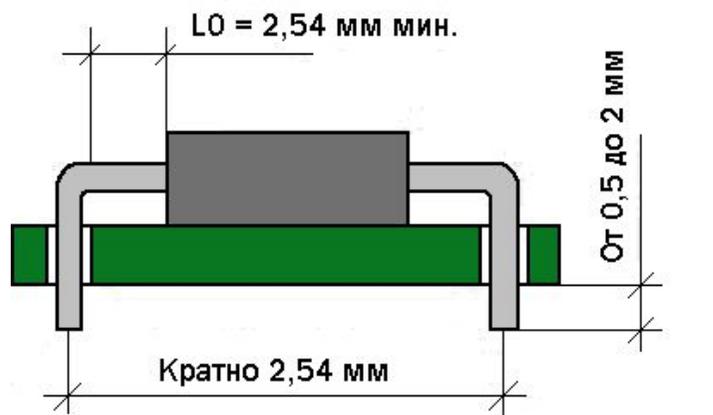


Рис. 3.15 Отбраковочные маркеры

При проектировании мультиплицированных плат следует предусматривать отбраковочные маркеры на каждом из ПУ для автоматического пропуска бракованных печатных модулей при установке компонентов, а также глобальный отбраковочный маркер для индикации наличия бракованных ПУ на плате.

К отбраковочным маркерам предъявляются те же требования, что и к реперным знакам. Форма и размеры отбраковочных маркеров могут совпадать или отличаться от реперных знаков, используемых на плате.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ ДЛЯ ТНТ- КОМПОНЕНТОВ



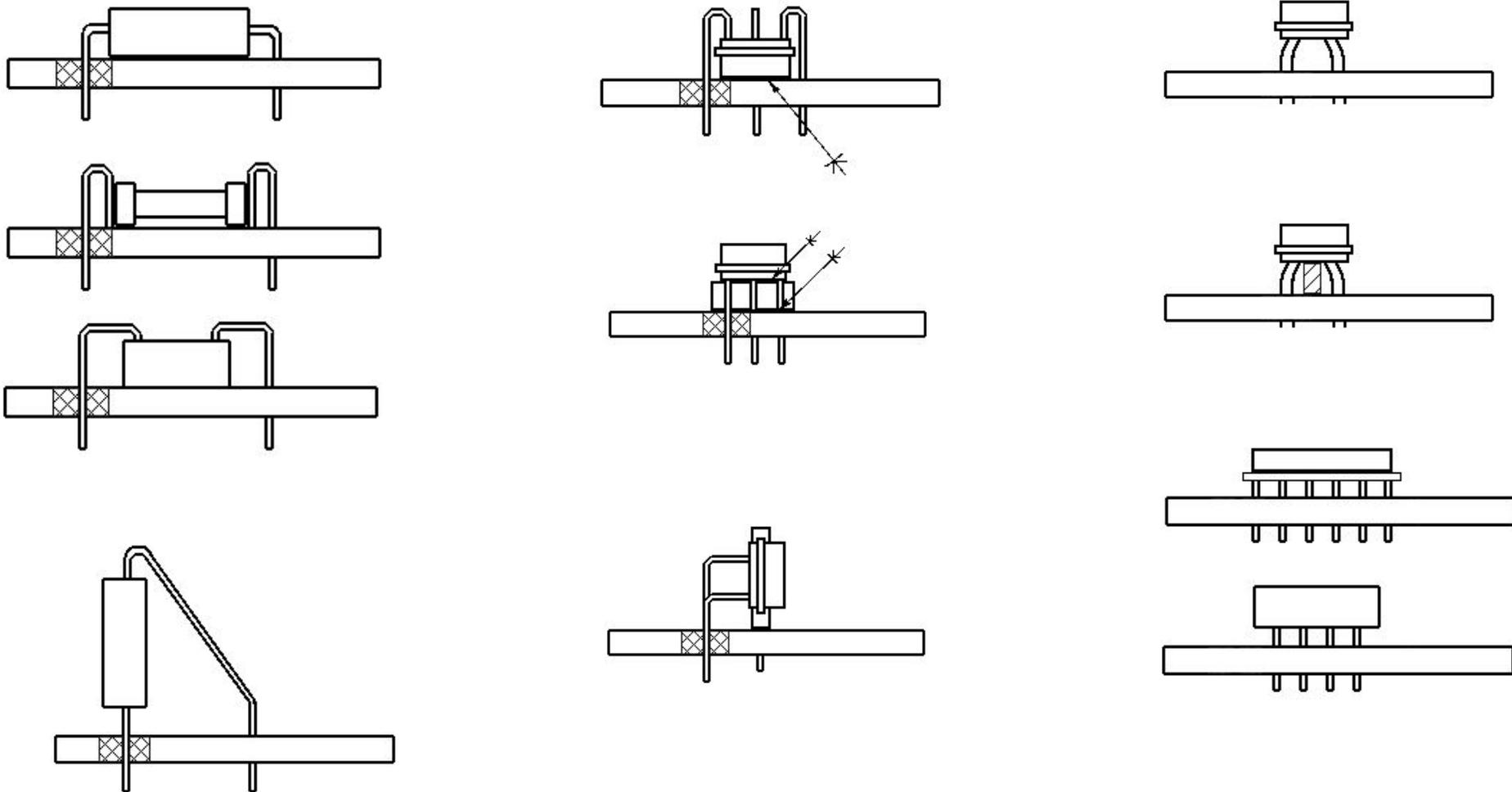
Для всех компонентов, требующих предварительной формовки/гибки/обрезки выводов, расстояние между центрами монтажных отверстий на печатной плате кратно 2,54 мм.

Для компонентов с осевыми выводами минимально допустимый размер вывода до места изгиба должен быть 2,54 мм, т.е. расстояние между выводами определяется согласно рисунку 2.

Минимальная высота формовки выводов под зиг-замок или упорный зиг составляет 4,5 мм (см. рис. 3). Параметры формовки под зиг-замок указаны на рисунке 2 и являются справедливыми как для компонентов с аксиальным расположением выводов, так и с радиальным. Формовка под зиг-замок или упорный зиг возможна только для выводов, толщина которых не превышает 1,2 мм.

Выбор варианта установки компонентов, монтируемых в отверстия

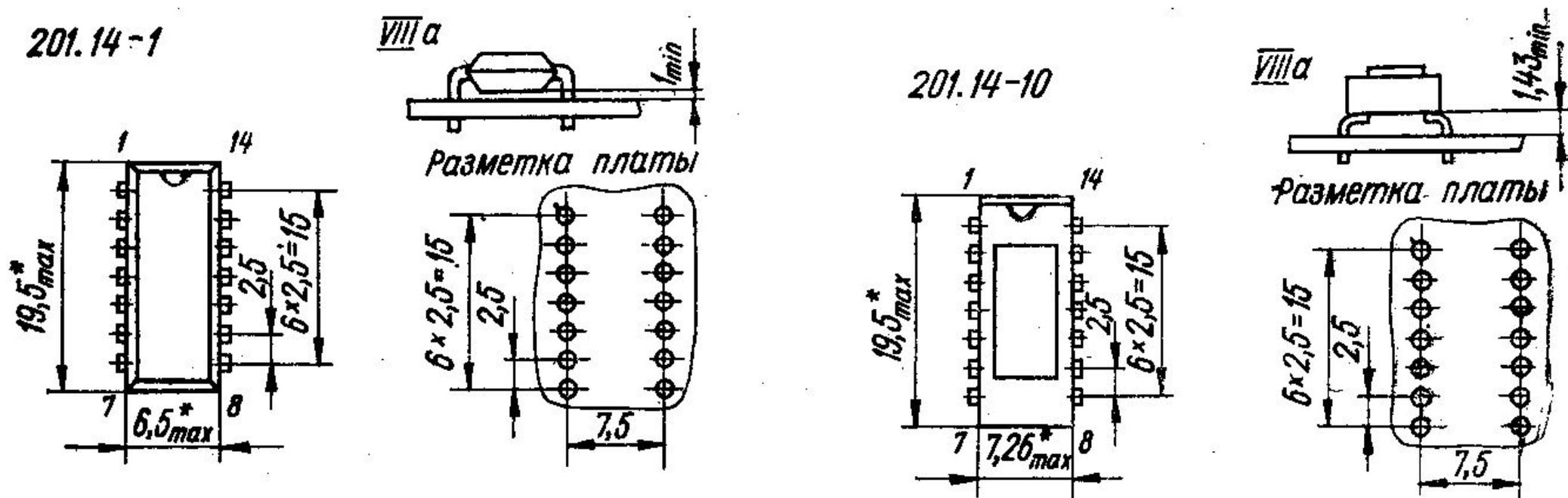
В зависимости от условий эксплуатации, метода изготовления печатной платы, требований к массогабаритным показателям, степени автоматизации монтажа выбирают конкретные варианты установки навесных элементов в соответствии с ОСТ 4.010.030-81 или же ГОСТ 29137-91



Варианты установки навесных элементов в соответствии с ОСТ 4.010.030-81

(см. Горобец А.И. Справочник по конструированию РЭА (печатные узлы)

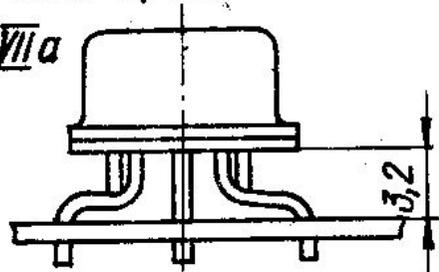
или электронные ресурсы (Варианты установки.doc)



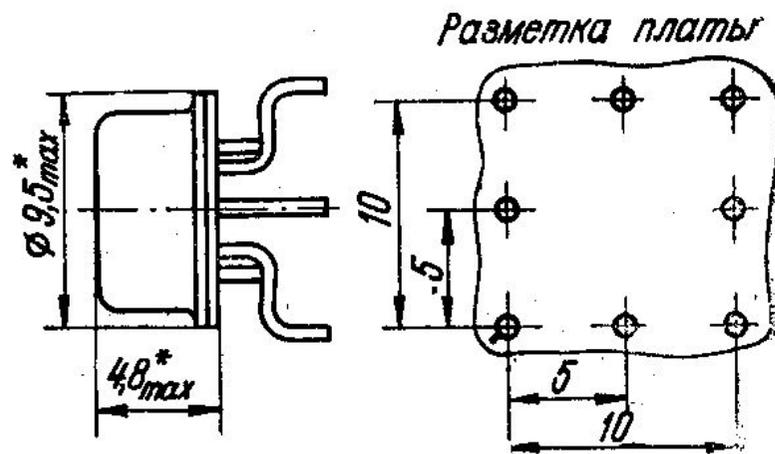
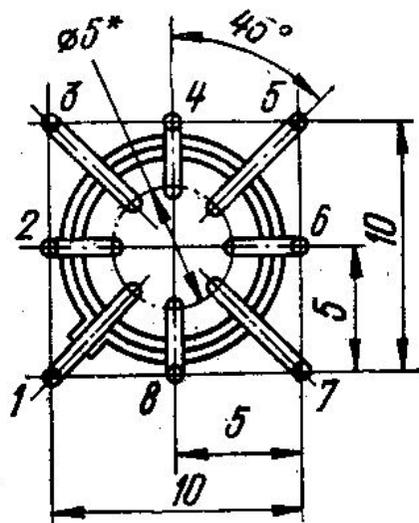
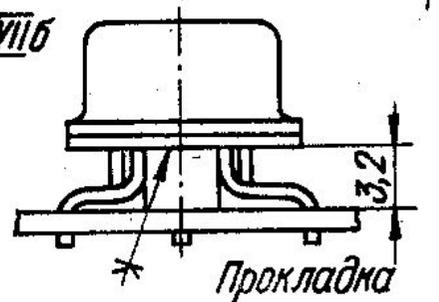
Варианты установки навесных элементов в соответствии с ОСТ 4.010.030-81

301.8-1; 301.8-2

VIIa

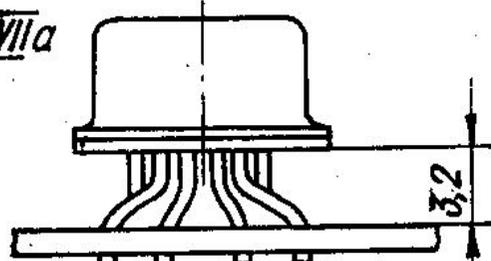


VIIб

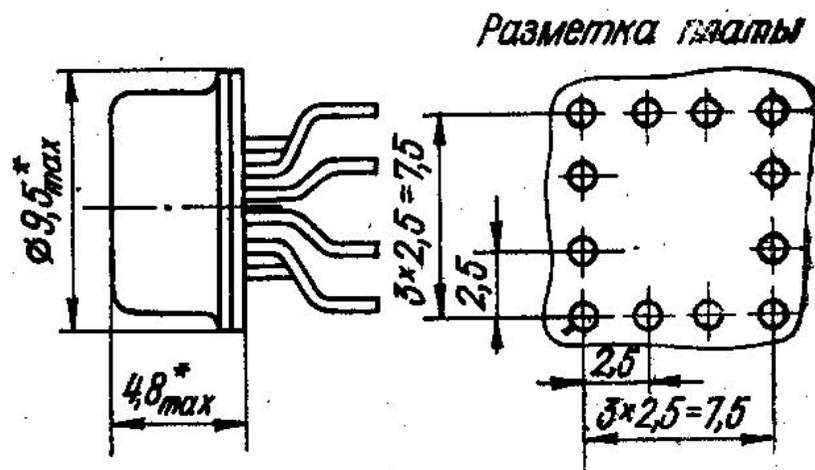
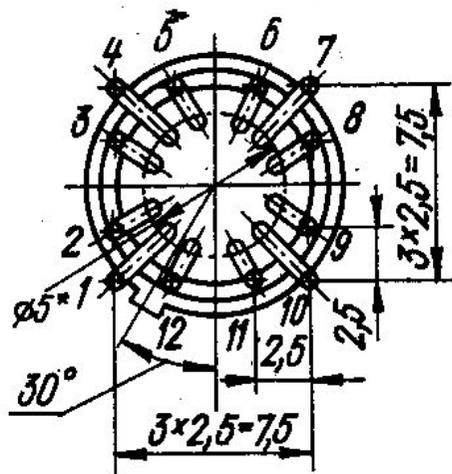
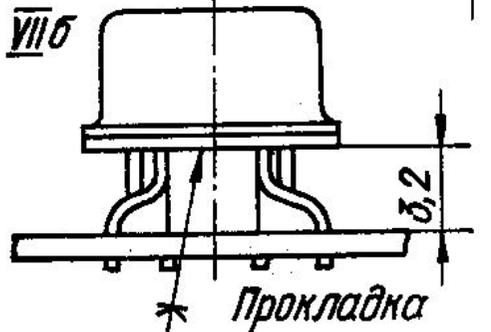


301.12-1

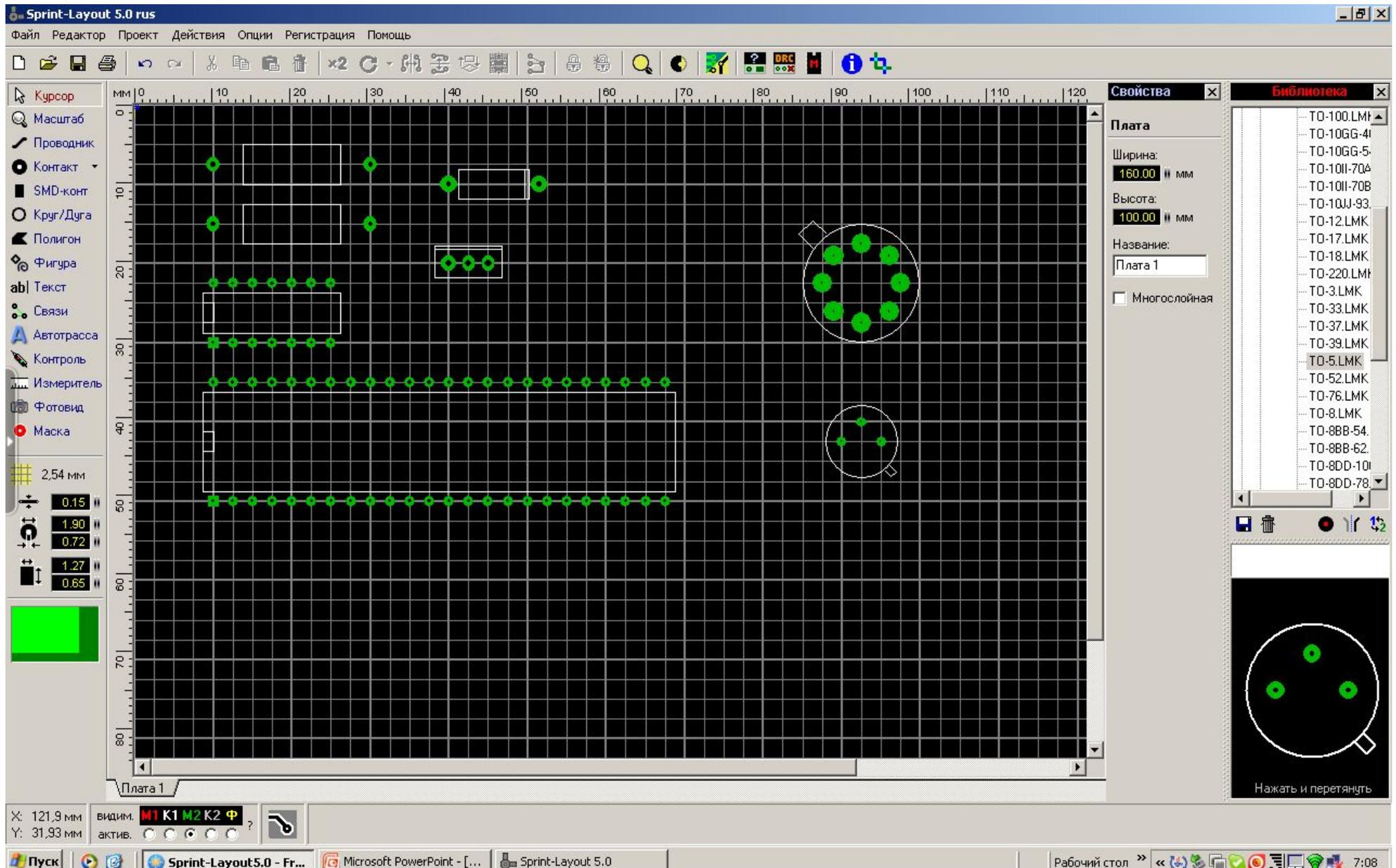
VIIa



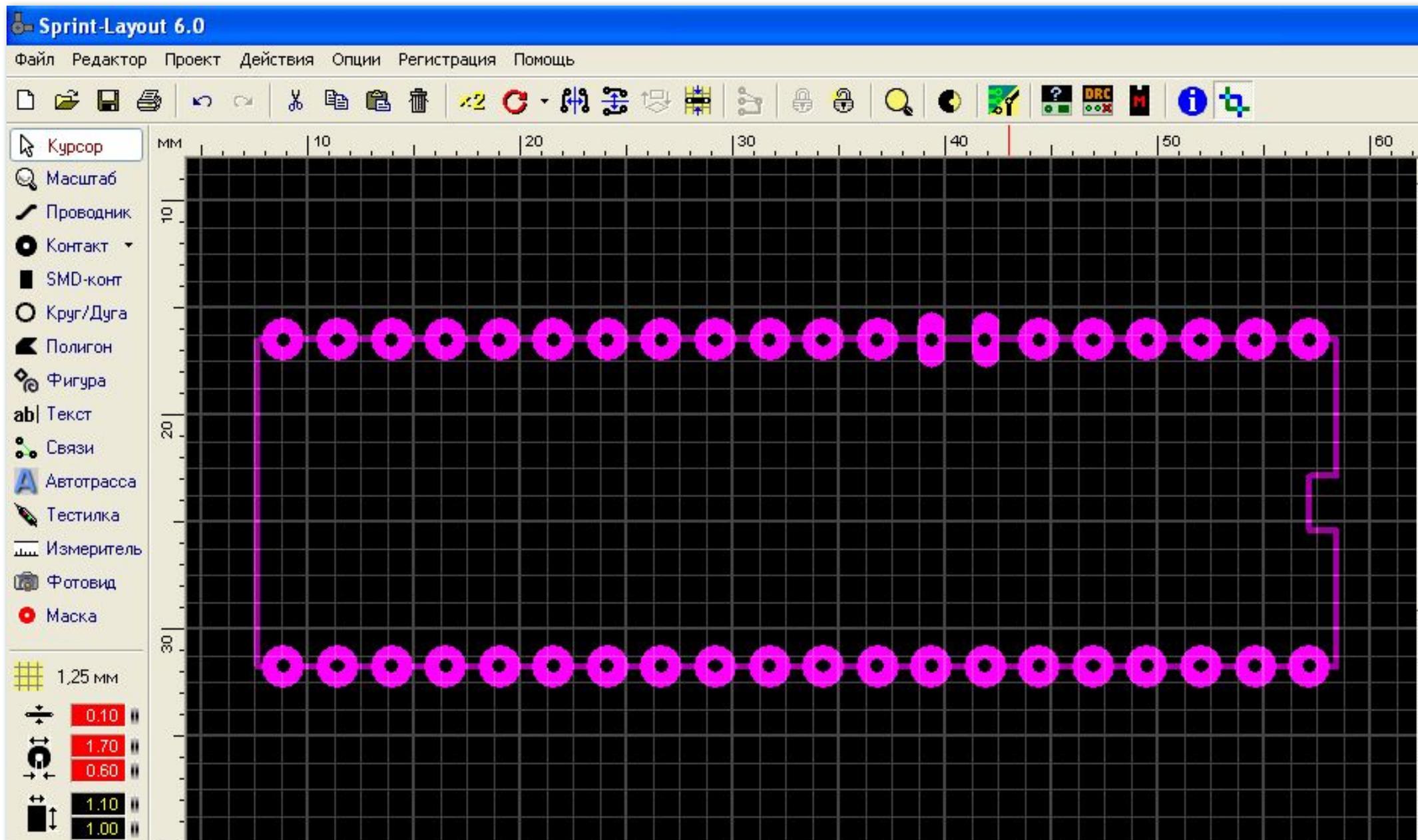
VIIб



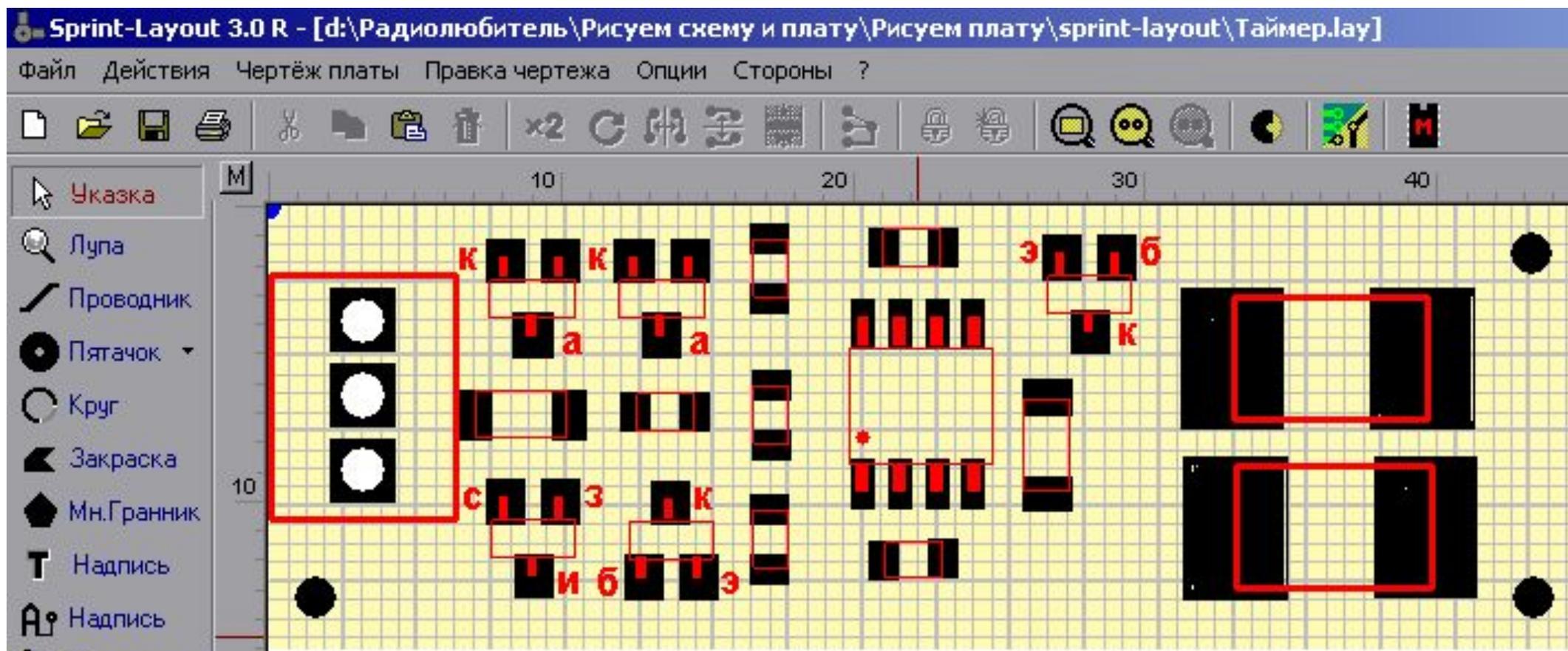
Выводы элементов должны располагаться в узлах координатной сетки



Что будет, если шаг расположения выводов и сетки не совпадают



Расположение посадочных мест КМП

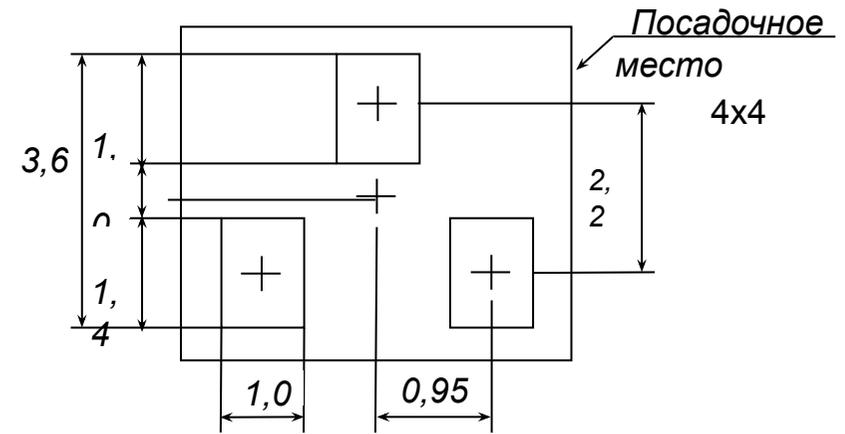
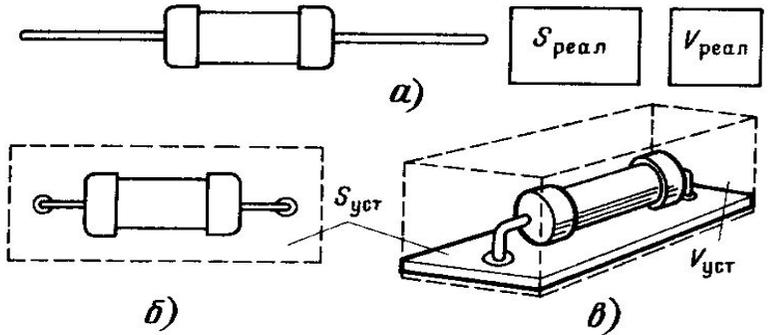


Определение размеров печатной платы

При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения $K_s = (1,5...3)$:

$$S_{пл} = K_s \sum_{i=1}^N S_{уст\ i} + S_{кп}$$

где N - количество компонентов на плате;
 $S_{кп}$ - площадь краевых полей платы;
 $S_{уст\ i}$ - установочная (монтажная) площадь i -го элемента

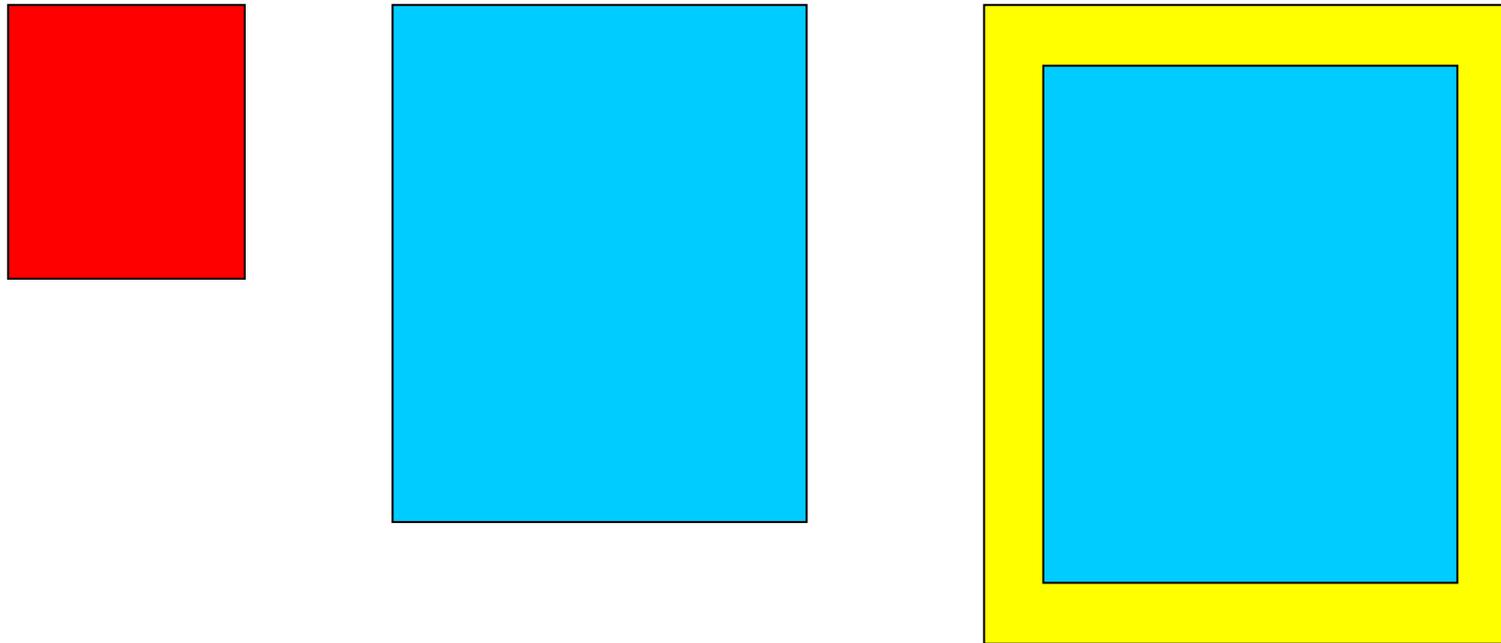


Геометрические размеры прямоугольной платы $a \cdot b = S_{пл}$, где a и b – длина и ширина платы (должны соответствовать требованиям ГОСТ 10317-79, а именно быть кратными 2,5 мм при размере большей стороны платы до 100 мм; 5 мм – до 360 мм и 10 мм – свыше 360 мм). При этом соотношение сторон платы не должно быть более чем 3 : 1.

**Минимальный размер ПП под автоматизированную сборку 50x50 мм,
 Максимальный размер – 460x610 мм.**

Определение размеров печатной платы

Соотношение площадей проекций элементов, монтажной площади и полной площади печатной платы



-  - площадь проекции элементов на печатную плату
-  - площадь печатной платы с учетом коэффициента увеличения ее площади
-  - полная площадь печатной платы с учетом краевых полей

Размеры печатных плат

Габаритные размеры ПП определяются в соответствии с **ГОСТ 10317-79** при максимальном соотношении сторон платы прямоугольной формы **3:1**. При этом предполагается, что $S_{пл} = a \cdot b$, где a и b – длина и ширина платы. В соответствии со стандартом размер каждой стороны печатной платы должен быть кратным:

2,5 при длине до 100 мм;

5 при длине до 350 мм и

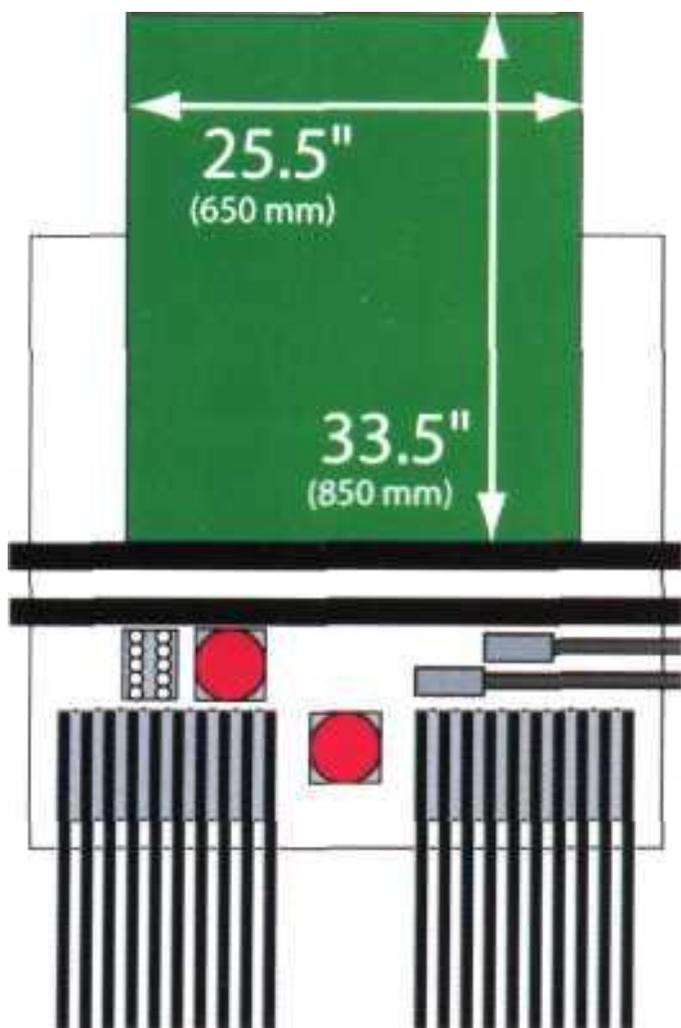
10 при длине более 350 мм.

Рекомендуемые наибольшие размеры печатной платы 460x610 мм, минимальные – 50x50 мм

Возможность работы с большими платами

Автоматы OPAL X1' имеет возможность сборки плат размером до 850x650 мм. Это особенно актуально для предприятий, производящих оборудование для телекоммуникации и специальную технику.

© Даная система работы с большими платами является уникальной и она запатентована компанией Assembleon.

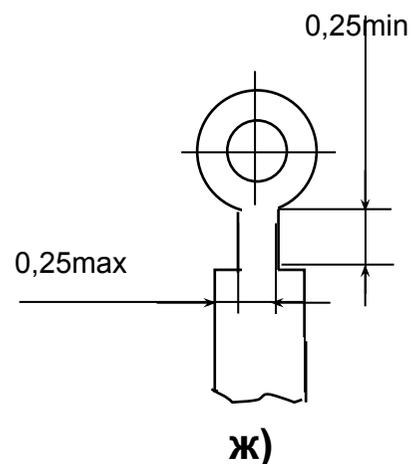
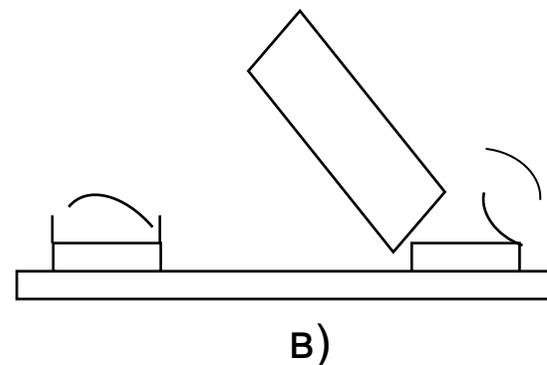
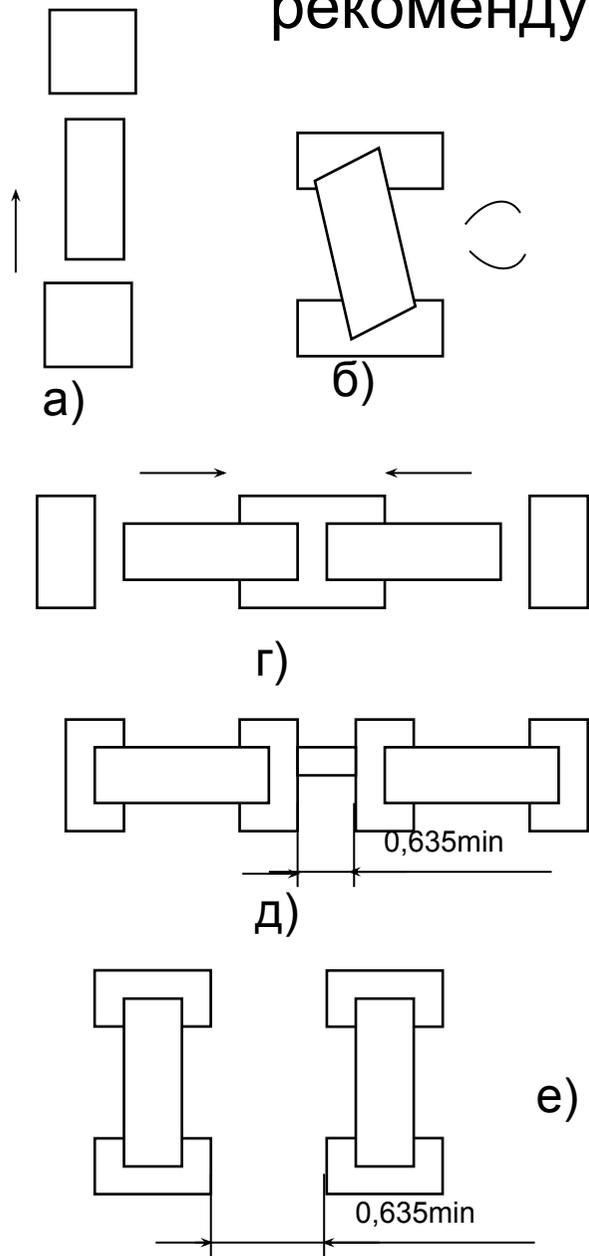


Размеры печатных плат по ОСТ 4.010.020-83 (фрагмент)

Шири-на	Длина								
22,5	60	62,5	125	90	(90)	120	140	170	170
30	40	65	90		100		(160)		200
	55		100		110		180		240
	60		(70)		120		200		250
	(90)		(90)		130		220		270
35	100	70	110		150		240		280
40	(40)		120		160		280		300
	50		(140)		170		150		340
	60		150		(180)		170		205
	(80)		75		170		200		185
	100		80	260	300	220			
	(120)	90	100	(140)	200	240			
50	(50)	80	100	110	150	320			
	60		(110)	120	220	300			
	(70)		120	150	240	240	320		
	75		140	160	280				

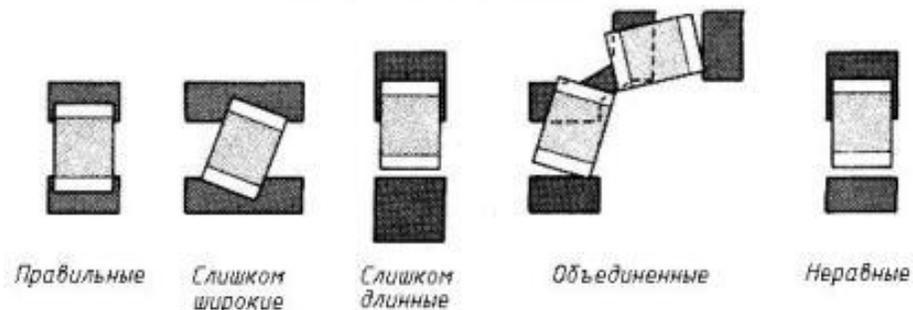
Особенности проектирования контактных площадок

Возможные смещения компонентов при монтаже и
рекомендуемое расположение контактных площадок



а) – смещение КМП при слишком длинной контактной площадке;
б) – разворот компонента при слишком широких площадках;
в) – вздыбливание КМП в результате действия сил поверхностного натяжения;
г) – смещение КМП в случае общей контактной площадки; д), е), ж) – рекомендуемое расположение контактных площадок

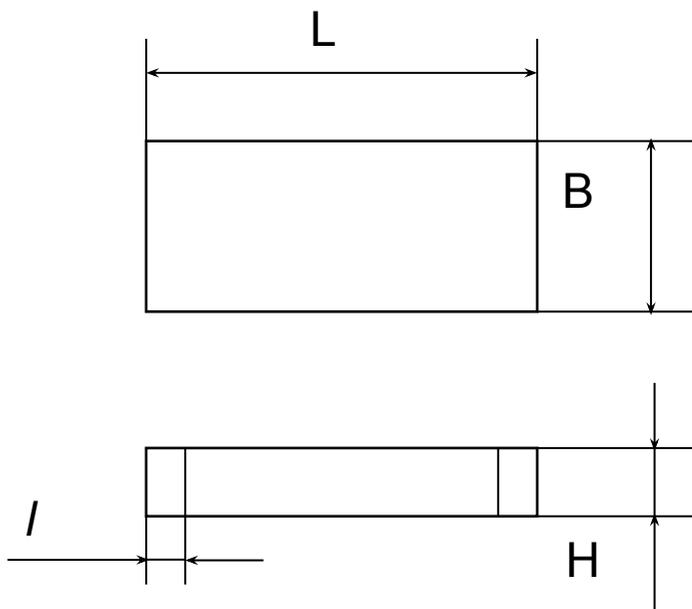
Контактные площадки



Примеры возникающих дефектов при неправильном проектировании контактных площадок

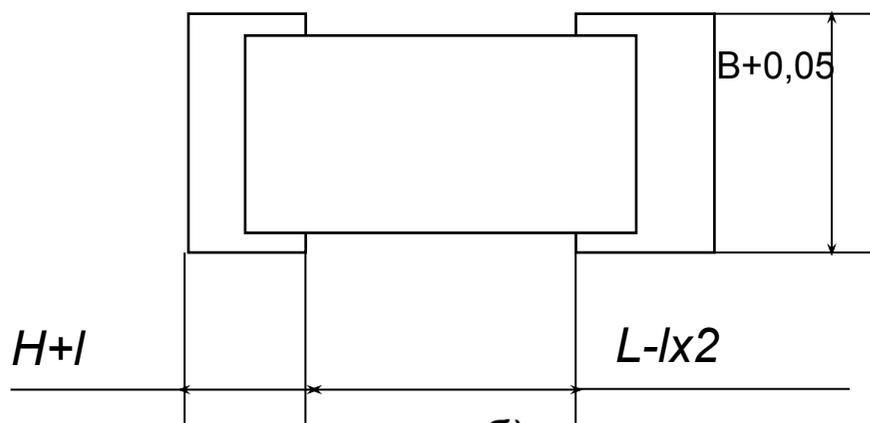
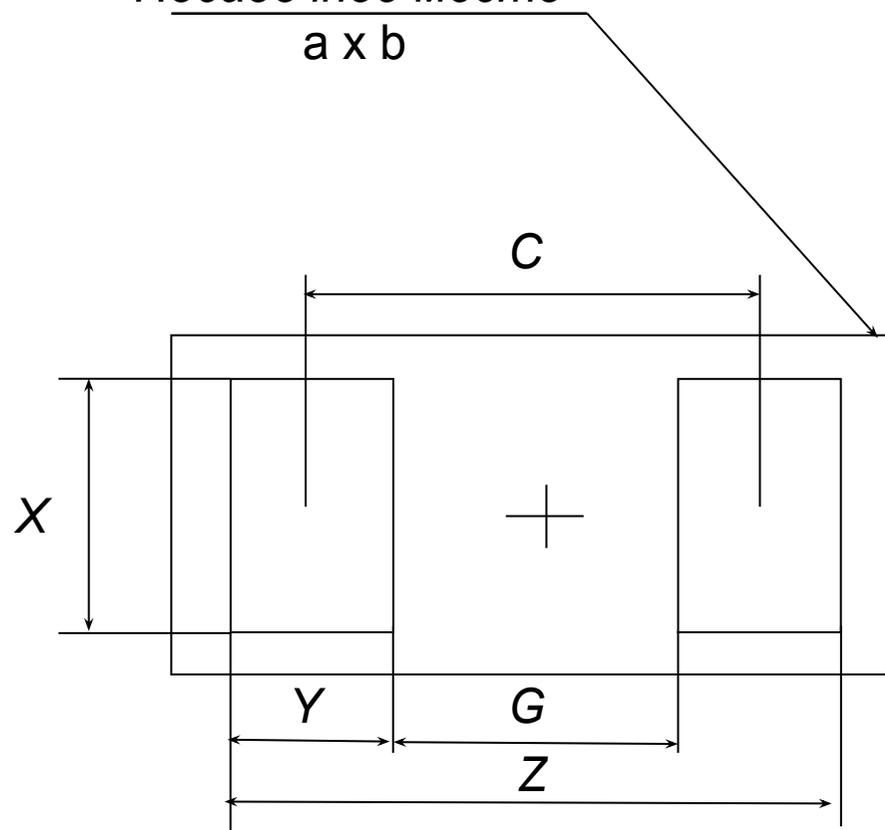


Основные габаритные размеры чип-компонента (а) и разметка посадочного места (б)



а)

Посадочное место



б)

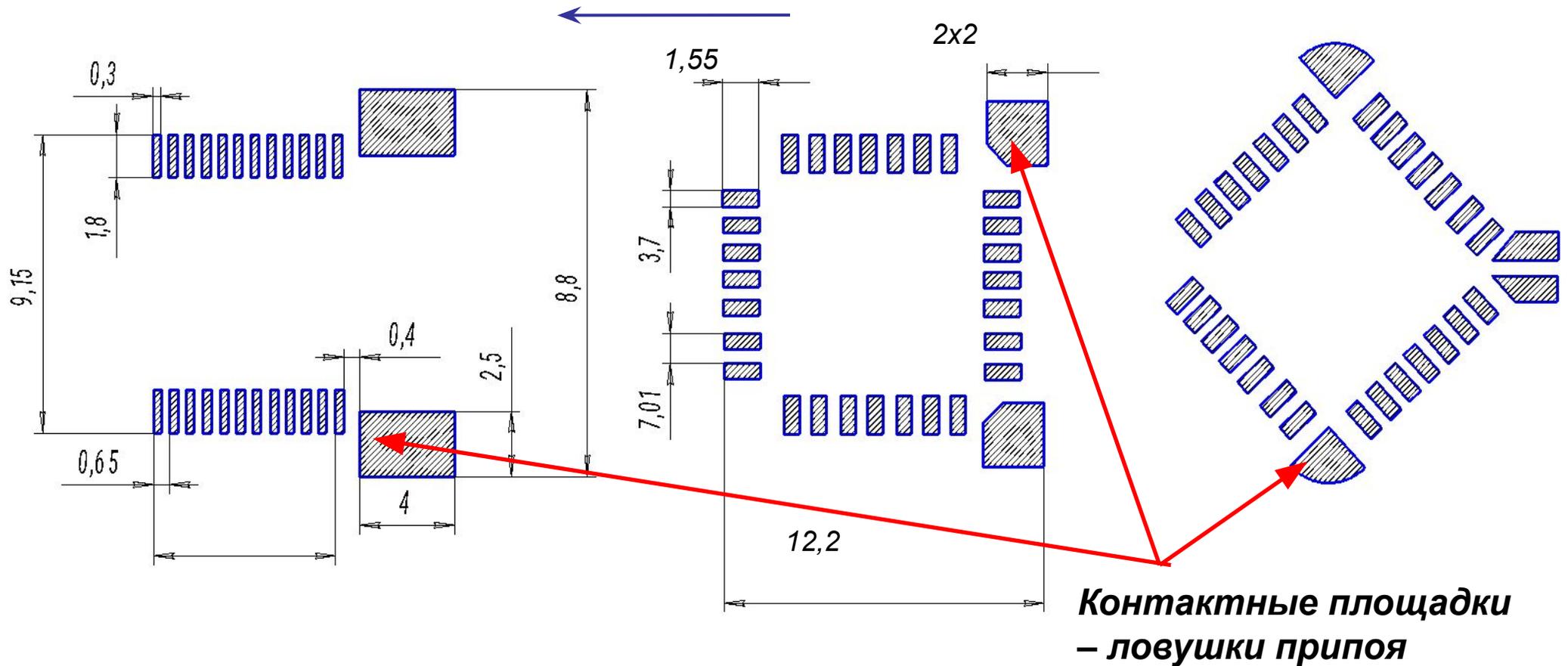
Тип корпуса	Размеры, мм					
	Z	G	X	Y	C	$a \times b$
0402	2,20	0,40	0,70	0,90	1,30	1x3
0603	2,80	0,60	1,00	1,10	1,70	2x3
0805	3,20	0,60	1,50	1,30	1,90	2x4
1206	4,40	1,20	1,80	1,60	2,80	2x5

Размеры контактной площадки, определяемые требованиями качественной пайки



Особенности посадочных мест микросхем в случае пайки волной припоя

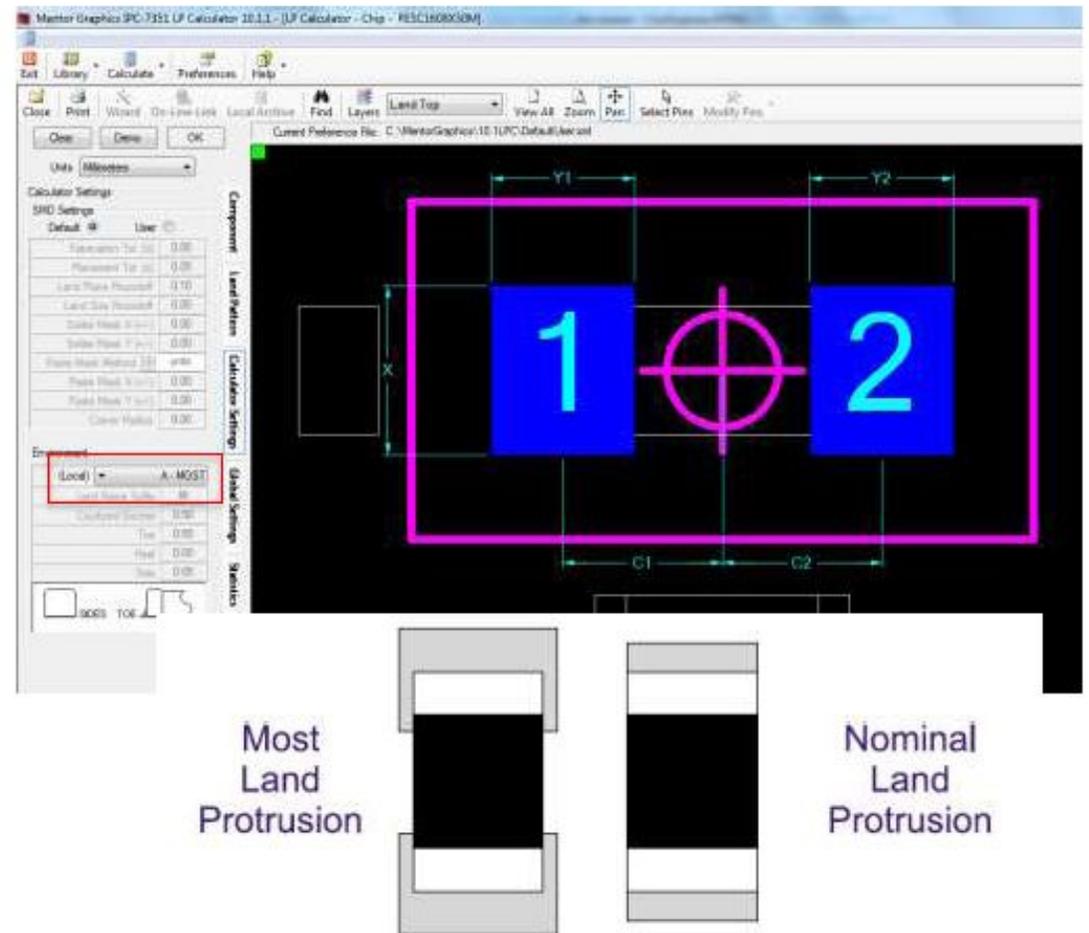
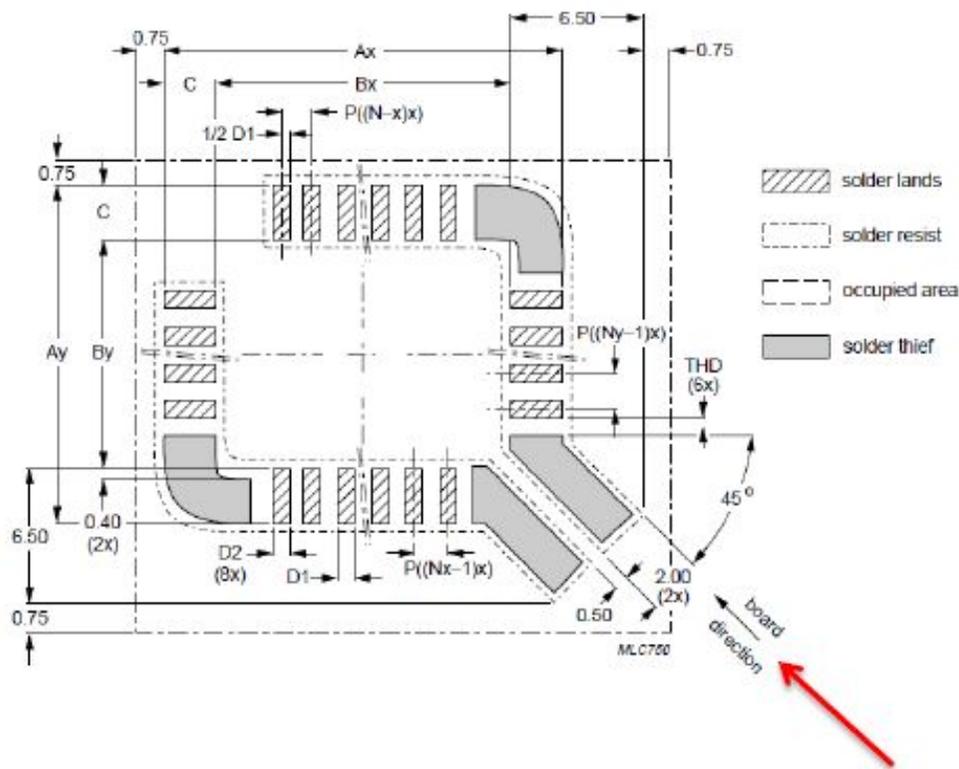
Направление движения платы во время пайки



Корпус SSOP-24

Корпус PLCC-28

Проектирование посадочных мест

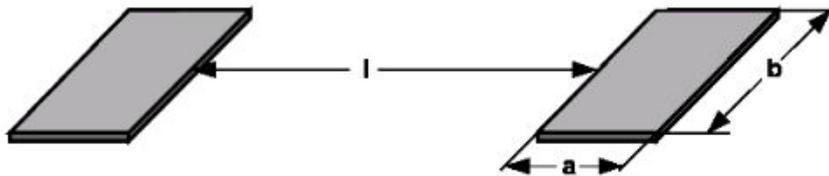
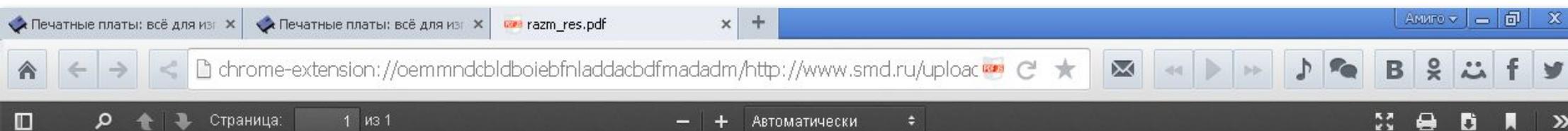


Рекомендации концерна Philips для разных корпусов:
www.standardics.nxp.com/packaging/handbook

Стандарт IPC7351 +
программа LP Calculator

<http://www.smd>

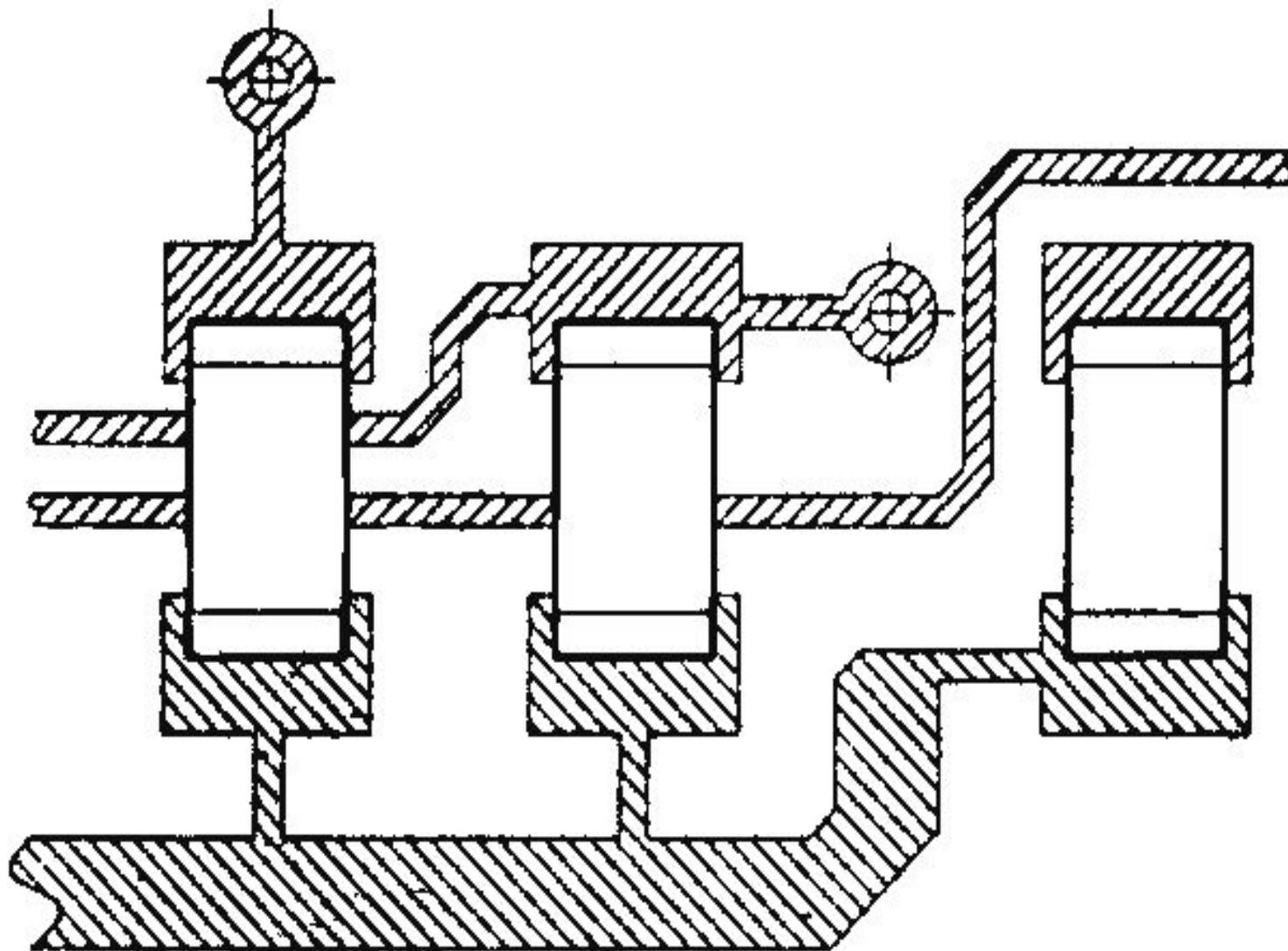
Примеры посадочных мест чип-резисторов



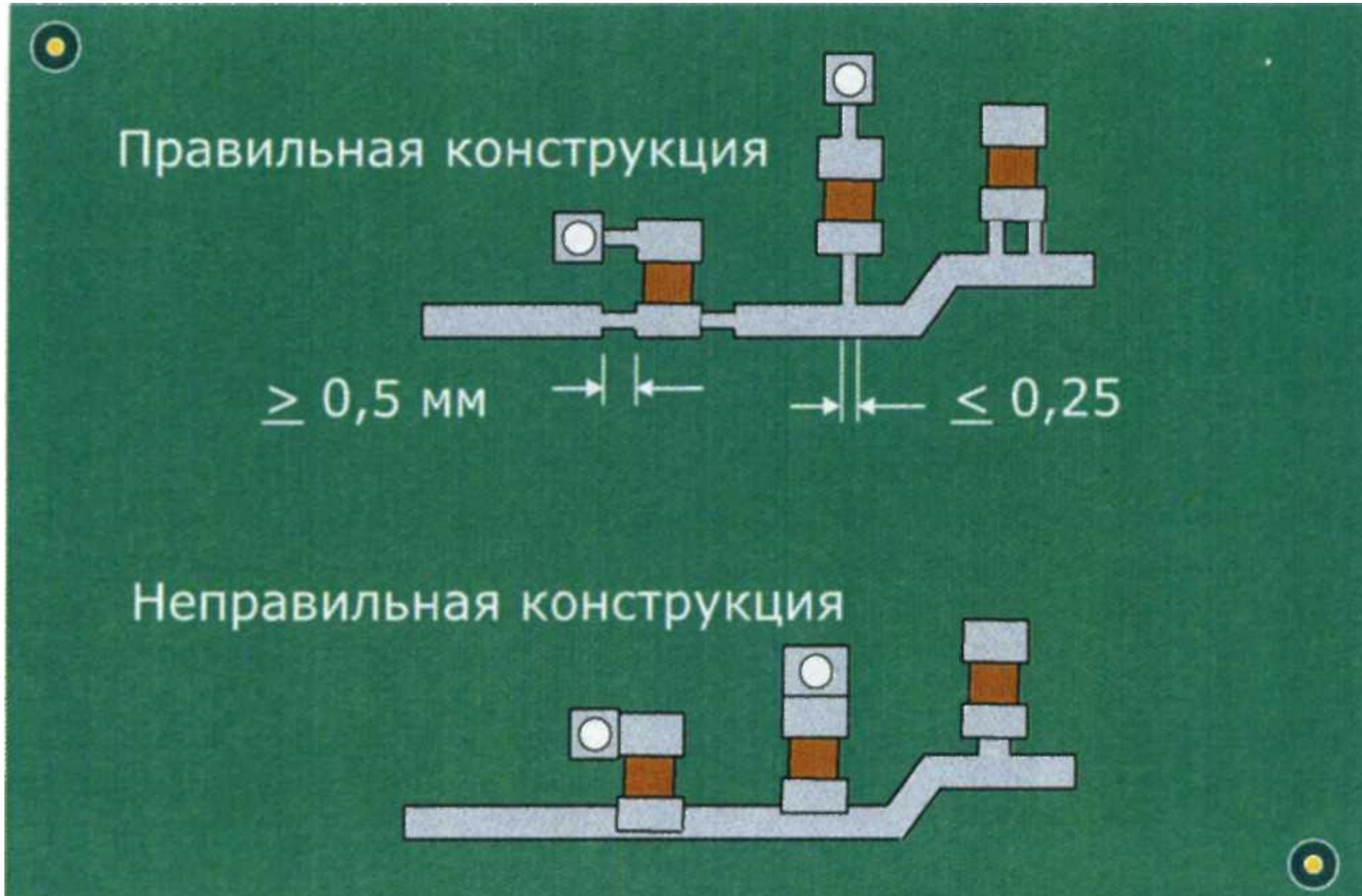
SIZE		SOLDER PAD DIMENSIONS [in millimeters]					
		REFLOW SOLDERING			WAVE SOLDERING		
INCH	METRIC	a	b	l	a	b	l
0402	1005	0.4	0.6	0.5			
0603	1608	0.5	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0
0805	2012	0.7	1.3	1.2	0.9	1.3	1.3
1206	3216	0.9	1.7	2.0	1.1	1.7	2.3
1210	3225	0.9	2.5	2.0	1.1	2.5	2.2
1218	3246	1.05	4.9	1.9	1.25	4.8	1.9
2010	5025	1.0	2.5	3.9	1.2	2.5	3.9
2512	6332	1.0	3.2	5.2	1.2	3.2	5.2

<http://www.smd.ru>

Рекомендуемое соединение контактных площадок

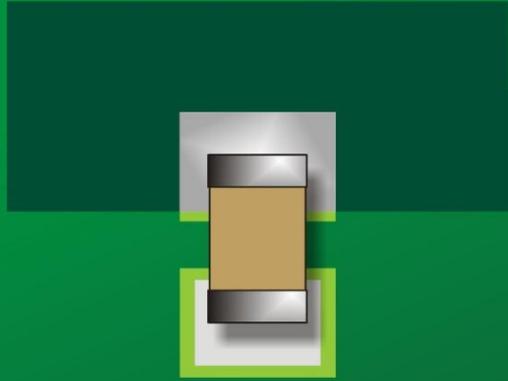


Примеры правильной и неправильной конструкции ПП в части присоединения контактных площадок к проводникам и переходным отверстиям



Примеры правильной и неправильной конструкции ТТТ

Термобарьеры

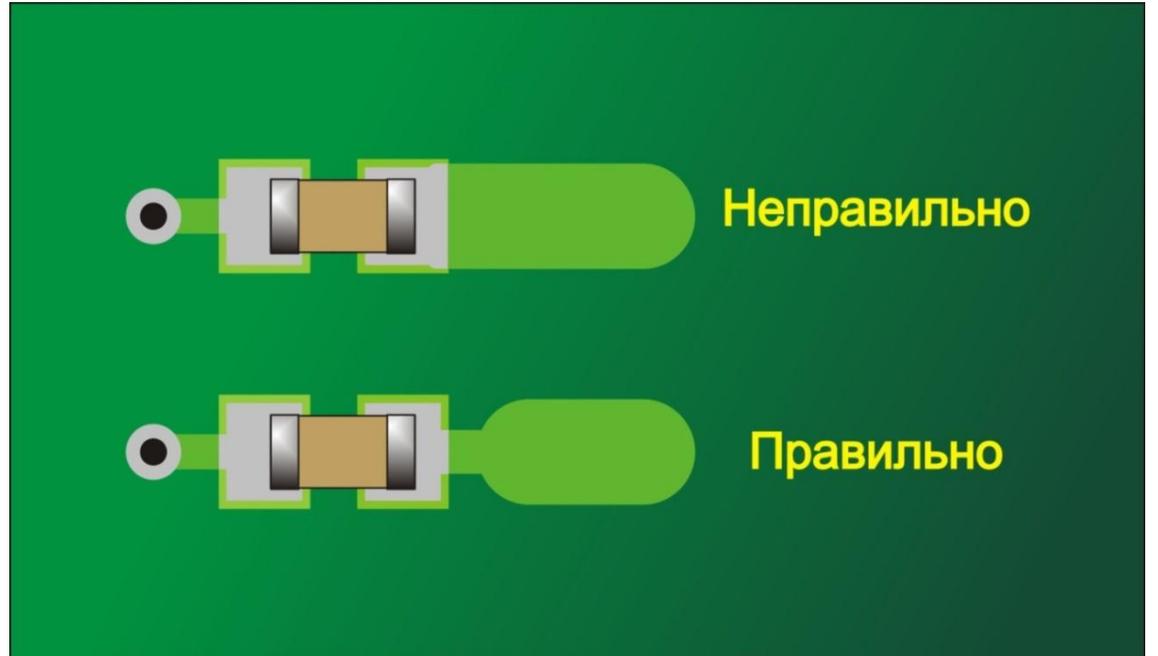
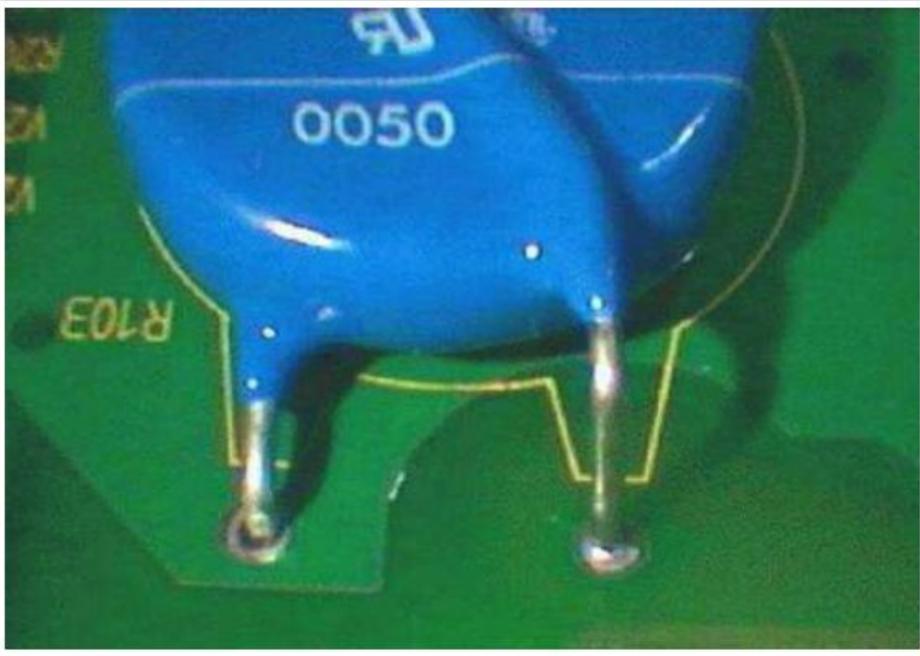


Неправильно



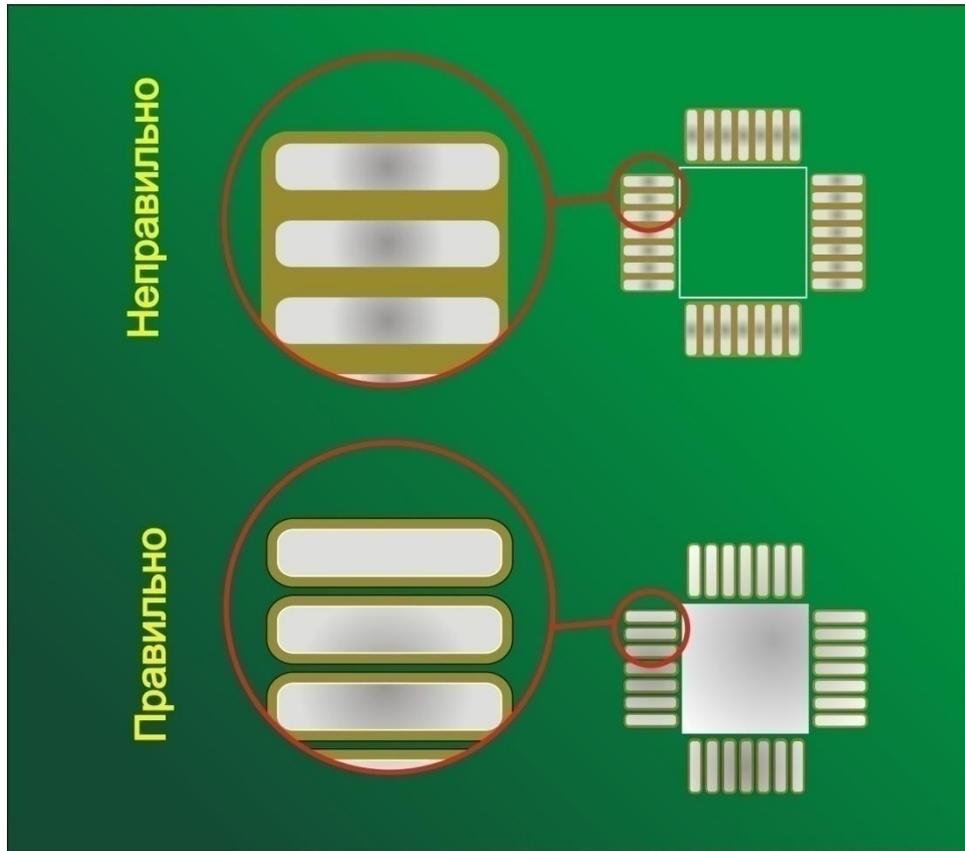
Правильно

Полигон

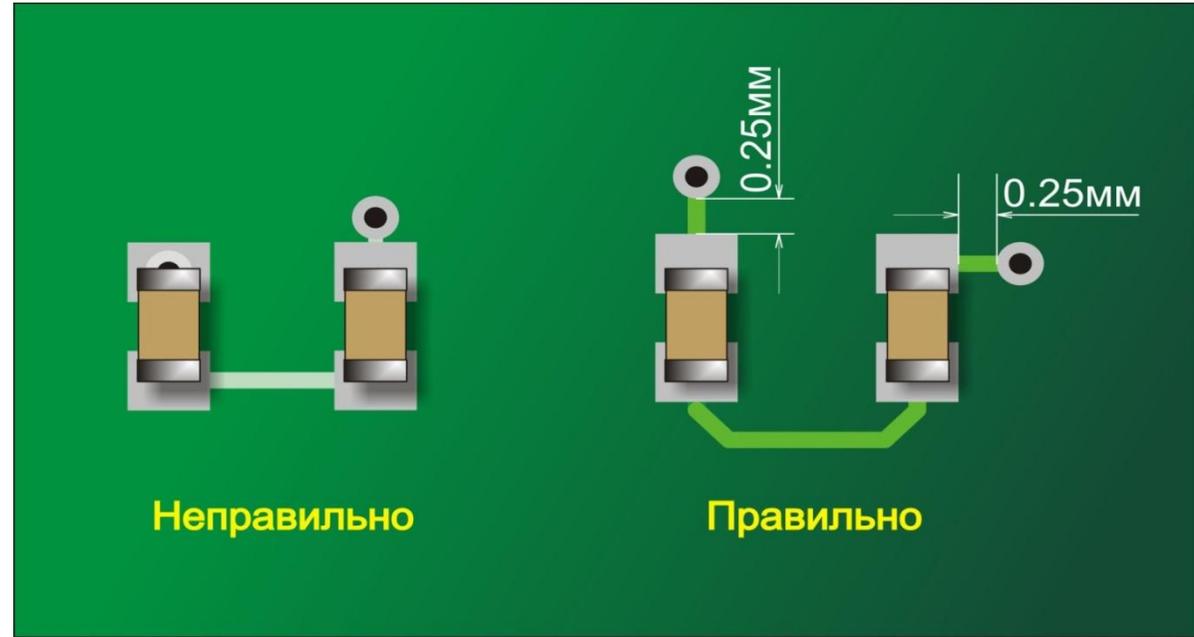


Примеры правильной и неправильной конструкции ПП

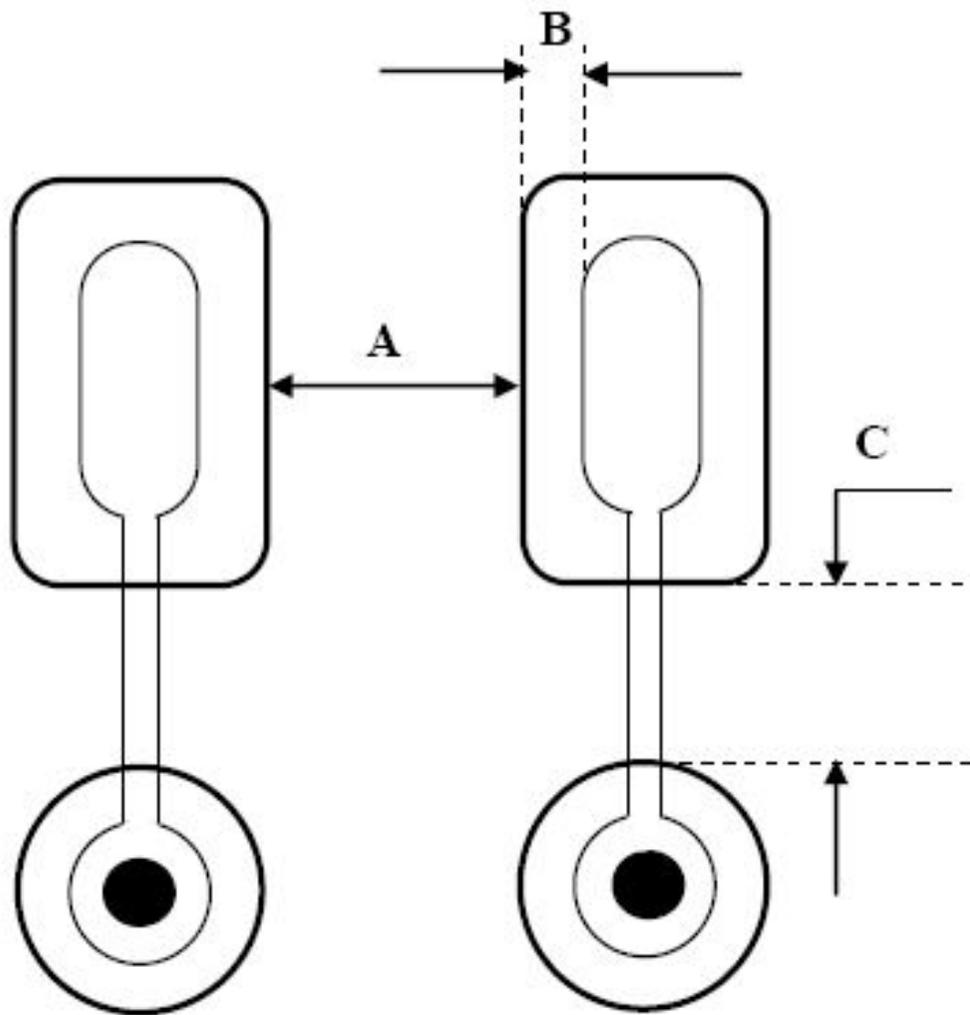
Разделение маской КП микросхем



Сопряжение КП с переходными отверстиями

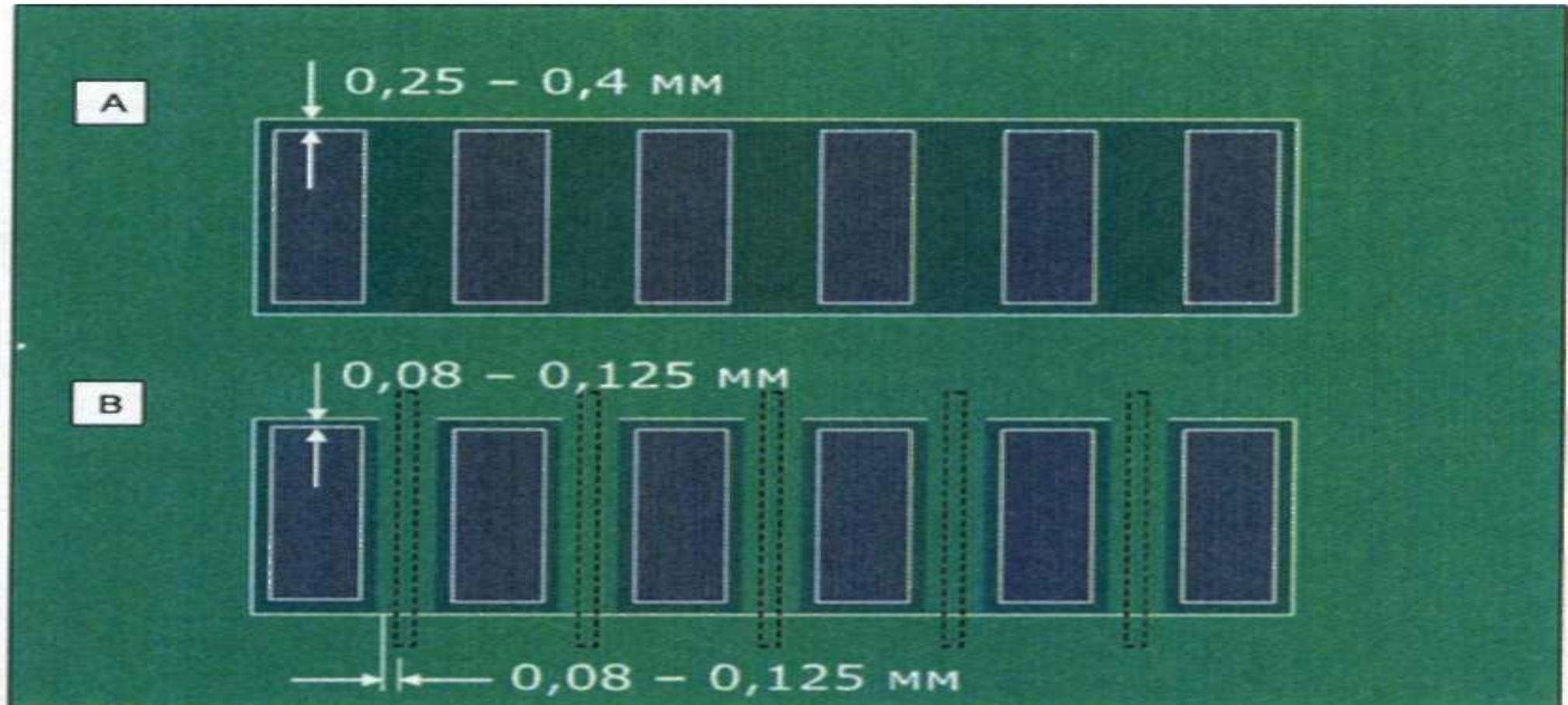


Минимальные проектные нормы по паяльной маске



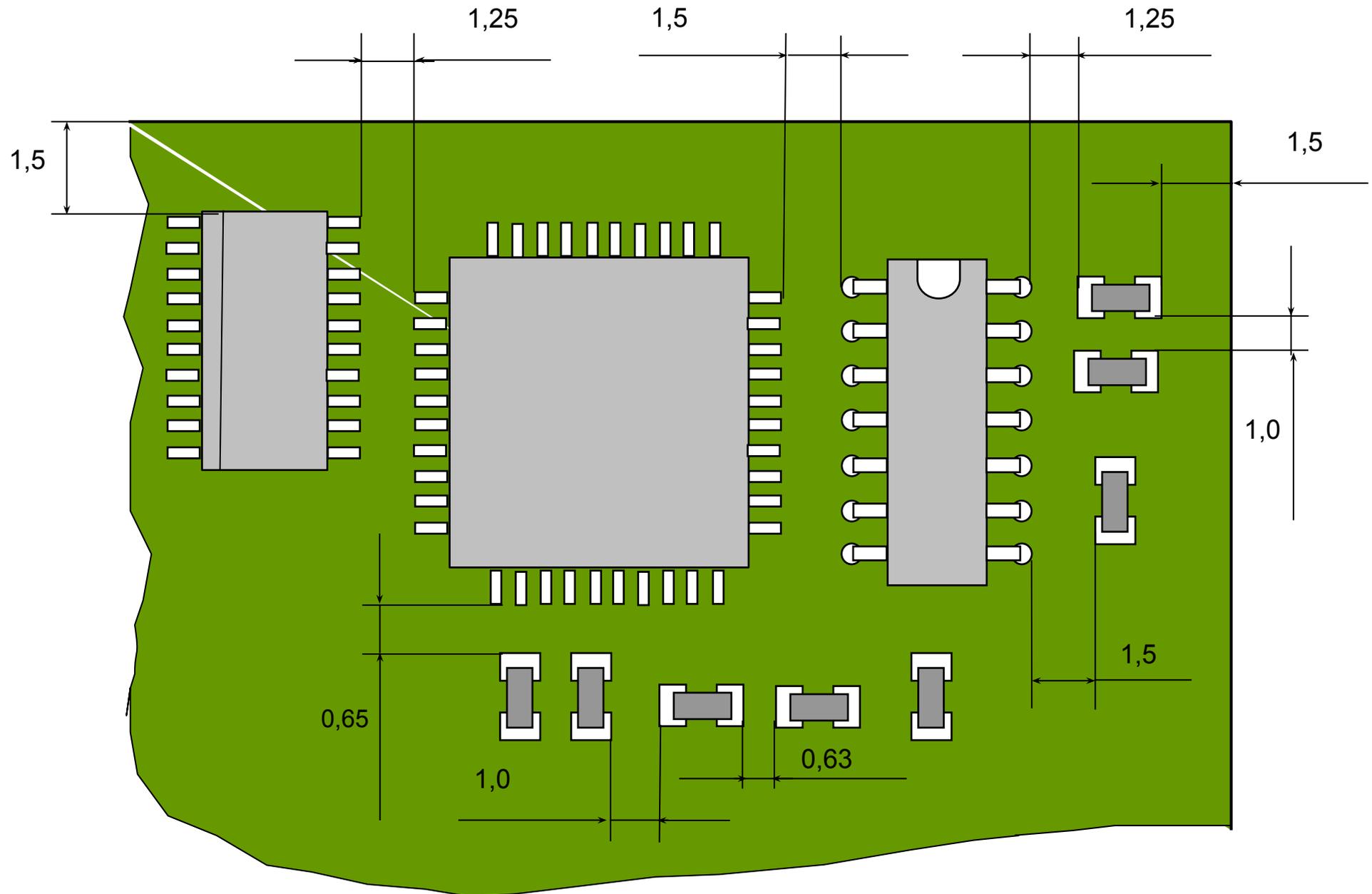
- A** – перемычки паяльной маски между контактными площадками – **не менее 0,1 мм.**
- B** – зазор между краем маски и краем площадки – **не менее 0,075 мм.**
- C** – длина перемычка между контактной площадкой и ободком переходного отверстия:
- а) – для тентированных (закрытых паяльной маской) переходных отверстий – **не менее ширины проводника;**
 - б) – для вскрытых по паяльной маске переходных отверстий определяется неравномерностью толщины покрытия контактных площадок (см. текст), **но – не менее 0,1мм.**
 - в) – для отверстий штыревого монтажа – **не менее 1,0мм**

Зоны перекрытия контактных площадок паяльной маской

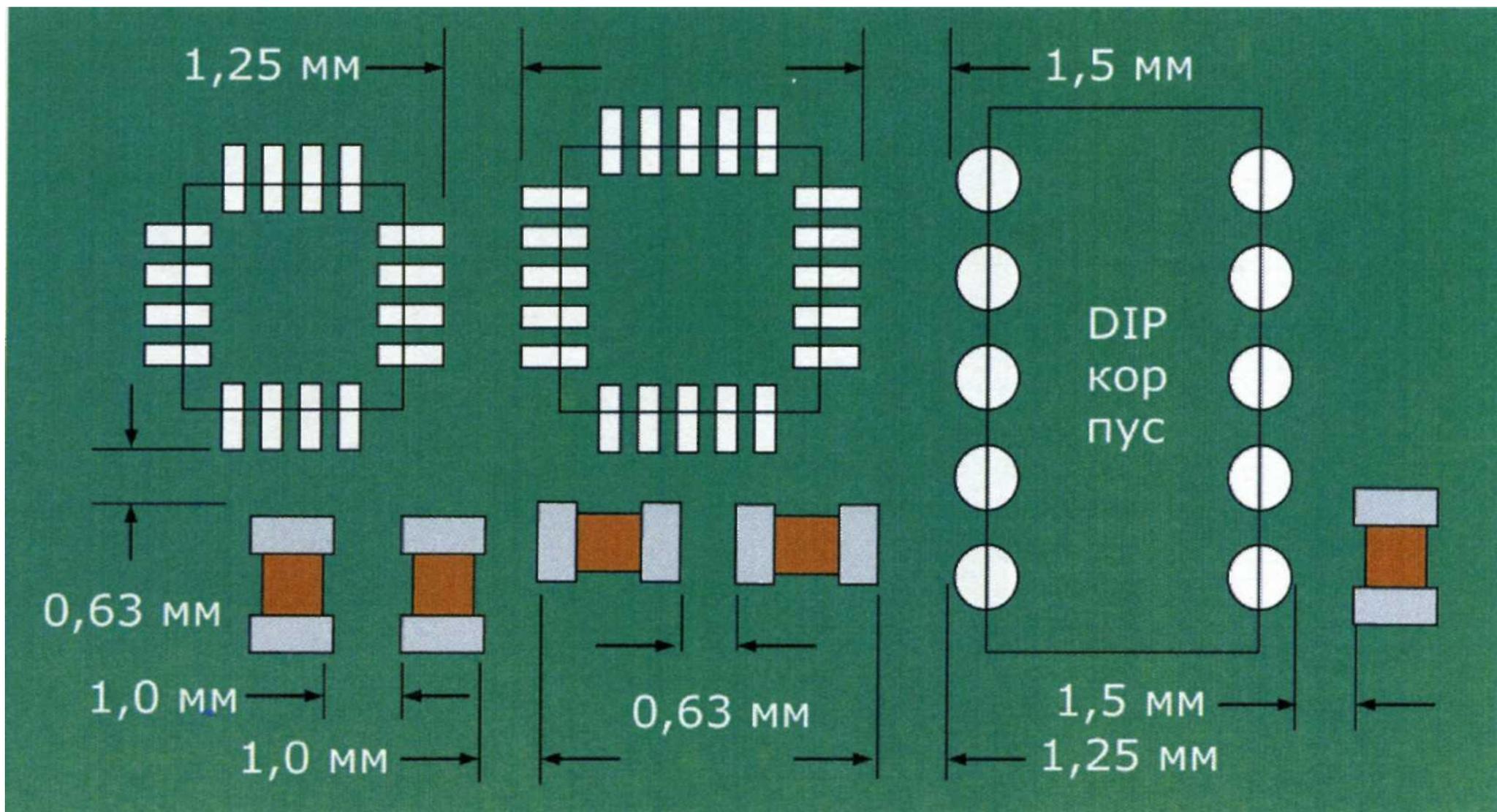


-  - Области ПП, покрытые паяльной маской.
-  - Базовый материал ПП без элементов проводящего рисунка, не покрытый паяльной маской.
-  - Контактные площадки для ПМИ.
-  - Элементы проводящего рисунка (проводники) на ПП под паяльной маской.

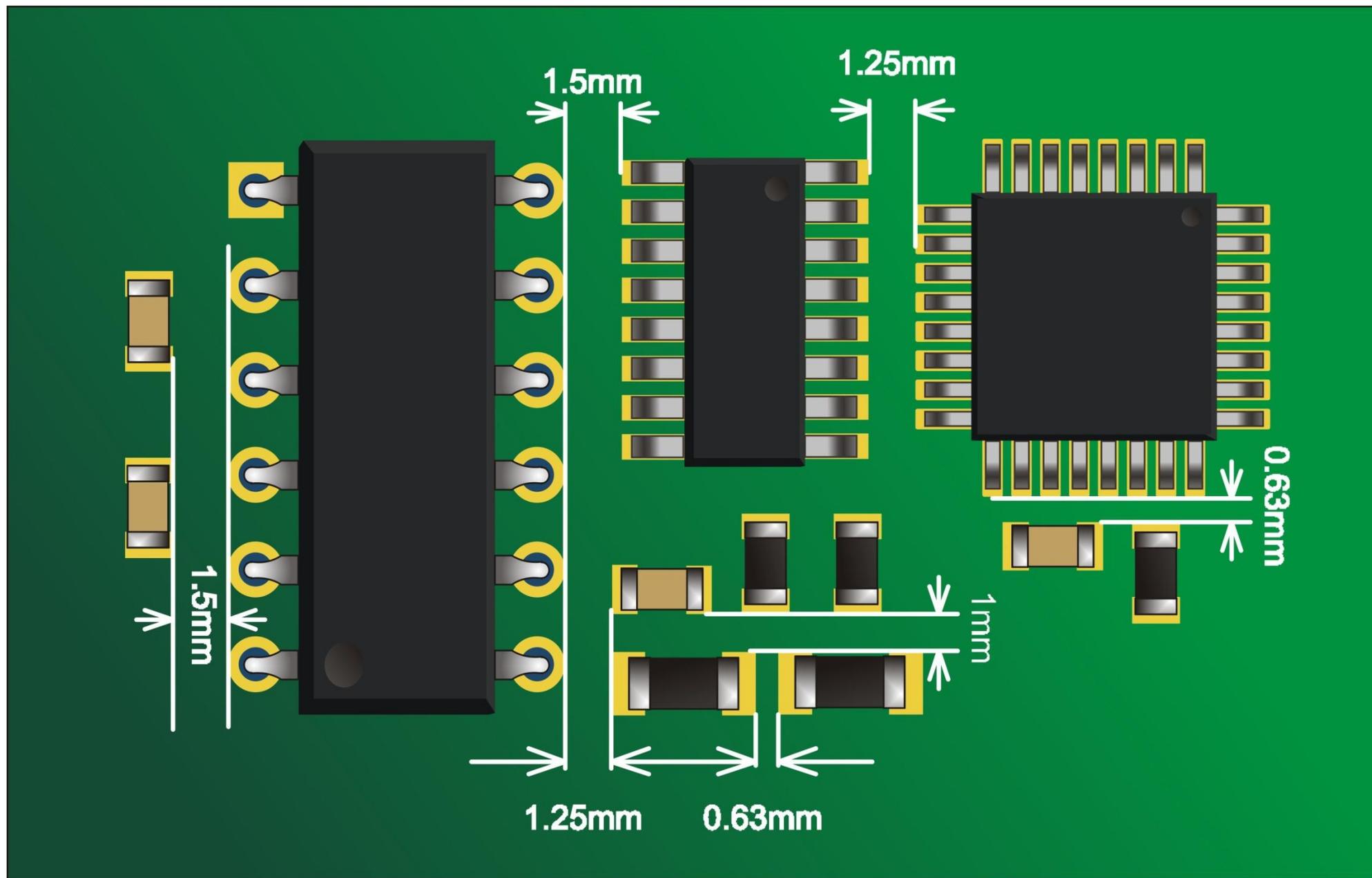
Допустимые расстояния между компонентами



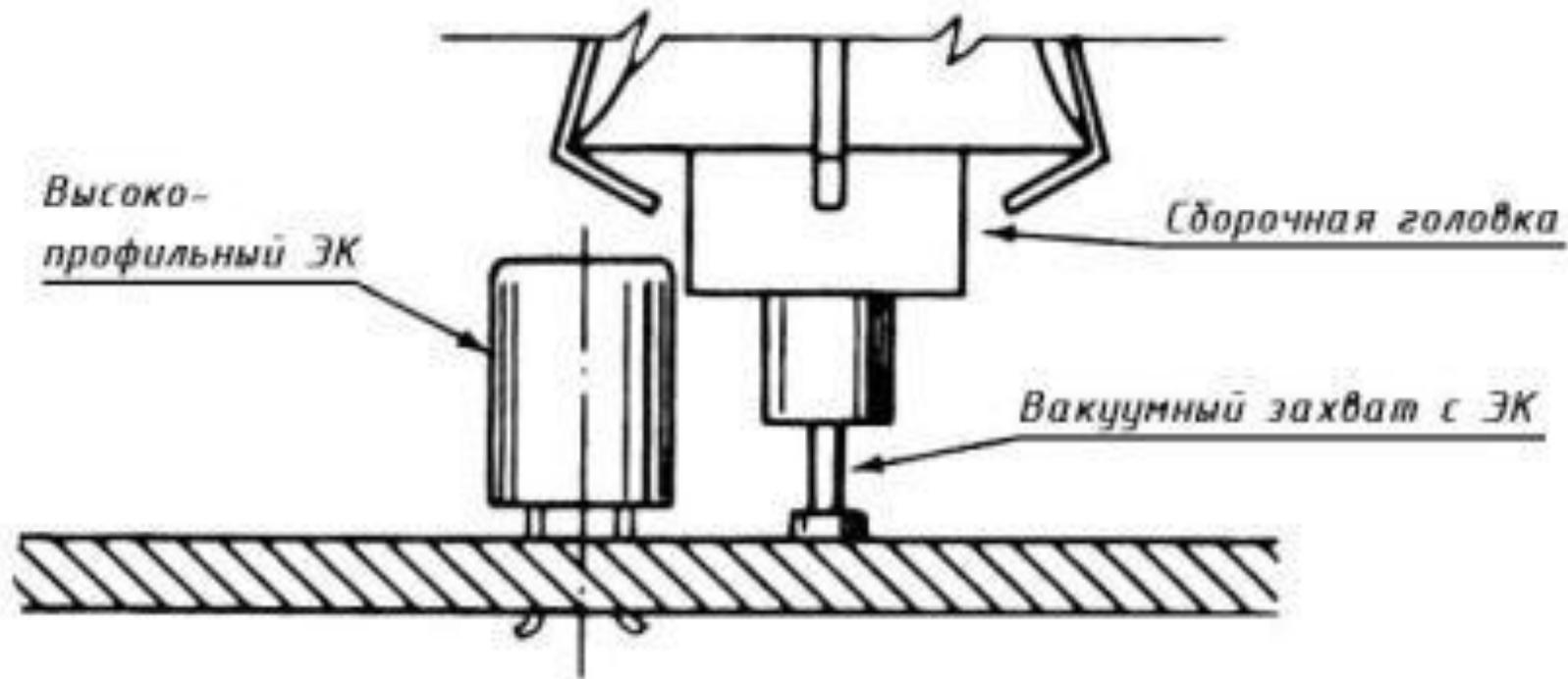
Допустимые расстояния между компонентами



Допустимые расстояния между компонентами

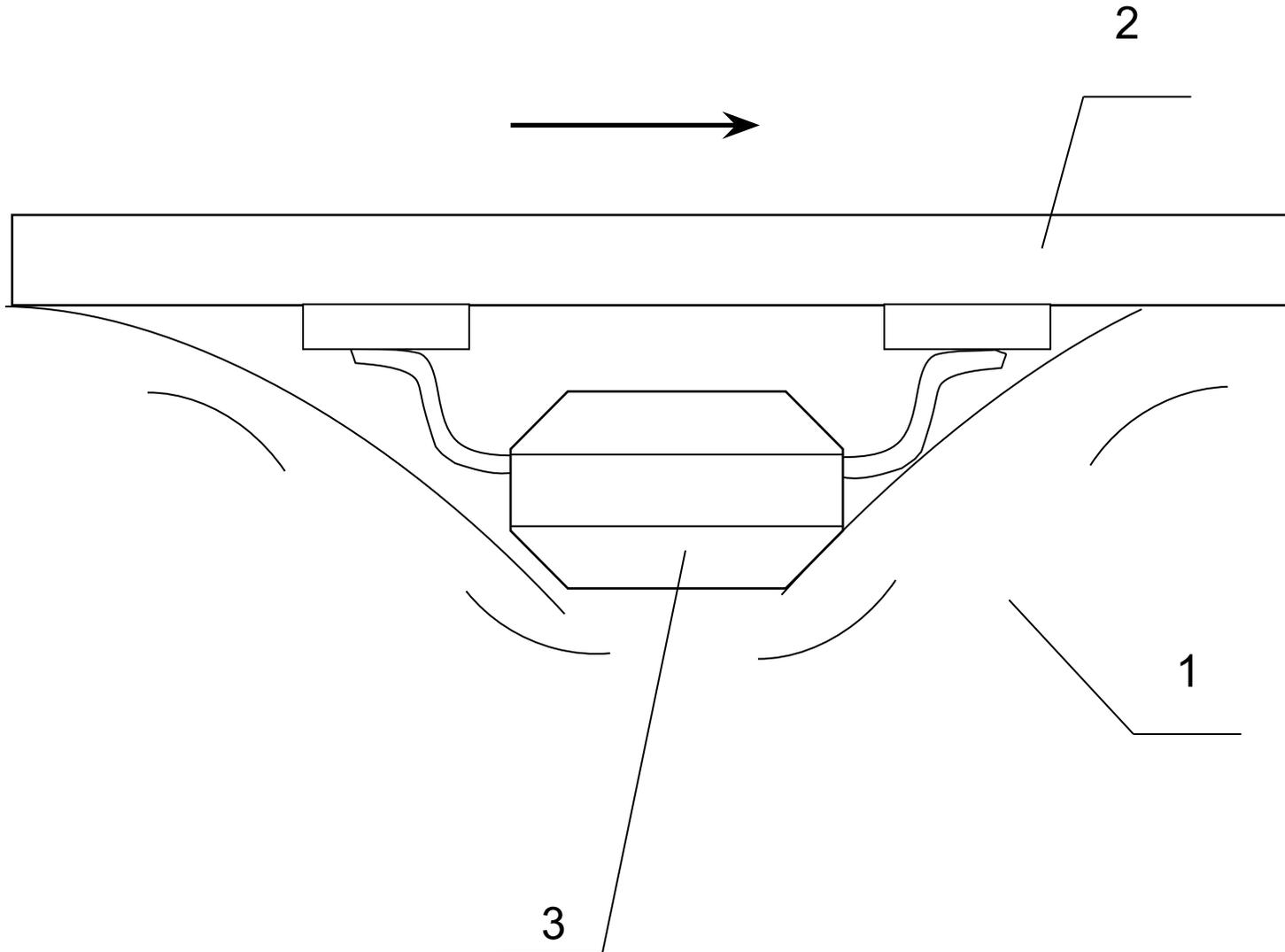


Учет расположения компонентов на ПП при наличии высокопрофильных элементов



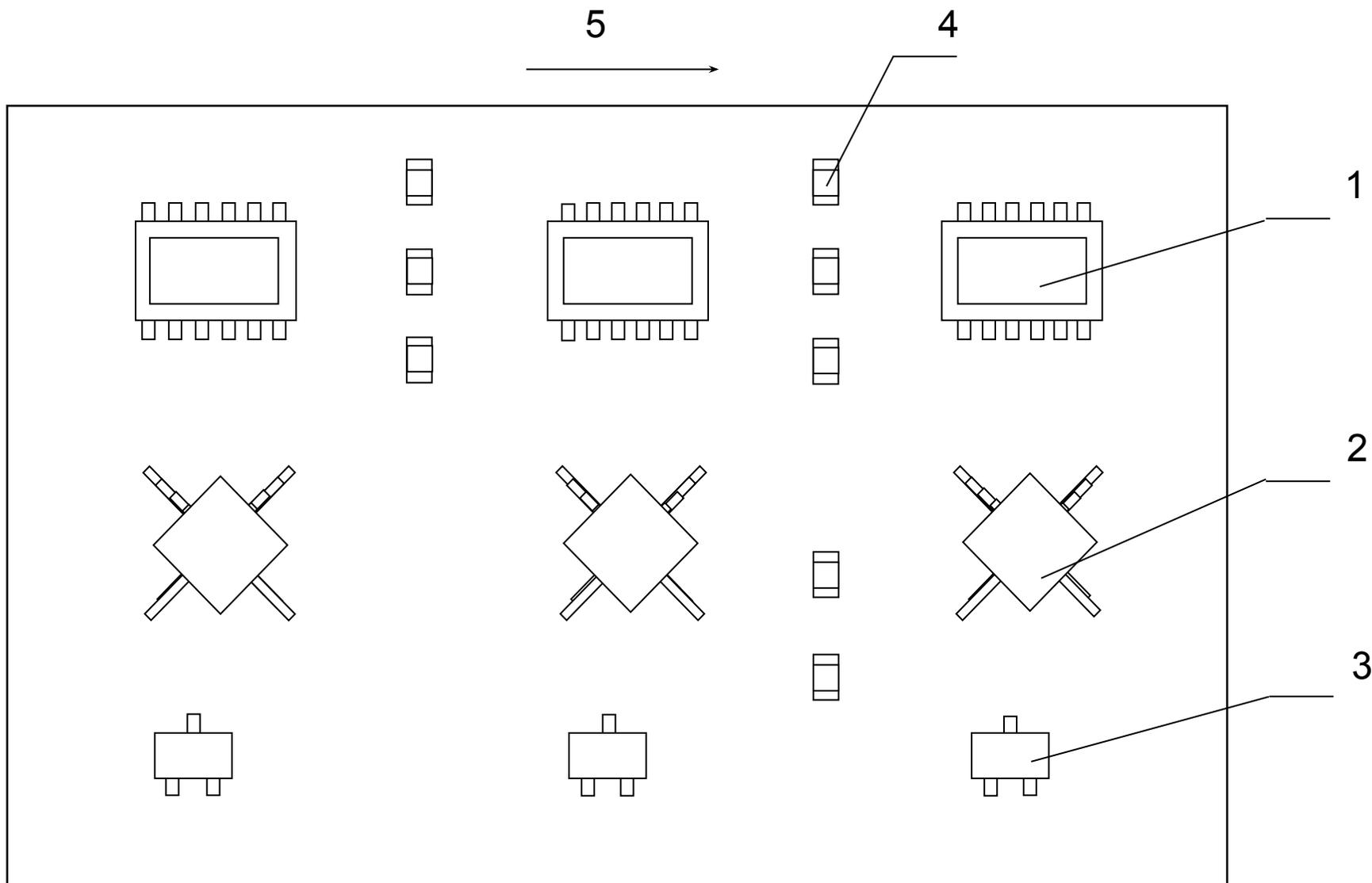
В случае расположения рядом с монтируемым ЭК уже установленных высокопрофильных компонентов следует учесть наличие выступающих механизмов сборочной головки (насадки, элементов захватного устройства), которые могут помешать установке и выдержать необходимый зазор между высокопрофильным и низкопрофильным компонентами.

Проявление эффекта тени при пайке волной припоя



1 – припой; 2 – печатная плата; 3 – корпус микросхемы

Рекомендуемая ориентация КМП на плате при пайке волной припоя

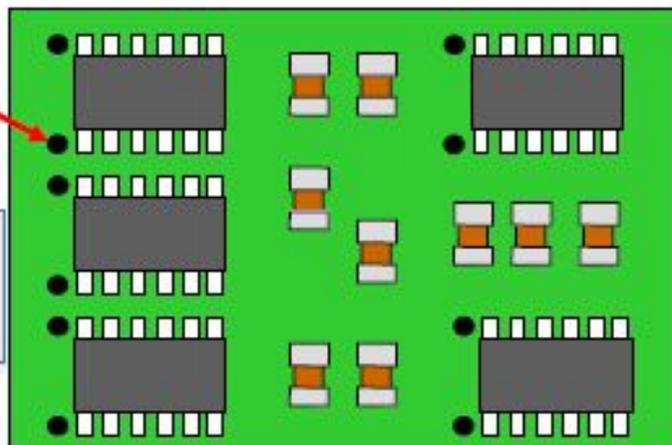


1- корпус типа SOIC; 2 – корпус типа PLCC; 3 – корпус типа SOT;
4 – чип-элементы; 5 – направление движения платы

Какая конструкция?

Ловушки припоя

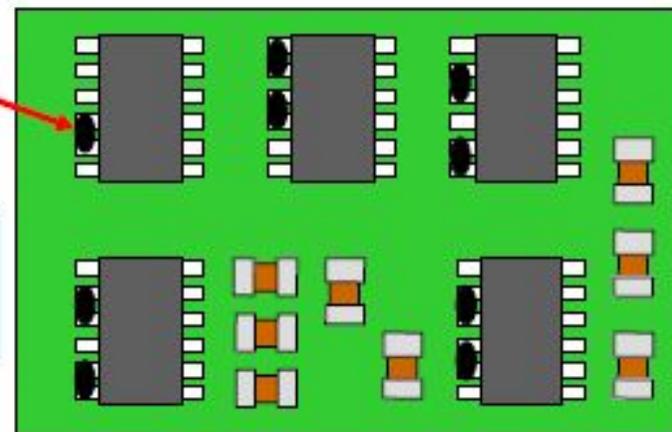
Правильная ориентация



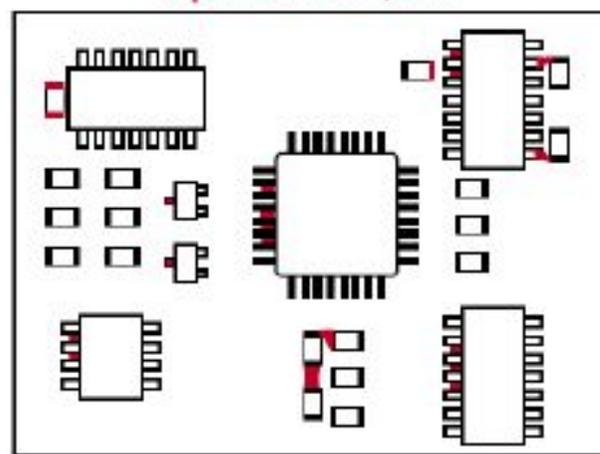
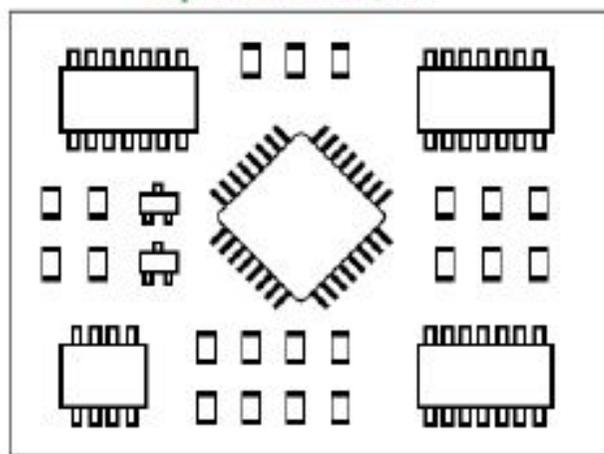
Предпочтительная ориентация

Перемычки припоя

Неправильная ориентация



Нежелательная ориентация



Направление движения платы



Рекомендации по расположению компонентов на плате

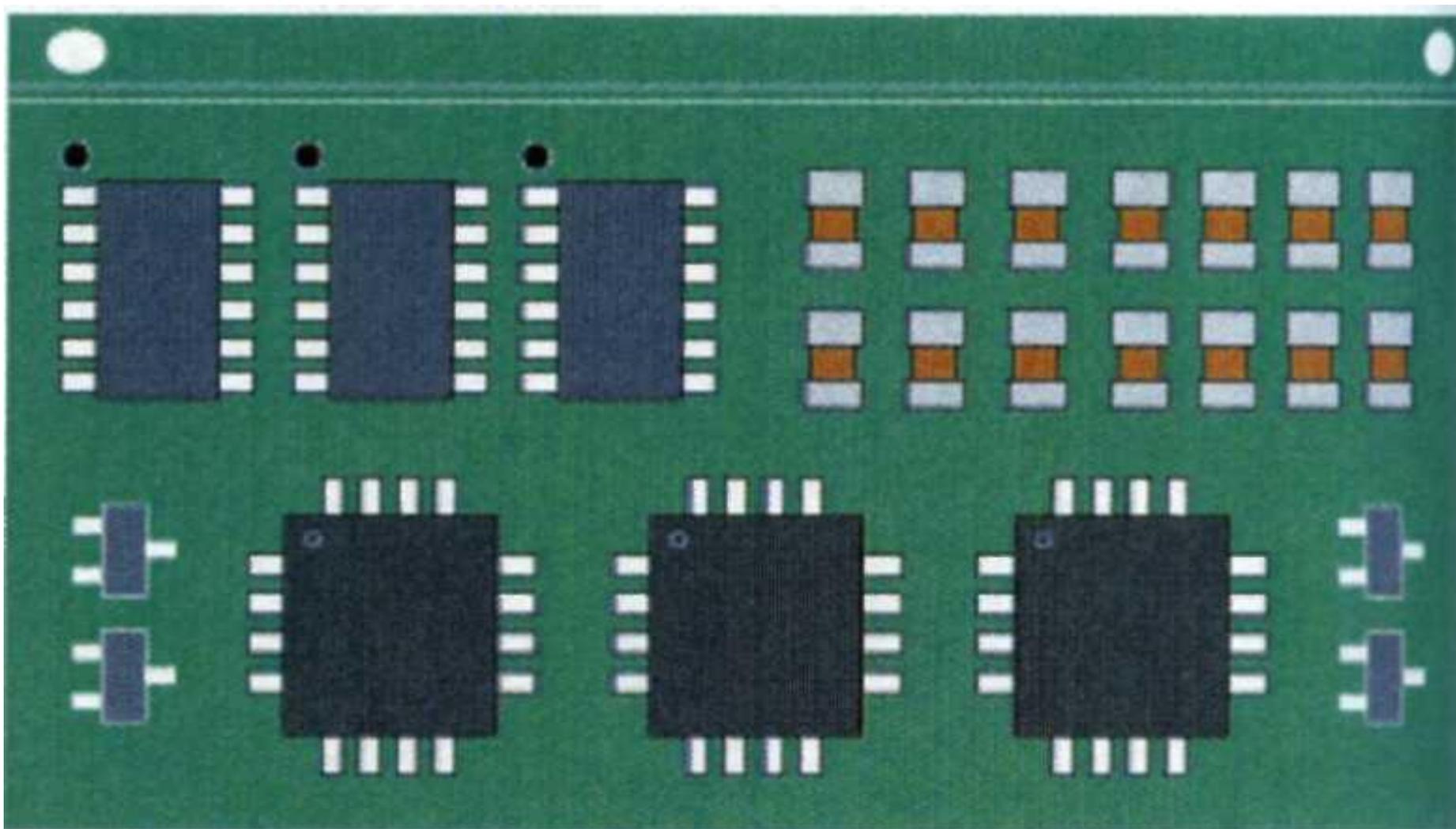
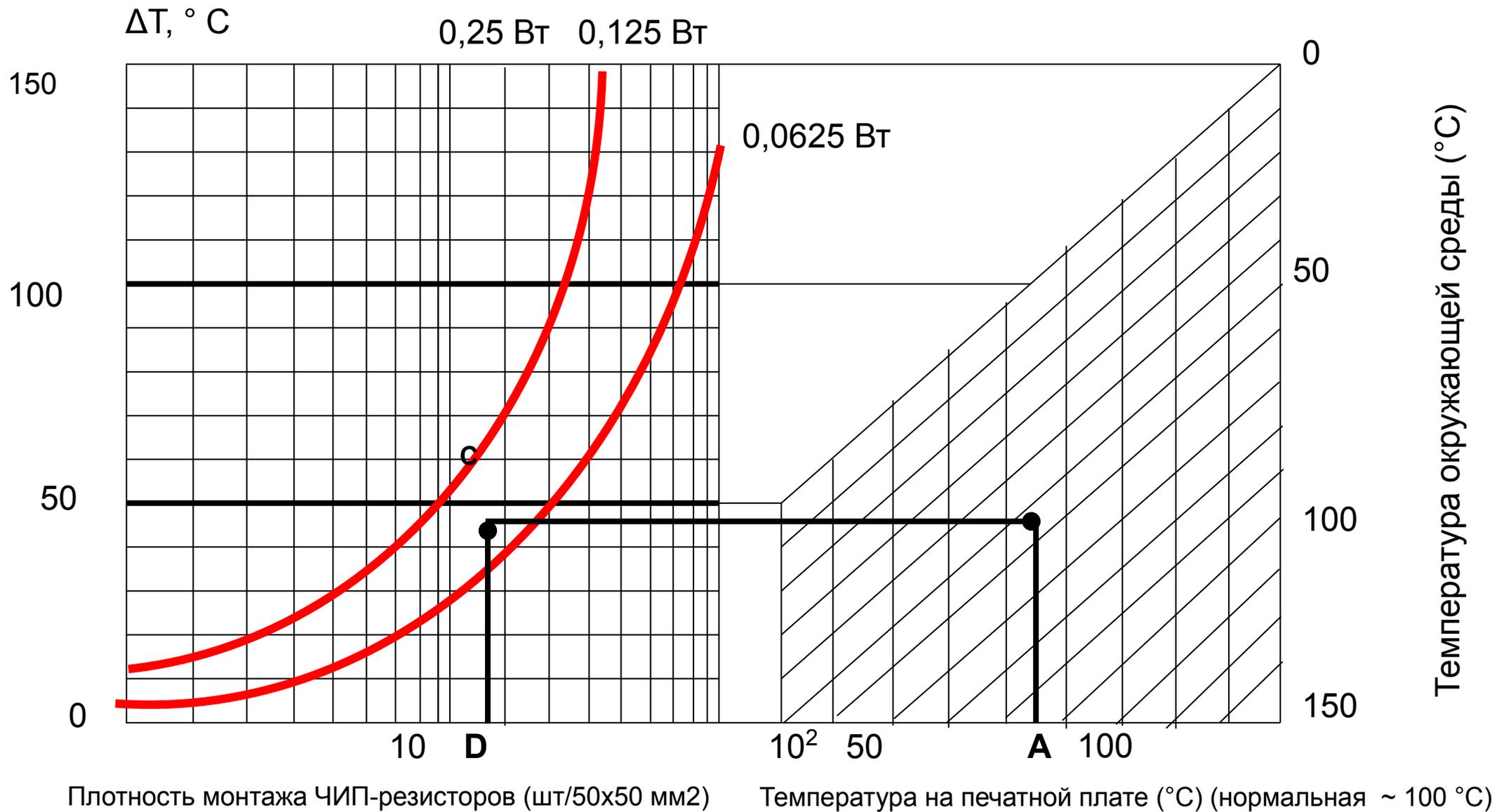


Рис. 3.21 Пример ПУ со сгруппированными по типам компонентам

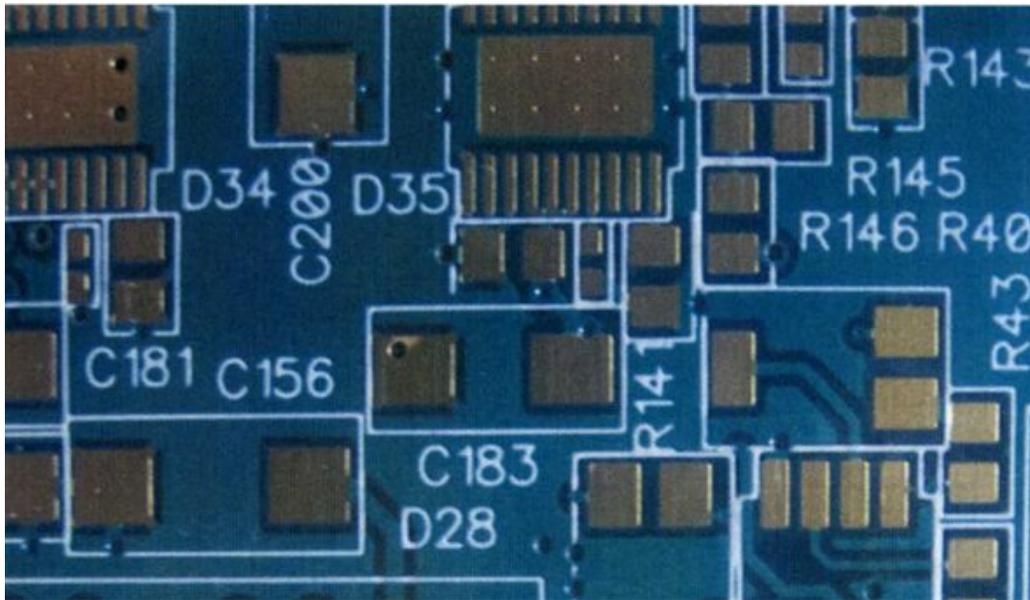
Номограмма для определения допустимого количества чип-резисторов на плате



Маркировка ПП и групповых заготовок

Маркировка ПП и групповых заготовок производится с целью их последующей автоматической идентификации на операциях сборки, автоматической оптической инспекции, электрического контроля и ремонта.

Используются следующие типы маркировки:



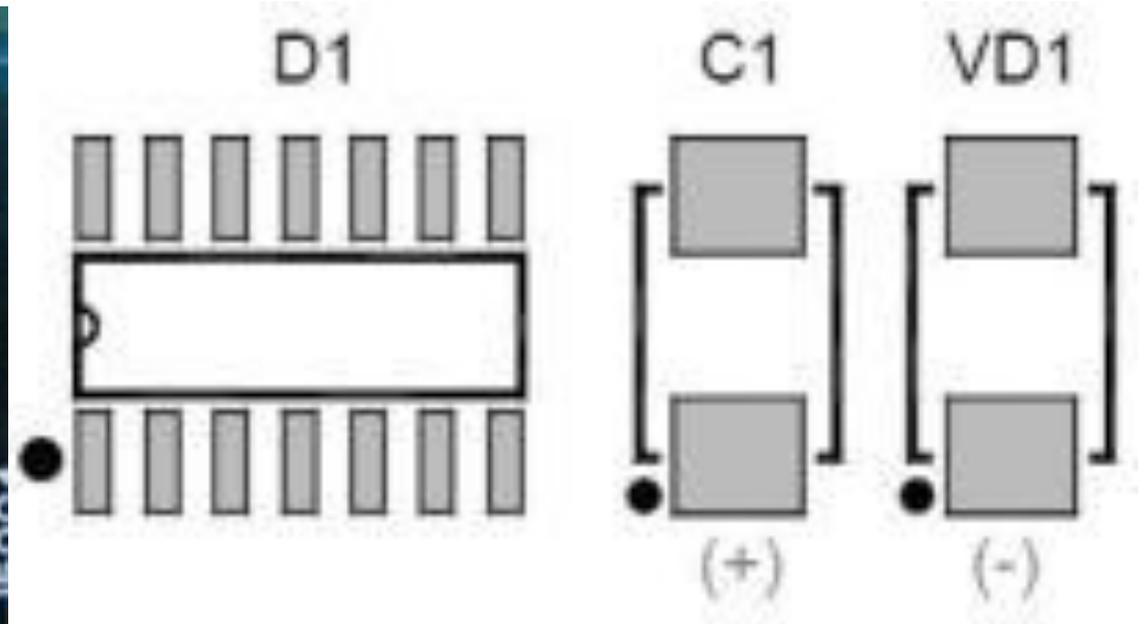
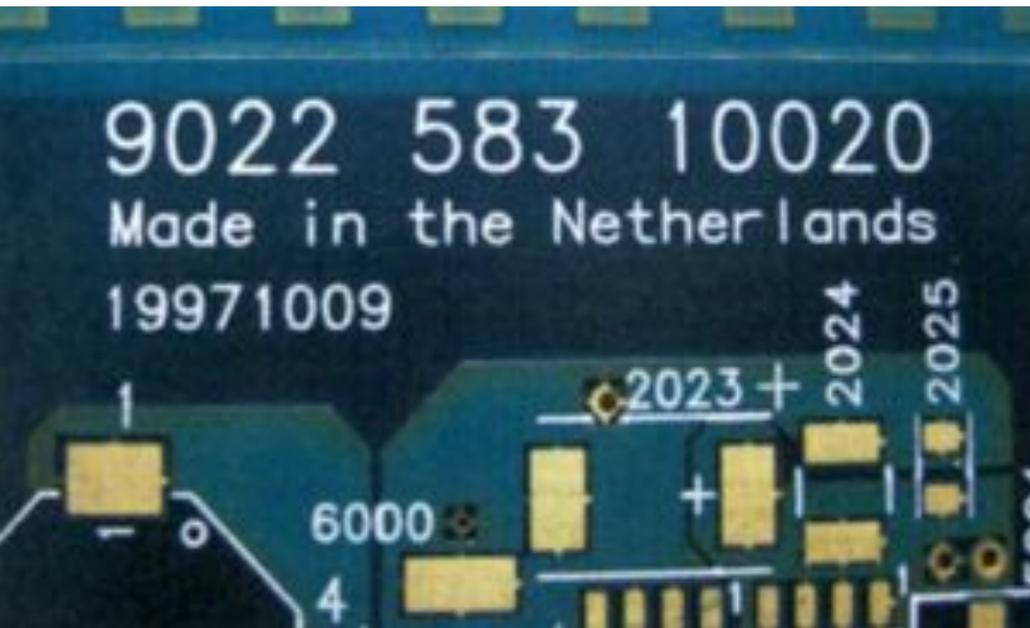
Пример маркировки, выполненной краской



Пример бумажной самоклеющейся ленты

Также отдельные виды маркировки могут быть выполнены в процессе травления фольги или же лазерным методом.

Требования к маркировке



Маркировка первого вывода ИС, обозначение позиции и полярности компонента должны быть видны после монтажа компонента на ПП, что упрощает визуальный контроль. Элементы маркировки компонентов, расположенных рядом друг с другом, не должны пересекаться и взаимно накладываться. Маркировку, наносимую методом шелкографии, желательно выполнять только в областях платы, покрытых защитной маской.

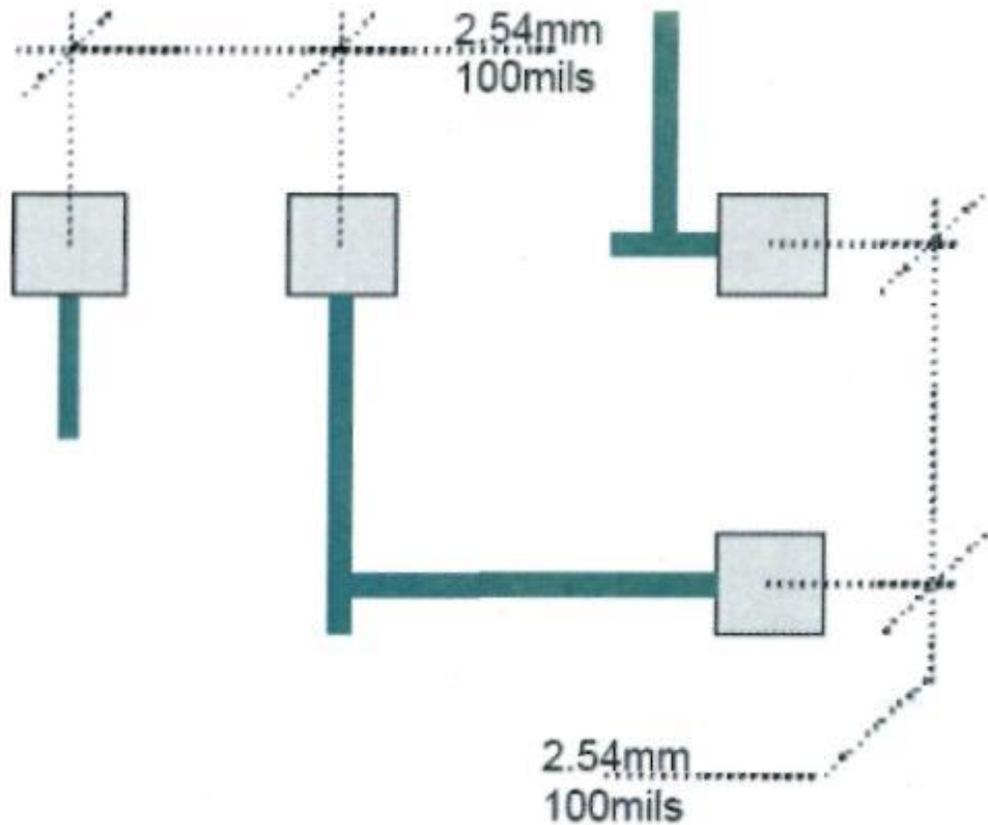
Размер символов должен быть как правило не менее 1,5 мм.

Пример выполнения маркировки ПП

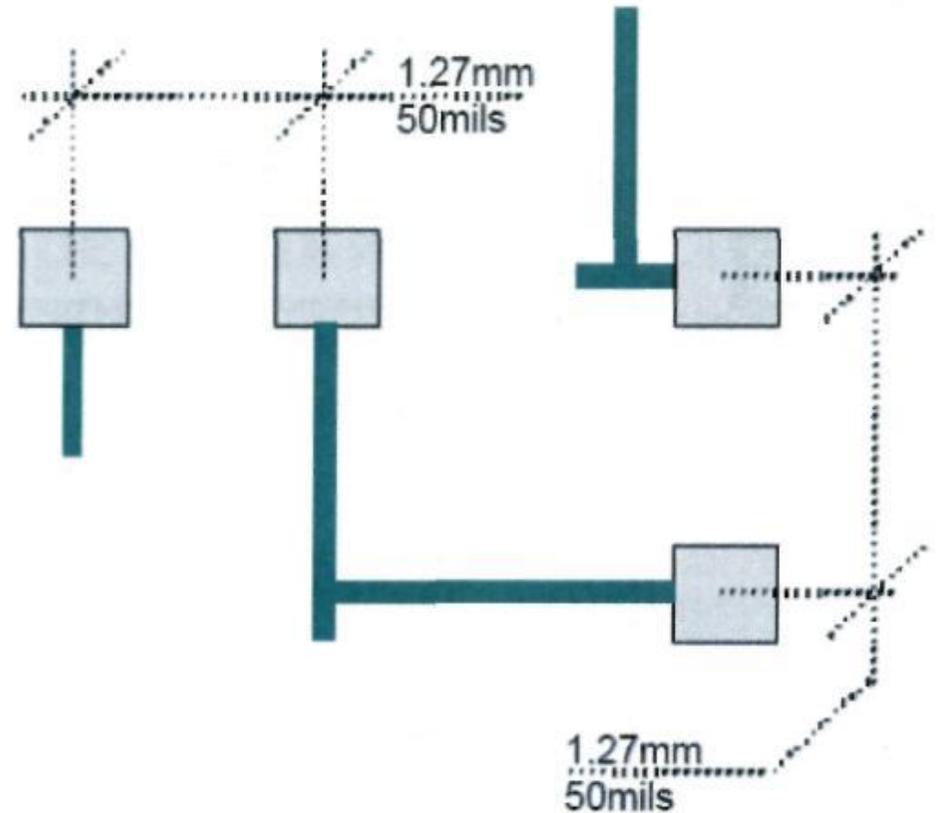
The image shows a screenshot of the Sprint-Layout 6.0 software interface. The main window displays a PCB layout with green traces on a black background. Components are marked with red boxes and labels: DA2, VT1, DA1, DA3, C1 through C12, R1, R2, R3, V01, V02, V03, and C3. The layout includes a 14-pin connector at the bottom. The software interface includes a menu bar (Файл, Редактор, Проект, Действия, Опции, Регистрация, Помощь), a toolbar with various tools, and a component list on the right side. The component list includes items like 0201.LMK, 0402.LMK, 0603.LMK, 0805.LMK, 1008.LMK, 1206.LMK, 1210.LMK, 1812.LMK, 2220.LMK, C-Trimmer.LMK, MELF.LMK, MICRO-3.LMK, MICRO-6.LMK, MICRO-8.LMK, Mini-MELF.LMK, MLF 24pin 0.5m, MLF 32pin 0.5m, MLF 48pin 0.5m, MLF_p1.LMK, MLF_p2.LMK, MLF_p3.LMK, MLF_p4.LMK, MLF_p5.LMK, MW-4.LMK, QUARTZ_smd.L, and RESISTOR 1 MK. The bottom status bar shows coordinates (X: 129,2 мм, Y: 45,55 мм) and a Windows taskbar with several open applications.

Минимально допустимые расстояния между тестовыми площадками для обеспечения возможности электрического контроля

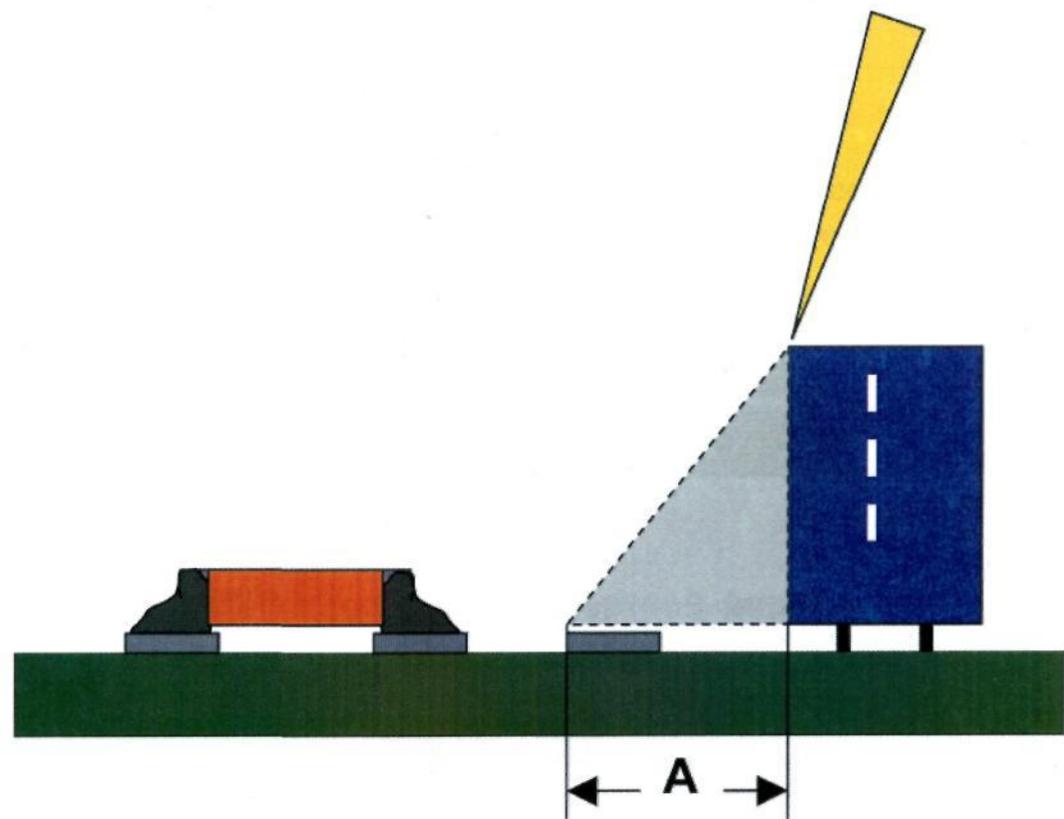
Рекомендуется



Допускается

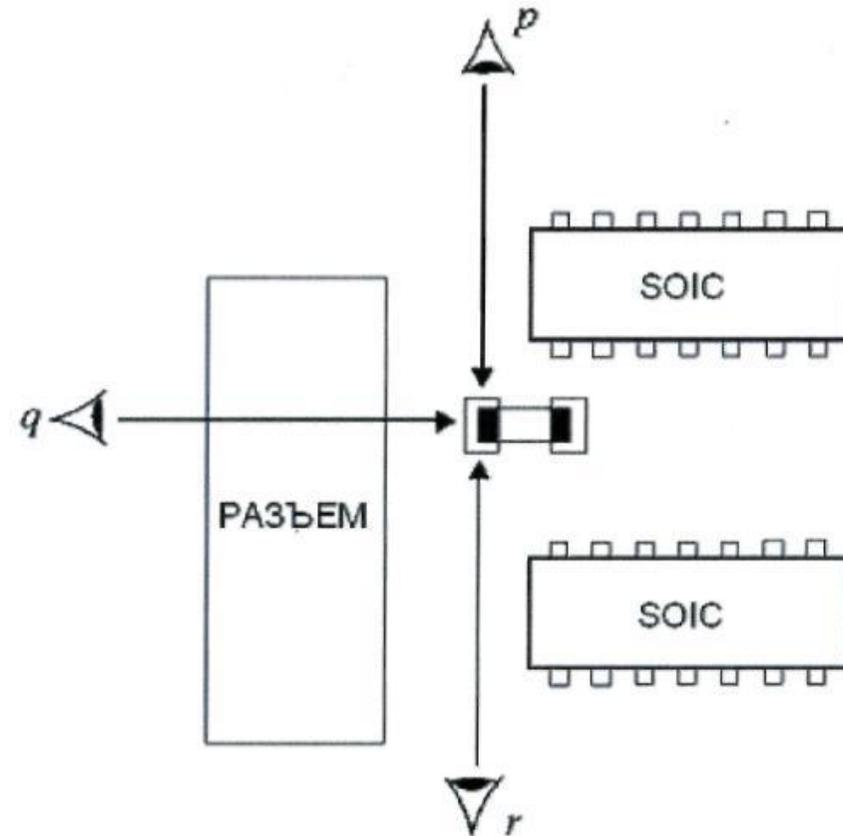
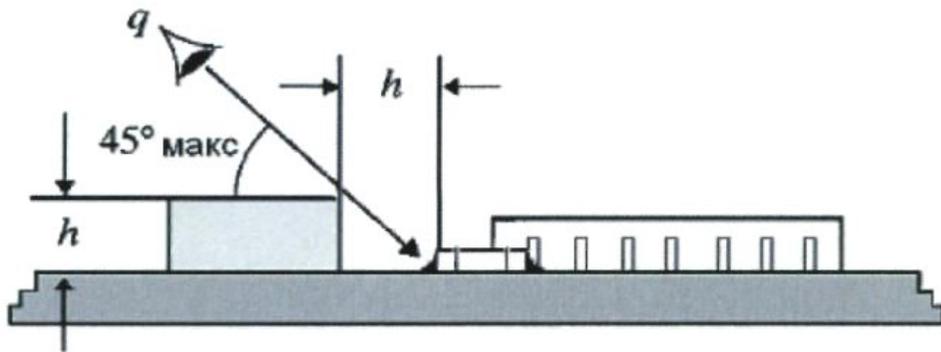


Минимально допустимые расстояния между компонентами для обеспечения возможности электрического контроля



Высота ЭРЭ	A, минимальное расстояние до контактной точки
5 мм	1,4 мм
10 мм	2,8 мм
15 мм	4,2 мм
20 мм	5,6 мм
25 мм	7,0 мм
30 мм	8,4 мм
35 мм	9,8 мм

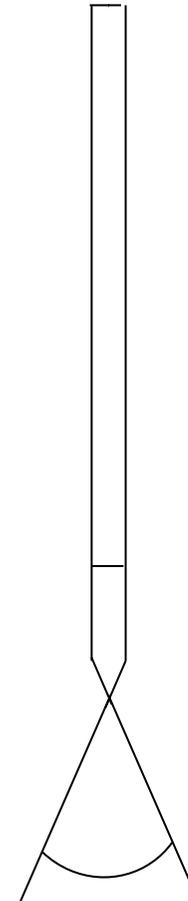
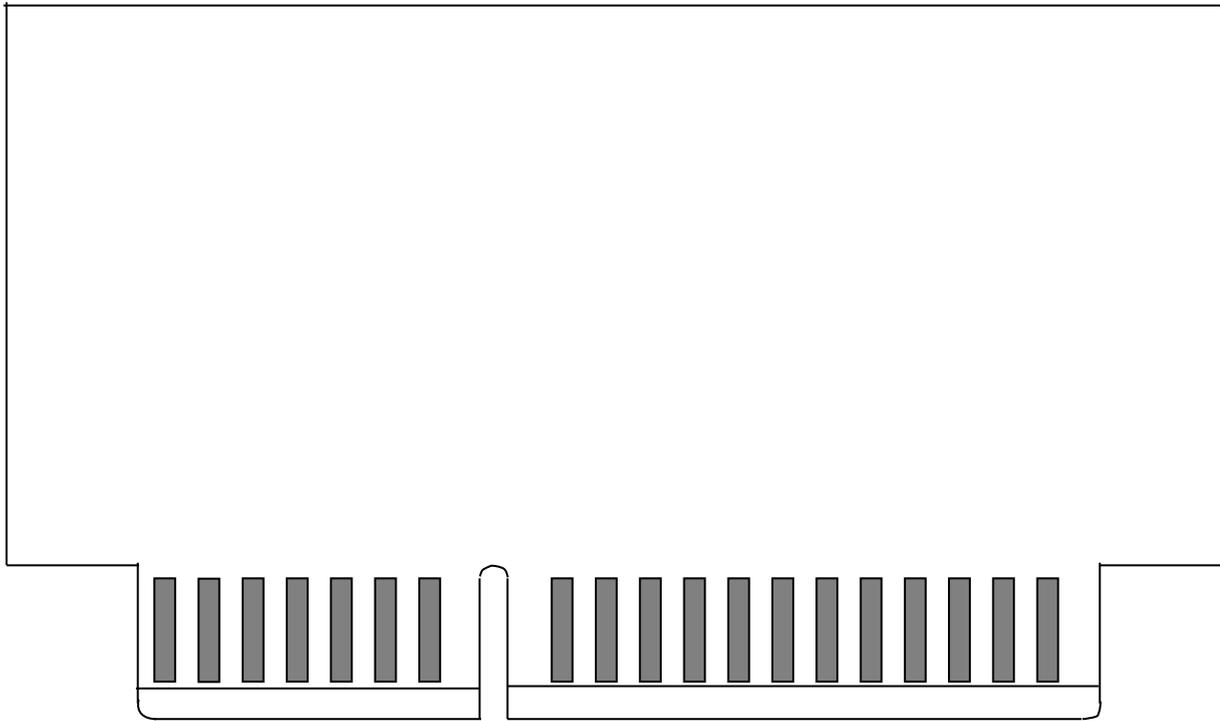
Минимально допустимые расстояния между компонентами для обеспечения возможности визуального контроля



Для обеспечения эффективного визуального контроля необходимо соблюдение угла обзора каждого паяного соединения 45° (рис. 14.1) как минимум с двух сторон (рис. 14.2). Для выполнения этого условия минимальное расстояние между смежными ЭРЭ должно составлять не менее максимальной высоты большего из них.

Особенности конструкции печатной вставки

(для разъемов типа SL-36, SL-62, SL-98, SL-120, СНП 15-96)



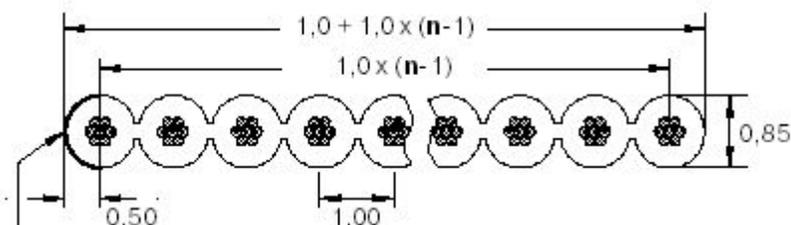
ПЛОСКИЙ ЛЕНТОЧНЫЙ КАБЕЛЬ FRC



СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ: **FRC 1 - 09 - 31**
1 2 3 4

- FRC** - плоский ленточный кабель (от англ. Flat Ribbon Cable)
- 1** - шаг 1,00 мм
не обозначается - шаг 1,27 мм
- Количество проводников
- Количество метров в бухте (76 м или 31 м)

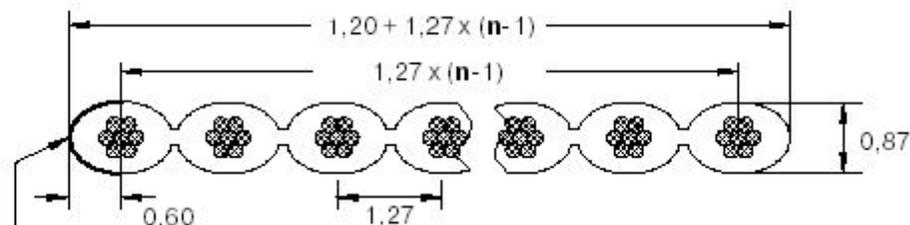
Шаг проводников: **1,00 мм**
Материал проводника: **луженая медь**
Сечение: **28 AWG (7 x 0,127 мм)**
Материал изоляции: **поливинилхлорид**
Рабочее напряжение: **300 В**
Диапазон рабочих температур: **-20°C...+105°C**
Импеданс: **100 Ом**
Задержка сигнала: **4,7 нс/м**
Емкость: **46 пФ/м**
Индуктивность: **0,46 мкГн/м**
Сопротивление изоляции: **не менее 1 ГОм/м**



красная маркировочная полоса
n - количество проводников

Кабель 1,00 мм поставляется
с количеством проводников (**n**):
20, 26, 34, 44, 50,
в стандартных бухтах по 76м и 31м

Шаг проводников: **1,27 мм**
Материал проводника: **луженая медь**
Сечение: **28 AWG (7 x 0,127 мм)**
Материал изоляции: **поливинилхлорид**
Рабочее напряжение: **300 В**
Диапазон рабочих температур: **-20°C...+105°C**
Импеданс: **115 Ом**
Задержка сигнала: **4,6 нс/м**
Емкость: **40 пФ/м**
Индуктивность: **0,46 мкГн/м**
Сопротивление изоляции: **не менее 1 ГОм/м**

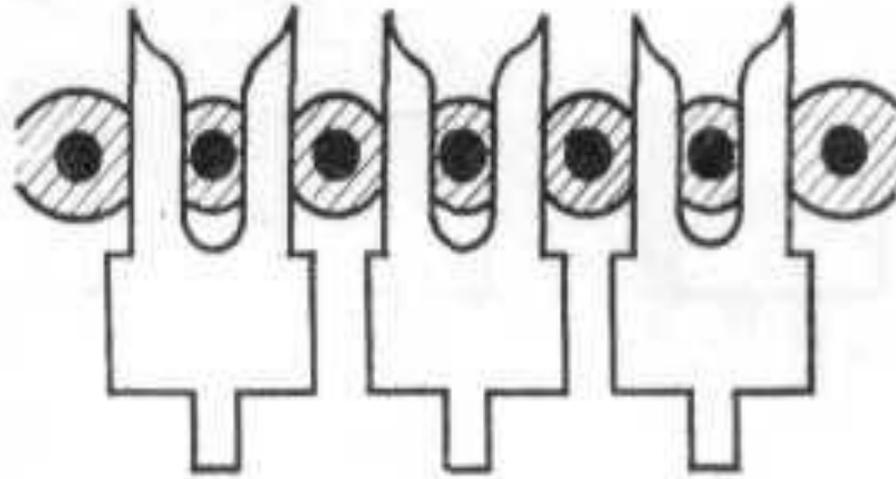


красная маркировочная полоса
n - количество проводников

Кабель 1,27 мм поставляется
с количеством проводников (**n**):
9, 10, 14, 15, 16, 20, 24, 25, 26, 34, 40, 50, 60, 64,
в стандартных бухтах по 76м и 31м

Кабель поставляется серого цвета с красной маркировочной полосой крайнего проводника с одной стороны шлейфа.

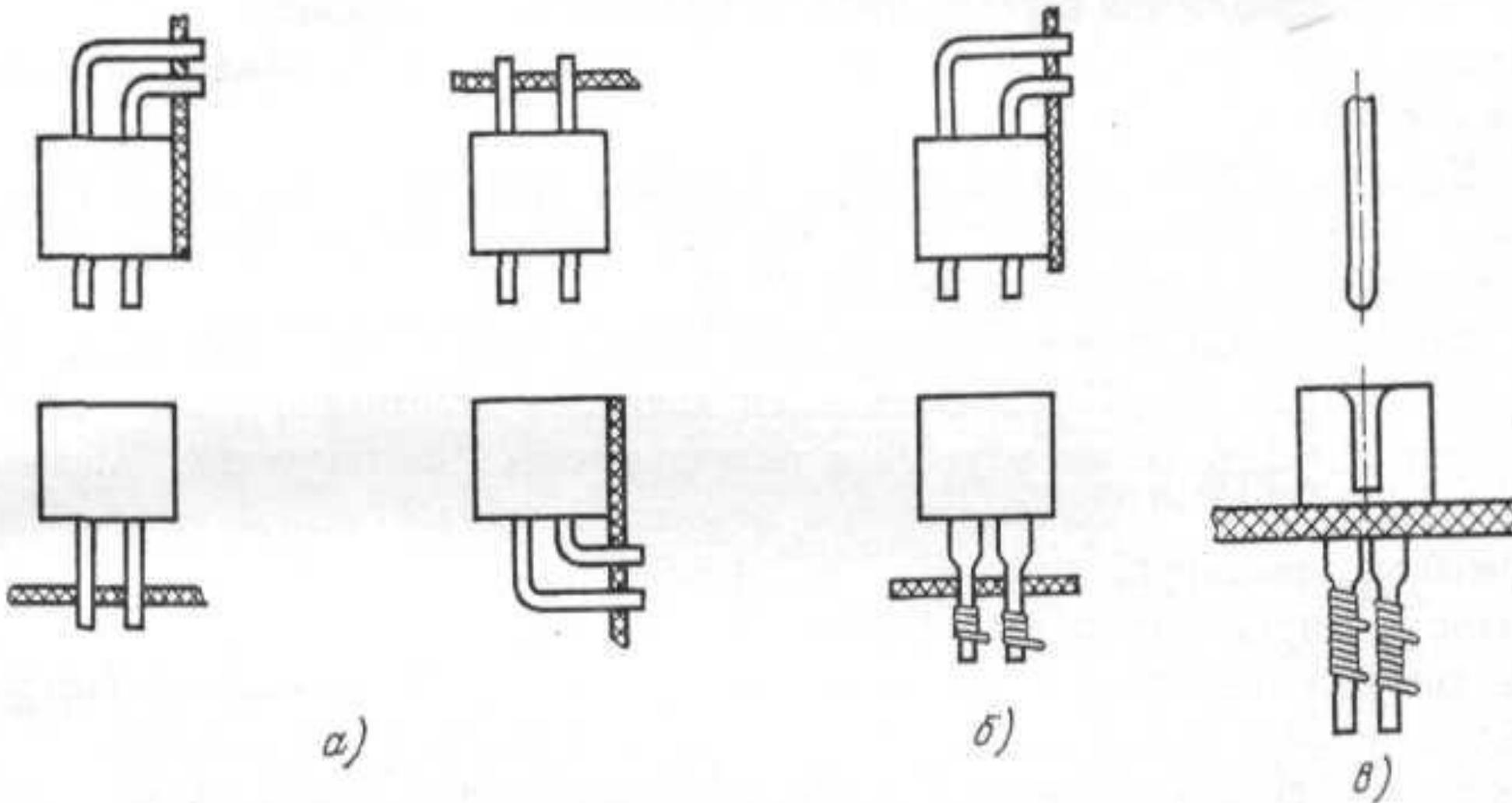
Присоединение кабеля к контактам способом прокалывания



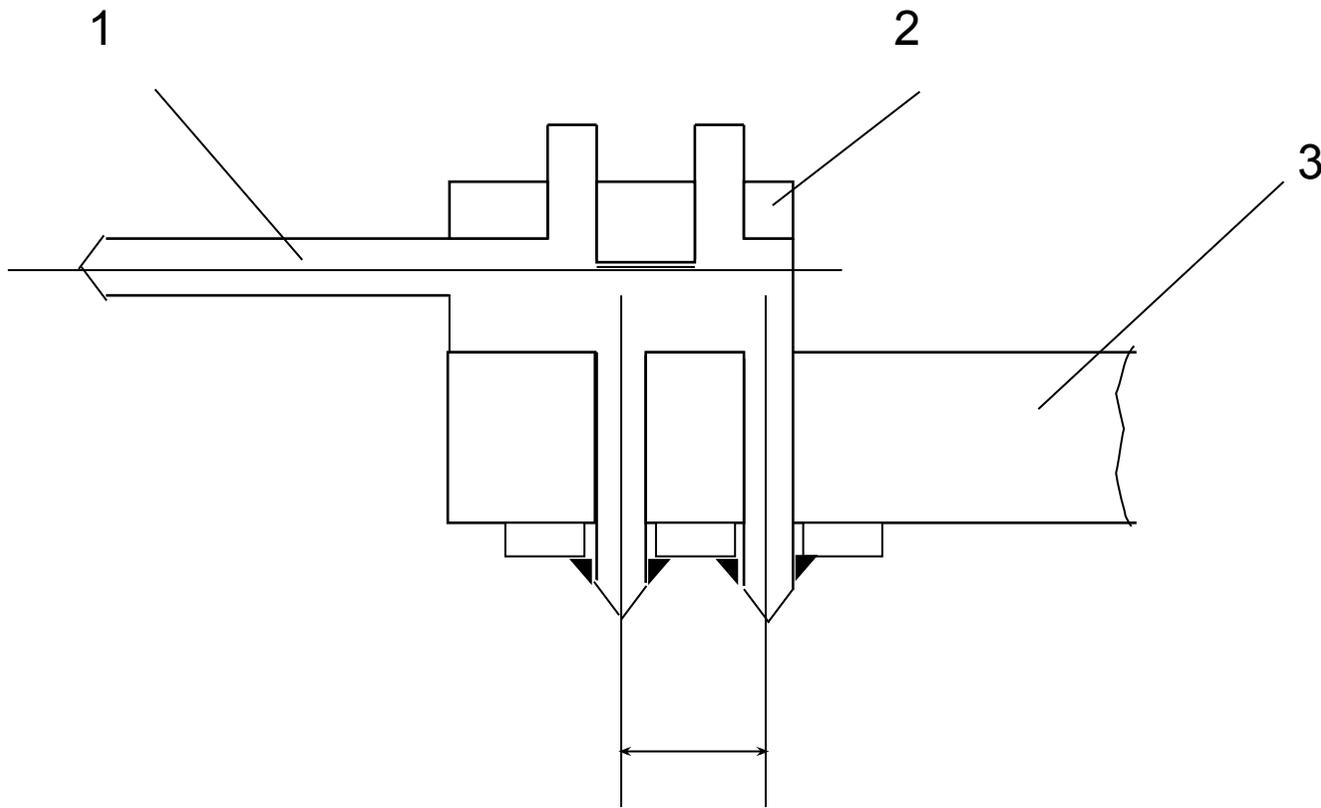
При соединении способом прокалывания провод с изоляцией с усилием вводится между зубьями вывода разъема. Зубья, прокалывая электроизоляционный материал, обеспечивают контактирование с проводом, деформируя его. При этом распайка проводников не требуется. Такой метод успешно применяется при монтаже ленточных кабелей.

Методы установки и присоединений соединителей к печатным платам, расположенным во взаимно перпендикулярных плоскостях:

а — пайка под углом и впрямую; б — пайка и накрутка; в — пайка и накрутка при непосредственном сочленении печатных плат

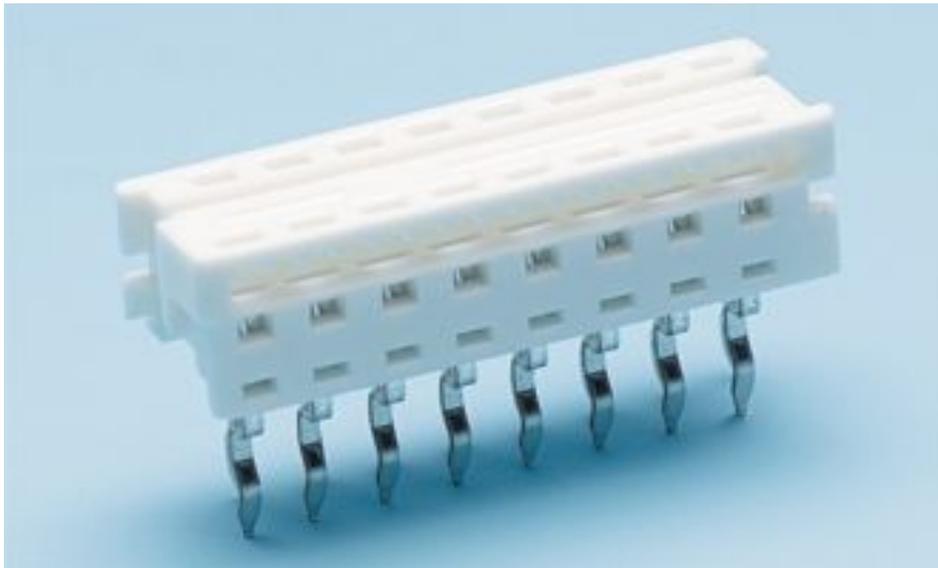


Конструкция ви́лки Онп-КГ-26



- 1 – штырь разъема;
- 2- планка разъема;
- 3 – печатная плата

Разновидности разъемов, устанавливаемых на печатные платы

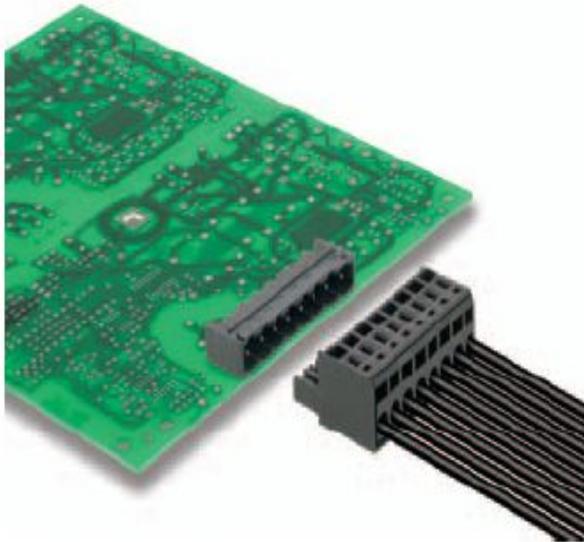


Разъемы для монтажа на поверхность

Omnimate Range
Pitch 5.00 / 5.08

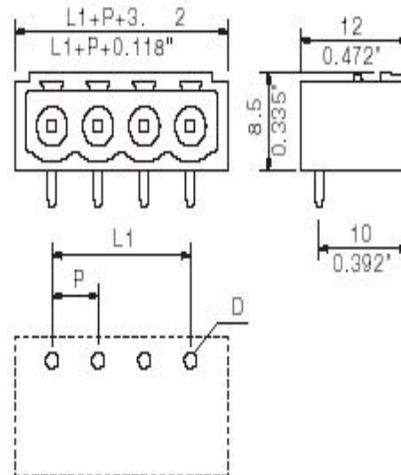
THR solder connection pin headers

SL-SMT 5.00/90G
SL-SMT 5.08/90G

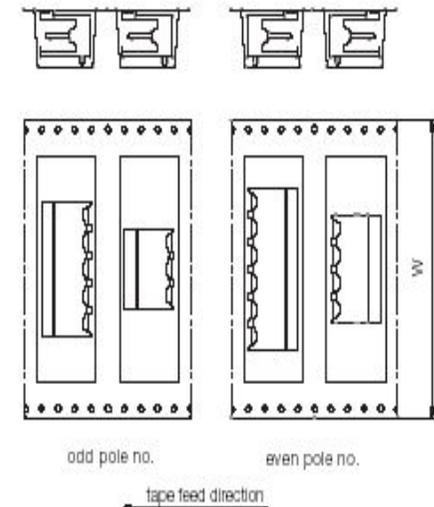


- 250 V (IEC) / 300 V (UL)
- 19 A (IEC) / 15 A (UL)

SL-SMT 5.00/90G Box
SL-SMT 5.08/90G Box



SL-SMT 5.00/90G Tape
SL-SMT 5.08/90G Tape





электронные компоненты для поверхностного монтажа

Главная О компании Прайс-лист **Каталог** Справка Доставка

SMD Разъемы



[CI11 вертикального монтажа](#)
Розетки на 2,4,6,8,10,15 контактов



[CI11 горизонтального монтажа](#)
Розетки на 2,4,6,8,10,15 контактов



[CI11 вилки](#)
Вилки на 2,4,6,8,10,15 контактов



[CP35 однорядные \(аналог разъема Micro-Fit компании AMP\)](#)
Розетки горизонтальные на 2,3,4 контактов



[CP35 однорядные \(аналог разъема Micro-Fit компании AMP\)](#)
Вилки на 2,3,4 контактов



[CP35 двухрядные \(аналог разъема Micro-Fit компании AMP\)](#)
Розетки вертикальные 4,6,8,10,12 контактов



[CP35 двухрядные \(аналог разъема Micro-Fit компании AMP\)](#)
Розетки горизонтальные 4,6,8,10,12 контактов



[CP35 двухрядные \(аналог разъема Micro-Fit компании AMP\)](#)
Вилки на 4,6,8,10,12 контактов



[CA3 \(аналог разъема Micro-Match компании AMP\)](#)
Розетки и вилки на 4,6,8,10,12,14,16,20 контактов

Разъемы, представленные в каталоге Симметрон

Adobe Reader - [commut.pdf]

Файл Редактирование Просмотр Документ Инструменты Окно Справка

Сохранить копию Поиск Выделение Справка

154%

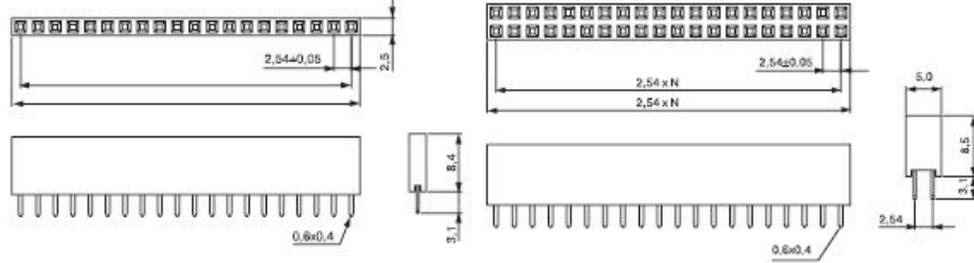
Гнезда на плату шаг 2,54 мм

PBS



Рабочее напряжение 250 В.
 Предельный ток 1 А.
 Высота изолятора 8,4 мм.
 Шаг 2,54 мм.
 Сопротивление изолятора, не менее 1000 МОм.
 Температурный диапазон -40 – + 105 °С.

PBD





Наименование	Количество контактов	Конструкция контактов	Тип	Наименование	Количество контактов	Конструкция контактов	Тип
PBS-4G	1×4	Однорядные	Плат., прямые	PBD-10G	2×5	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-6G	1×6	Однорядные	Плат., прямые	PBD-12G	2×6	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-8G	1×8	Однорядные	Плат., прямые	PBD-14G	2×7	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-10G	1×10	Однорядные	Плат., прямые	PBD-16G	2×8	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-12G	1×12	Однорядные	Плат., прямые	PBD-20G	2×10	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-16G	1×16	Однорядные	Плат., прямые	PBD-26G	2×13	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-20G	1×20	Однорядные	Плат., прямые	PBD-32G	2×16	Двухрядные	Плат., прямые
PBS-40G	1×40	Однорядные	Плат., прямые	PBD-34G	2×17	Двухрядные	Плат., прямые
PBSR-4G	1×4	Однорядные	Плат., угловые	PBD-40G	2×20	Двухрядные	Плат., прямые
PBSR-6G	1×6	Однорядные	Плат., угловые	PBD-80G	2×40	Двухрядные	Плат., прямые
PBSR-8G	1×8	Однорядные	Плат., угловые	PBDR-8G	2×2	Двухрядные	Плат., угловые
PBSR-10G	1×10	Однорядные	Плат., угловые	PBDR-10G	2×5	Двухрядные	Плат., угловые
PBSR-12G	1×12	Однорядные	Плат., угловые	PBDR-16G	2×6	Двухрядные	Плат., угловые
PBSR-14G	1×14	Однорядные	Плат., угловые	PBDR-20G	2×10	Двухрядные	Плат., угловые
PBSR-16G	1×16	Однорядные	Плат., угловые	PBDR-26G	2×13	Левосторонние	Плат., угловые

38 из 76

пуск Каталог Симметро... Microsoft PowerPoint... IMG_5268 - Програм... Adobe Reader - [com... RU 11:02

Использование программ **Sprint Lay Out** и **Dip Trace**

для ручной трассировки печатных плат



http://www.youtube.com/watch?v=en1ol_79LPM

<http://www.youtube.com/watch?v=r0reaUNBPq4>

<http://www.youtube.com/watch?v=ULdlimgwAZc>

<http://www.youtube.com/watch?v=ULdlimgwAZc>

<http://www.youtube.com/watch?v=qjXPYjiWNIk>

<http://www.youtube.com/watch?v=iKKhieMrR1Y>

http://www.youtube.com/watch?v=v5TP_DO781w

[m/watch?v=v5TP_DO781w](http://www.youtube.com/watch?v=v5TP_DO781w)

<http://www.youtube.com/watch?v=XZh59f7KM9A>

<http://www.youtube.com/watch?v=XZh59f7KM9A>

<http://www.youtube.com/watch?v=hTkM8h4HUXc>

http://www.youtube.com/watch?v=gxC_HH-dB3o

<http://www.youtube.com/watch?v=nuNxDh3AbAk>

<http://www.youtube.com/watch?v=XRZt3TUItw0>

<http://www.youtube.com/watch?v=XRZt3TUItw0>

Использование программ Sprint Lay Out и Dip Trace для ручной трассировки печатных плат



http://www.youtube.com/watch?v=en1ol_79LPM

<http://www.youtube.com/watch?v=r0reaUNBPq4>

<http://www.youtube.com/watch?v=ULdlimgwAZc>

<http://www.youtube.com/watch?v=ULdlimgwAZc>

<http://www.youtube.com/watch?v=qjXPYjiWNik>

<http://www.youtube.com/watch?v=iKKhieMrR1Y>

http://www.youtube.com/watch?v=v5TP_DO781w

http://www.youtube.com/watch?v=v5TP_DO781w

<http://www.youtube.com/watch?v=XZh59f7KM9A>

<http://www.youtube.com/watch?v=XZh59f7KM9A>

<http://www.youtube.com/watch?v=hTkM8h4HUXc>

http://www.youtube.com/watch?v=gxC_HH-dB3o

<http://www.youtube.com/watch?v=nuNxDh3AbAk>

<http://www.youtube.com/watch?v=XRZt3TUItw0>

<http://www.youtube.com/watch?v=XRZt3TUItw0>

Руководства и видеоуроки по SprintLayout

http://wzone.vegalab.ru/faq/sprint_layout

<http://easyelectronics.ru/sprint-layout-5-podrobnoe-rukovodstvo.html>

	Содержание видеоурока	Продолжительность	Звук
http://www.youtube.com/watch?v=qjXPYjiWNik	Sprint Layout 6 рисуем плату	3:16	+
http://www.youtube.com/watch?v=r0reaUNBPg4	SL6 первый урок	8:11	+
http://www.youtube.com/watch?v=hTkM8h4HUXc	Sprint layout 6.0 видеоурок 2	15:29	+
http://www.youtube.com/watch?v=XZh59f7KM9A	Видеоурок Sprint Layout 6,0 №3	6:18	+
http://www.youtube.com/watch?v=qxC_HH-dB3o	Sprint Layout6.0 видеоурок 4, часть первая	8:41	+
http://www.youtube.com/watch?v=XRZt3TUItw0	Sprint Layout 6.0 видеоурок 4, часть вторая	6:44	+
http://www.youtube.com/watch?v=fdnGdW_sKxM&feature=player_detailpage	Создание макроса	41:31	+

Особенности разработки печатной платы с использованием программы Sprint-Layout

1. Общие сведения о программе
2. Интерфейс программы
3. Процесс создания печатной платы
4. Разводка печатных проводников
5. Печать чертежей
6. Экспорт файлов и фоновый рисунок
7. Вставка разводки печатной платы и компоновки в Компас

Работа со Sprint-Layout

Содержание

Предисловие

1. Введение

2. Создание печатной платы

2.1. Размеры платы

2.2. Размер сетки

2.3. Слой проводников и слой маркировки

2.4. Линейки и панель навигации

3. Функции формирования топологии

3.1. Основные функции формирования топологии

3.2. Проводники

3.3. Контактные площадки для выводного монтажа, переходные отверстия

3.4. Контактные площадки для поверхностного монтажа

3.5. Проводники в форме окружности/сегмента

3.6. Заливка

3.7. Многоугольники

3.8. Текст

4. Функции редактирования

4.1. Использование буфера обмена

4.2. Лупа

4.3. Поворот, отражение и выравнивание

4.4. Работа с группами объектов

4.5. Перемычки

4.6. Автотрассировка

4.7. Тестирование сетей

4.8. Измерение расстояний

4.9. Общая шина

4.10. Фотовид

4.11. Управление с клавиатуры

4.12. Редактирование нескольких плат

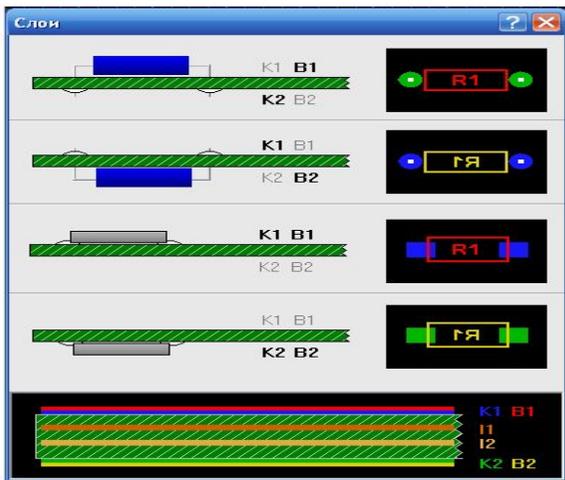
4.13. Автосохранение

4.14. Фоновое изображение

Примеры трассировки печатных плат

The image displays the Sprint-Layout 6.0 software interface for PCB layout design. The main workspace shows a green PCB layout with various components and traces. Components include diodes (DA1, DA2, DA3), a transistor (VT1), resistors (R1, R2, R3), capacitors (C1-C12), and three voltage detectors (VD1, VD2, VD3). A SOIC package is also present. The layout is overlaid on a grid with dimensions in millimeters (0 to 130 mm). The software interface includes a menu bar (Файл, Действия, Плата, Функции, Сервис, Опции, Справка), a toolbar with various design tools, and a left sidebar with a tool palette. The right sidebar shows a component library (Макросы) with a list of SOIC packages. The bottom status bar shows the current board name (Плата 1) and coordinates (X: 69,859 мм, Y: 49,859 мм). The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the time 10:47.

Назначение и расположение слоев в SL6



Использование сторон (слоев) платы

Sprint-Layout поддерживает работу с 7-ю различными слоями. Все слои можно представить себе в виде прозрачных пленок. При включенной видимости всех слоёв, их можно просматривать насквозь.

Каждый слой имеет свое назначение:

- **Ф1** = Верхний токопроводящий слой (Фольга из меди)
- **Ш1** = Верхний слой шелкографии
- **Ф2** = Нижний токопроводящий слой (Фольга из меди)
- **Ш2** = Нижний слой шелкографии
- **К** = Слой для контура и скрайбирования (вырезов) платы при фрезеровке
- **В1** = Верхний внутренний токопроводящий слой (для многослойной платы)
- **В2** = Нижний внутренний токопроводящий слой (для многослойной платы)

Верхняя и нижняя стороны платы имеют по два слоя. Первый из слоёв предназначен для создания электрических соединений (**Ф**), второй - для нанесения различных логотипов, маркерных линий и текста (**Ш**).

На слое **К** наносится контур платы, который может быть как простым прямоугольником или окружностью, так и иметь гораздо более сложную форму с использованием перфорации для разлома плат и внутренних вырезов. Слой **К** в основном используется при заводском изготовлении плат.

Назначение и расположение слоев в SL6

Sprint-Layout 6.0

Скрыть Назад Вперед Печать

Сод

При создании платы следует помнить основные правила:

- Сторона платы 1 является верхней стороной.
- Сторона платы 2 является нижней стороной.
- На рабочем поле плата располагается верхней стороной к разработчику и просматривается насквозь.
- Текст или компоненты, установленные на нижнюю сторону платы, видны в зеркальном отображении (этот разворот Sprint-Layout делает автоматически).

Каждый новый элемент будет установлен на текущую **активную** сторону (слой).

Выбор **активной** стороны (слоя) производится на соответствующей панели, расположенной в строке состояния:

видимая	Ф1	Ш1	Ф2	Ш2	К	?
активная	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Сторона (слой), выбранная в качестве **активной**, обозначена **зеленой** точкой.

Отображением сторон (слоев) на рабочем поле можно управлять в строке **видимая** на этой панели. При нажатии левой кнопкой мыши на обозначениях сторон (слоев) Ф1, Ш1, Ш2 или К (сторона Ф2 в данном примере активная), эти буквы будут перечеркиваться белой линией и отображение выключенной стороны (слоя) прекратится. Выключить **видимость** активной стороны (слоя) невозможно.

Для переключения активности сторон Ф1 и Ф2 можно использовать клавишу **F9**, для слоёв В1, В2 и К - клавишу **F11**.

При нажатии левой кнопки мыши на знаке "?" на экран будет выведено окно, поясняющее использование сторон (слоев) платы:

Использование сторон (слоев) платы

Ф1 Ш1
Ф2 Ш2

Ф1 Ш1
Ф2 Ш2

Ф1 Ш1
Ф2 Ш2

Р1

ШЯ

Р1

пуск

Sprint Layout ... Документ1 - ... Документ2 - ... SprintLayout 6... Microsoft Pow... Sprint-Layout ... Sprint-Layout 6.0 RU 11:55

Назначение и расположение слоев в SL5

Sprint-Layout50

Скрыть Найти Назад Вперед Домой Параметры

Слои платы

В программе предусмотрена возможность использования 7 слоев. На экране они отображаются в виде полупрозрачных рисунков.

Расположение слоев:

- Сторона платы M1 – медное покрытие верхнего слоя
- Сторона платы K1 – компоненты, размещенные на верхнем слое
- Сторона платы M2 – медно покрытие нижнего слоя
- Сторона платы K2 – компоненты, размещенные на нижнем слое
- Ф – слой для создания принципиальной схемы или сложного контура платы
- I1 -внутренний слой 1 (только для многослойной платы)
- I2 -внутренний слой 2 (только для многослойной платы)

Верхняя и нижняя стороны имеют по два слоя – для создания проводников и для установки компонентов.

Следует обратить внимание:

- **Сторона платы 1 - верх** платы.
- **Сторона платы 2 - низ** платы.
- Устанавливать элементы следует, как будто плата **прозрачна**.
- **Компоненты и тексты на нижней стороне** платы (сторона 2) должны быть **зеркальны** (по умолчанию программа их так и ставит),

Каждый слой имеет свое назначение:

- **Ф1** = Верхний токопроводящий слой (Фольга из меди)
- **Ш1** = Верхний слой шелкографии
- **Ф2** = Нижний токопроводящий слой (Фольга из меди)
- **Ш2** = Нижний слой шелкографии
- **К** = Слой для контура и скрайбирования (вырезов) платы при фрезеровке
- **B1** = Верхний внутренний токопроводящий слой (для многослойной платы)
- **B2** = Нижний внутренний токопроводящий слой (для многослойной платы)

Только один из слоев может быть **активным** в данный момент. Это означает, что все новые элементы будут помещены в **активный** слой. Если слой меди активен, весь рисунок будет сделан в виде проводников. Если активен слой компонентов, рисунок будет сделан непроводящими линиями.

В нижней части экрана можно выбирать активность и видимость слоев:



Кнопки **M1, K1, M2, K2, B1, B2** и **Ф** переключают соответствующие видимые/невидимые слои. Текущий активный слой всегда видим.

Кнопки с установкой точки выбирают **активный** слой.

Щелчком левой кнопки мышки по значку "?" вызывается информация о слоях:

Расположение слоев на плате

пуск Sprint Layout ... Документ1 - ... Документ2 - ... Sprint-Layout5... Microsoft Pow... Sprint-Layout ... Sprint-Layout50 RU 12:02

Назначение и расположение слоев в SL5 и SL6

Sprint-Layout50

Скрыть Найти Назад Вперед Домой Параметры

В нижней части экрана можно выбрать активность и видимость слоев:

видим. **M1 K1 M2 K2 B1 B2 Ф** ?
актив. ?

видимая **Ф1 Ш1 Ф2 Ш2 К** ?
активная ?

Кнопки **M1, K1, M2, K2, B1, B2** и **Ф** переключают соответствующие видимые/невидимые слои. Текущий активный слой всегда видим.

Кнопки с установкой точки выбирают активный слой.

Щелчком левой кнопки мышки по значку "?" вызывается информация о слоях:

Расположение слоев на плате

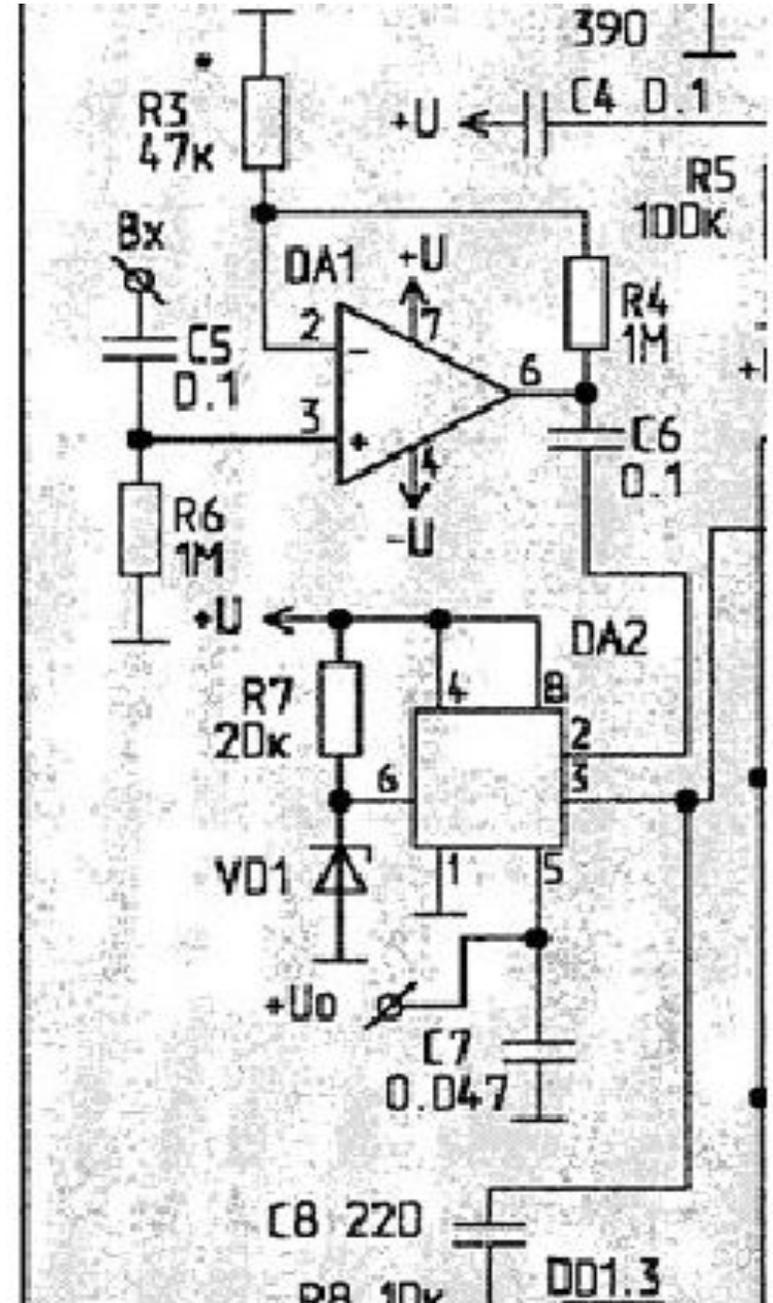
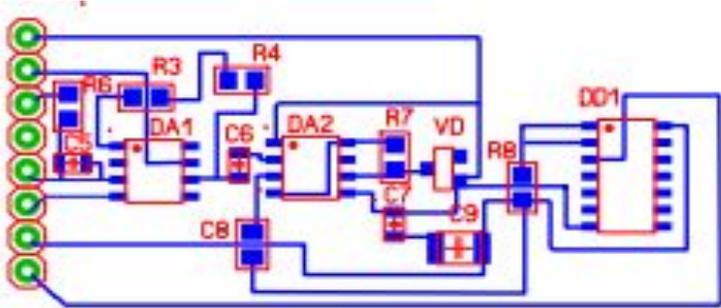
	M1 K1 M2 K2	
	M1 K1 B1 B2 M2 K2	

Использование сторон (слоев) платы

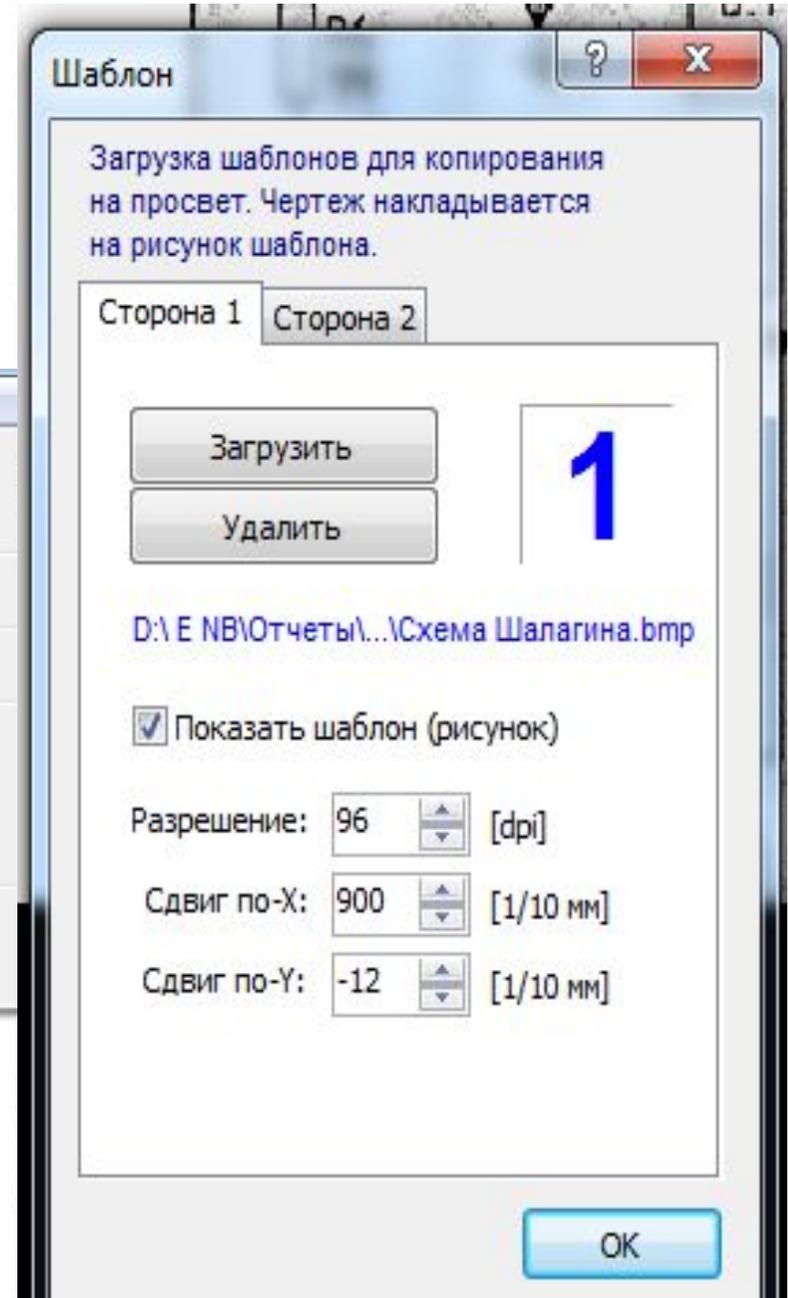
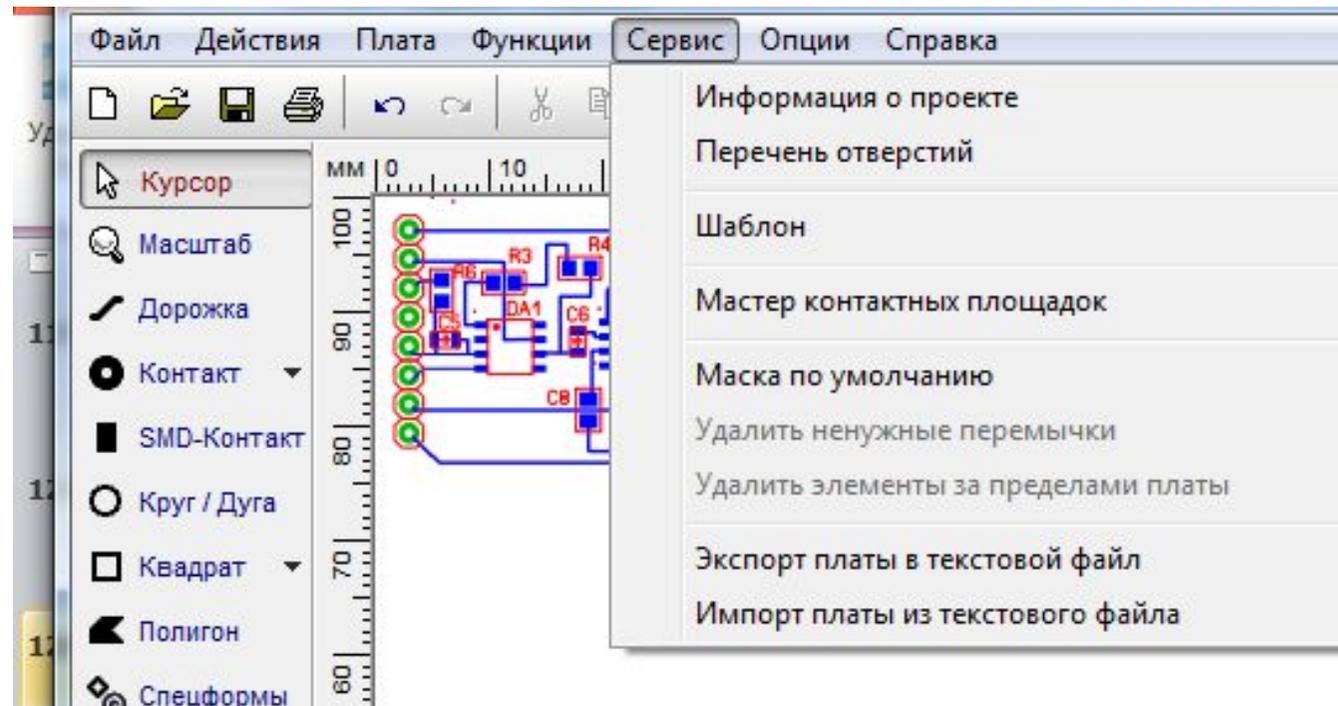
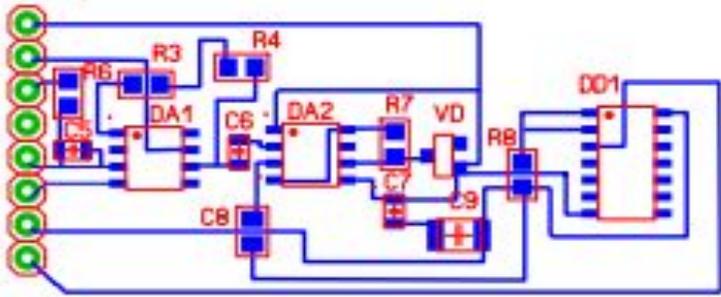
	Ф1 Ш1 Ф2 Ш2	
	Ф1 Ш1 B1 B2 Ф2 Ш2	

пуск Sprint Layout ... Документ1 - ... Документ2 - ... Sprint-Layout5... Microsoft Pow... Sprint-Layout ... Sprint-Layout50 RU 12:05

Вставка фонового рисунка (например схемы или разводки ПП из картинки)



Вставка фонового рисунка (например схемы или разводки ПП из картинки)



Создание черно-белого изображения и сетки в SL6

The image shows the Sprint-Layout 6.0 software interface. The main workspace displays a PCB layout with green traces and various components labeled with red text, including DA1, DA2, DA3, VT1, R1, R2, R3, C1, C2, C3, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, VDS, VD1, VD2, and VD3. A dialog box titled "Общие установки" (General Settings) is open, showing the "Установка цвета" (Color Setup) tab. This tab includes a "Цветовая схема" (Color Scheme) dropdown set to "Своя 1" (My 1) and a list of color assignments for different PCB layers and features. A preview window on the right shows a black and white grid pattern.

Общие установки

Общие установки
Установка цвета
Рабочие каталоги
Библиотека Макросов
Отменить (Undo)
Максимальный ток А
Горячие клавиши
Перекрестие
Автосохранение

Установка цвета

Цветовая схема: Своя 1

Ф1 (фольга сторона 1)	Задний план
Ш1 (шелкография сторона 1)	Сетка - Линии
Ф2 (фольга сторона 2)	Сетка - Точки
Ш2 (шелкография сторона 2)	
В1 (внутренний слой 1)	Линия виртуальной перемычки
В2 (внутренний слой 2)	Отверстие с металлизацией
К (контурный слой)	

Стандартная схема

OK Отменить

Макросы

- SOIC
- S08
- S08W
- S014
- S014W
- S016
- S016W
- S020W
- S024W
- S024X
- S028W
- S028X
- S032W
- S032X
- S036W
- S036X

Как компонент

Нажать и перенести

Плата 1 Plata 1

видимая Ф1 Ш1 Ф2 Ш2 К ?

активная

11,127 мм X
0,000 мм Y

10:56

Создание черно-белого изображения и сетки

The image shows the Sprint-Layout 5.0 software interface. The main workspace displays a PCB layout on a blue grid. The grid is currently set to 2.5 mm. The layout includes a central component with several pins, connected to a network of traces. The interface includes a menu bar (Файл, Редактор, Проект, Действия, Опции, Регистрация, Помощь), a toolbar with various design tools, and a left-hand toolbar with icons for cursor, scale, conductor, contact, SMD contact, circle/arc, polygon, figure, text, connection, autoroute, control, measurement, photo view, and mask. A right-hand panel shows the 'Свойства' (Properties) window for the current layer, 'Platine 1', with parameters for width (40.00 mm) and height (50.00 mm). Below it is the 'Библиотека' (Library) panel showing a tree structure of components and layers. A 'Установки' (Settings) dialog box is open in the foreground, showing the 'Цвета' (Colors) tab. This dialog allows users to select a color scheme (Standard) and assign colors to various elements: Background (black), Grid (grey), M1 (Copper-top, blue), K1 (Components-top, red), M2 (Copper-bottom, green), K2 (Components-bottom, yellow), V1 (Internal 1, orange), V2 (Internal 2, light orange), and Φ (Contour, white). A 'Виртуальные линии связей' (Virtual connection lines) option is also present, set to green. The dialog has 'OK' and 'Отмена' (Cancel) buttons. At the bottom of the screen, the Windows taskbar is visible, showing the Start button and several open applications: 'Рисуем схему и пл...', 'Kompas135P1w', 'Sprint-Layout 5.0', 'КОМПАС-3D V13 - ...', 'Microsoft PowerPoi...', 'PFR по ОКП и ИМН ...', and system icons for RU, network, and time (11:13).

Создание черно-белого изображения и сетки

The image shows the Sprint-Layout 5.0 software interface. The main workspace displays a PCB layout on a grid. The layout includes a central component with several pins, connected to a network of traces. A grid is overlaid on the workspace, with a 2.5 mm grid size indicated in the bottom-left corner. The top menu bar includes options like 'Файл', 'Редактор', 'Проект', 'Действия', 'Опции', 'Регистрация', and 'Помощь'. The left toolbar contains various drawing tools such as 'Курсор', 'Масштаб', 'Проводник', 'Контакт', 'SMD-конт', 'Круг/Дуга', 'Полигон', 'Фигура', 'Текст', 'Связи', 'Автотрасса', 'Контроль', 'Измеритель', 'Фотовид', and 'Маска'. The right side of the interface features a 'Свойства' (Properties) panel for the selected 'Плата' (Board) and a 'Библиотека' (Library) panel showing a tree view of components like 'SMD', 'TH', 'Users', 'Сетка.LMK', 'SHM', and 'Сетка 2.5.LMK'. A 'Установки' (Settings) dialog box is open in the foreground, showing the 'Цвета' (Colors) tab. The 'Вариант' (Variant) is set to 'Платный' (Printed). The color settings include: 'Фон' (Background) - white, 'Сетка' (Grid) - black, 'M1 (Медь-верх)' (Copper-top) - black, 'K1 (Компоненты-верх)' (Components-top) - white, 'M2 (Медь-низ)' (Copper-bottom) - black, 'K2 (Компоненты-низ)' (Components-bottom) - gray, 'V1 (Внутренний 1)' (Internal 1) - orange, 'V2 (Внутренний 2)' (Internal 2) - light orange, 'Ф (Контурный)' (Contour) - black, and 'Виртуальные линии связей' (Virtual connection lines) - cyan. The 'Установить как стандартный' (Set as standard) button is visible. The bottom status bar shows coordinates (X: 18,8 мм, Y: 0 мм) and active layers (видим. M1, M2, K2, Ф). The Windows taskbar at the bottom shows the system tray with the time 11:16 and various application icons.

Создание макроса в программе SprintLayout

Создание Макросов

В программе не существует никаких различий между созданием элемента на плате и созданием макроса. При создании контактных площадок для макроса используется те же стороны (слои) Ф1 и Ф2, а для прорисовки проекций корпусов (прямоугольники, окружности и т.п.), слои шелкографии Ш1 и Ш2.

Пример:

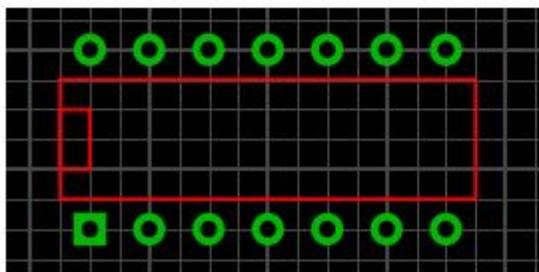
Создания макроса для микросхем в корпусе DIP, 14 выводов.

(Это просто пример, совершенно естественно, что такой корпус уже существует в библиотеке макросов.)

1. Создание рисунка Макроса

На слое Ф2 (нижняя сторона), используя инструмент Контакт создаем 14 контактных площадок по заданной сетке (шаг сетки соответствует шагу выводов). Для идентификации первого вывода его площадку можно сделать квадратной.

После этого делаем активным слой Ш1 (шелкография, верх) и наносим контур корпуса, используя инструмент Дорожка / Линия. Дополнительно можно обозначить вырез на корпусе (ключ) для визуального контроля правильности установки микросхемы на плате:



Теперь созданный рисунок с элементами нужно сделать макросом.

Создание макроса в программе SprintLayout

3. Сохранение Макроса

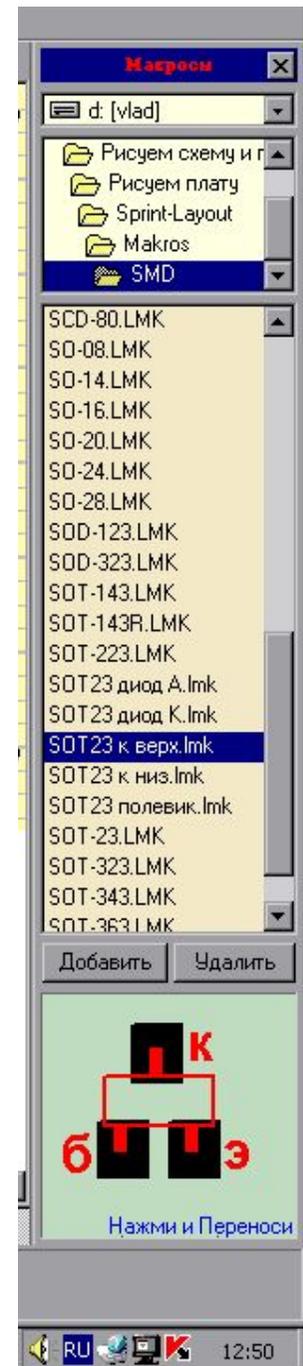
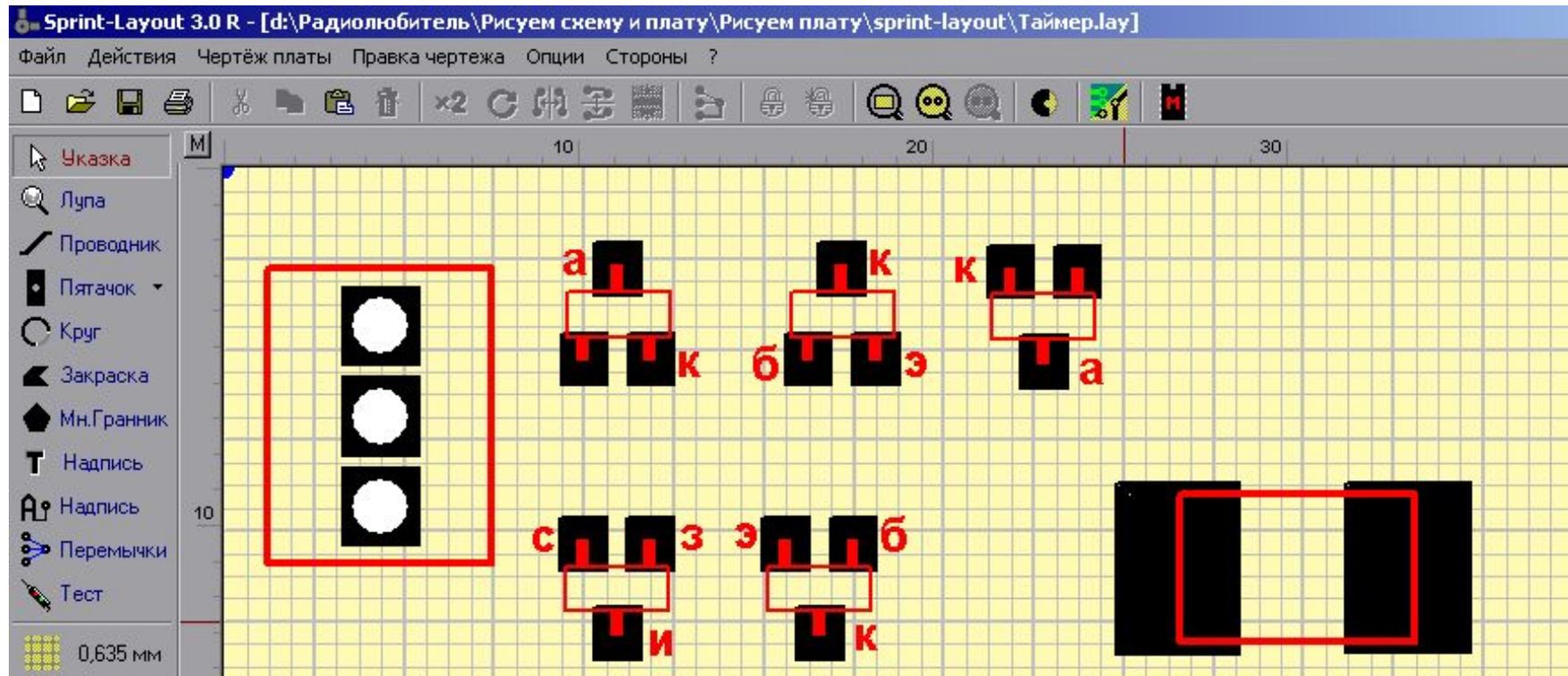
Для сохранения макроса заходим в меню **Файл** и выбираем опцию **Сохранить как макрос**.

Опция сохранения может быть задана и нажатием на значке **Сохранить макрос**, расположенном на панели библиотеки макросов.

После этого откроется стандартное диалоговое окно. Каталог для сохранения в нём соответствует текущему разделу библиотеки. Если требуется сохранить макрос в другом разделе то, сделайте выбор нужного раздела.

Теперь файлу с макросом, необходимо присвоить уникальное имя. Введите просто имя файла, а расширение ".lmk" будет добавлено автоматически.

После нажатия кнопки **Сохранить**, макрос будет добавлен в выбранный раздел библиотеки.





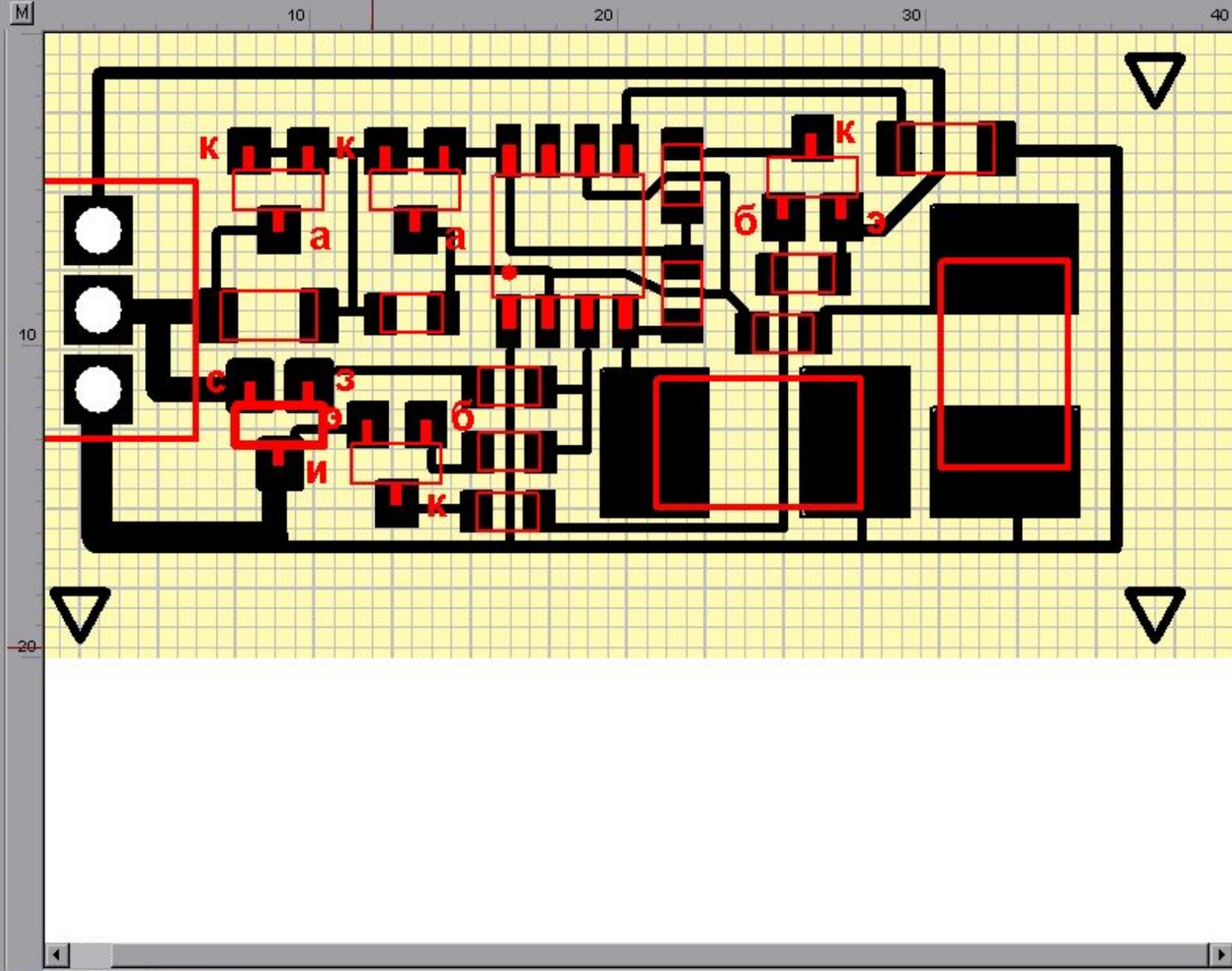
- Указка
- Лупа
- Проводник
- Пятачок
- Круг
- Закраска
- Мн.Гранник
- Надпись
- Надпись
- Перемычки
- Тест

0,635 мм

0.1

1.5

0.0

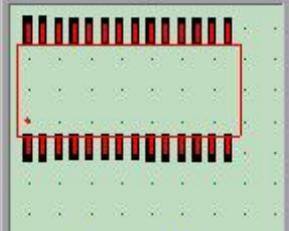


Макросы

- d: [vlad]
- Рисуем схему и г
- Рисуем плату
- Sprint-Layout
- Makros
- SMD

- QU-HC49.LMK
- QU-SXA.LMK
- R-TRIMM.LMK
- SC-79.LMK
- SCD-80.LMK
- SO-08.LMK
- SO-14.LMK
- SO-16.LMK
- SO-20.LMK
- SO-24.LMK
- SO-28.LMK**
- SOD-123.LMK
- SOD-323.LMK
- SOT-143.LMK
- SOT-143R.LMK
- SOT-223.LMK
- SOT23 диод А.lmk
- SOT23 диод К.lmk
- SOT23 к верх.lmk
- SOT23 к низ.lmk
- SOT23 полевик.lmk

Добавить Удалить



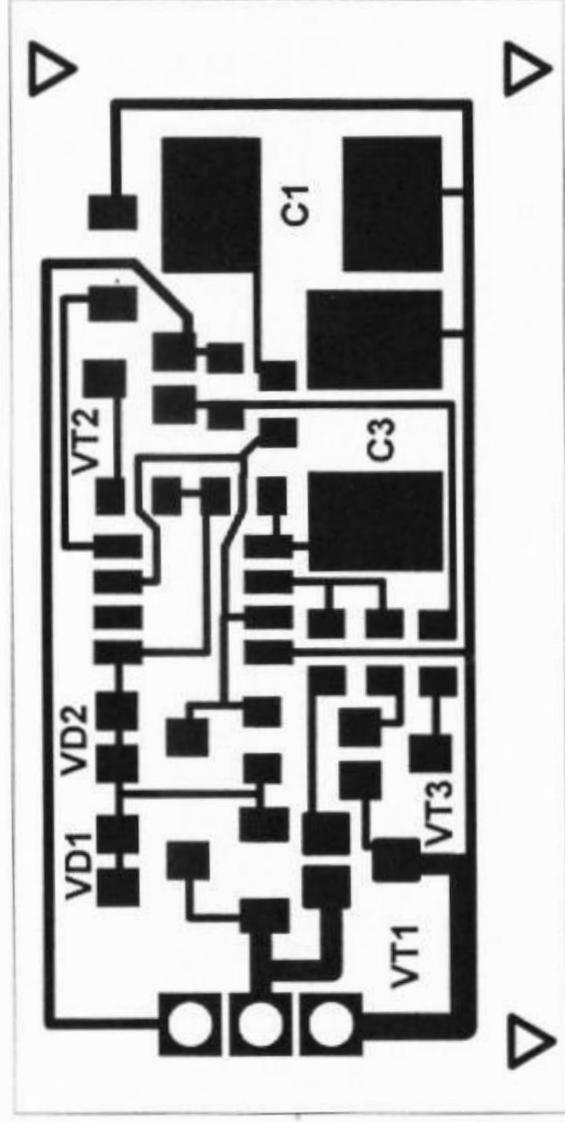
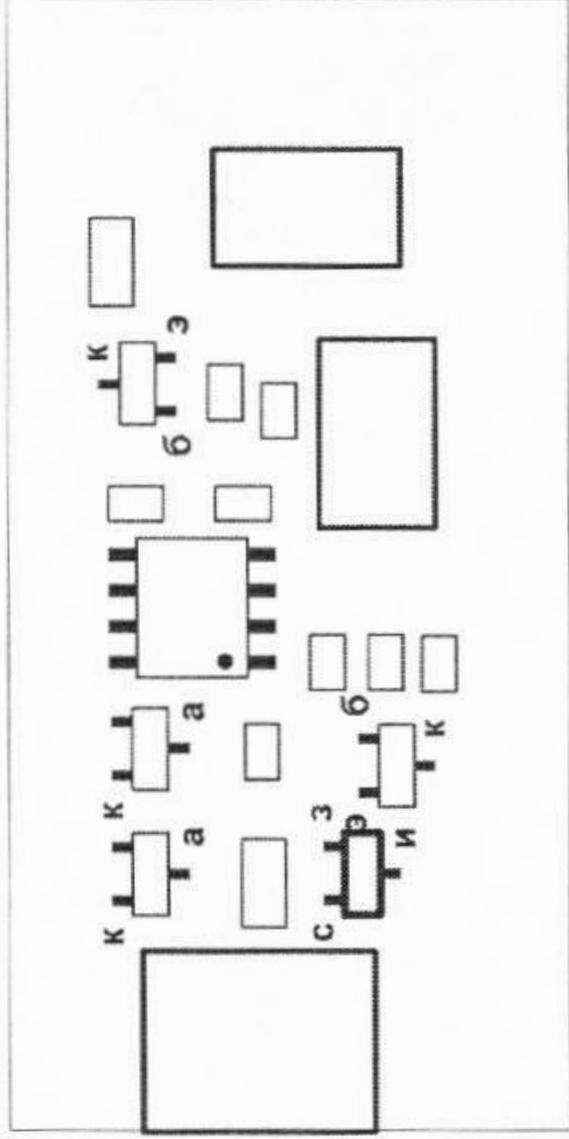
Нажми и Переноси

X: 12,06 мм Y: 19,68 мм

Активн. P1 M1 P2 M2

Показ

Размер платы 40 x 20 мм



Особенности оформления чертежей печатных плат (ГОСТ 2.417-91)

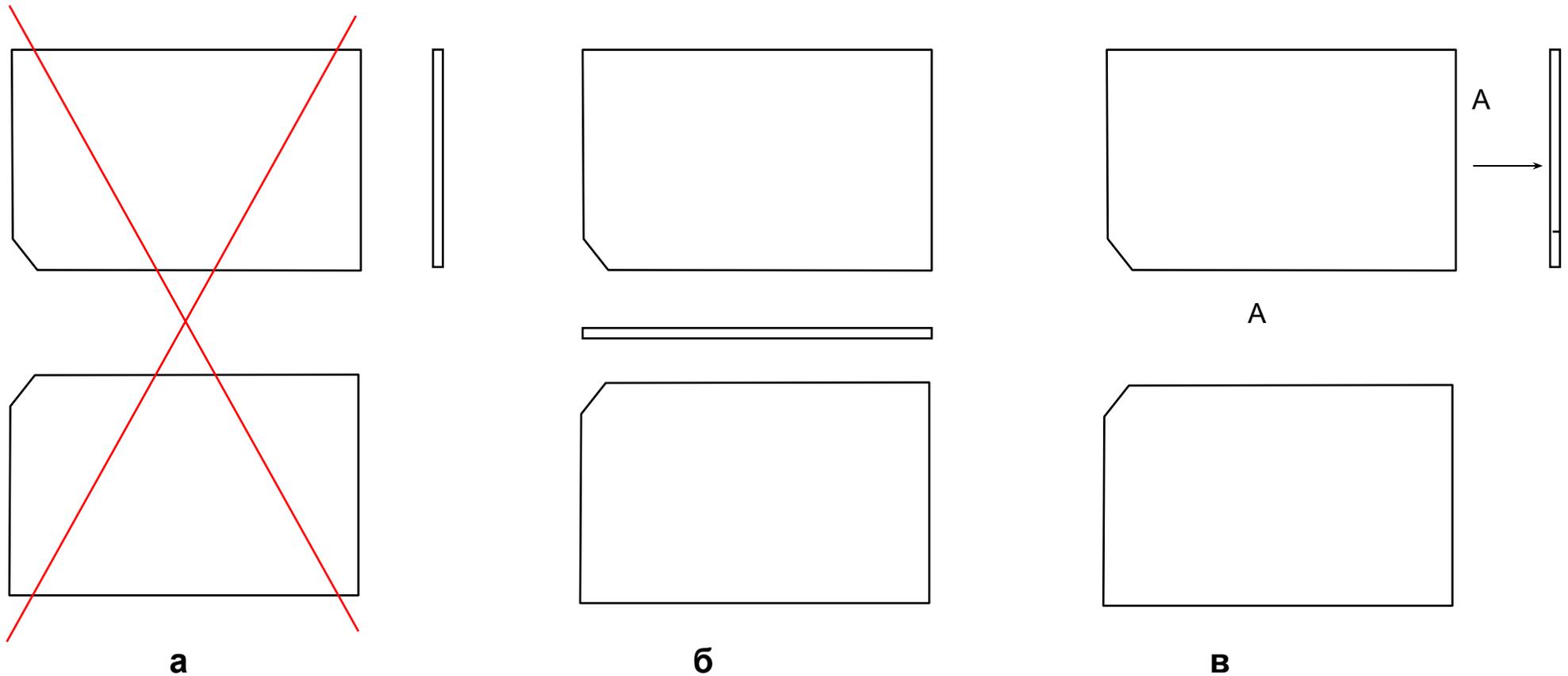
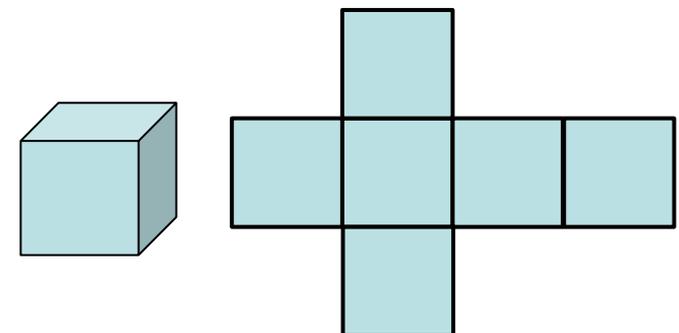


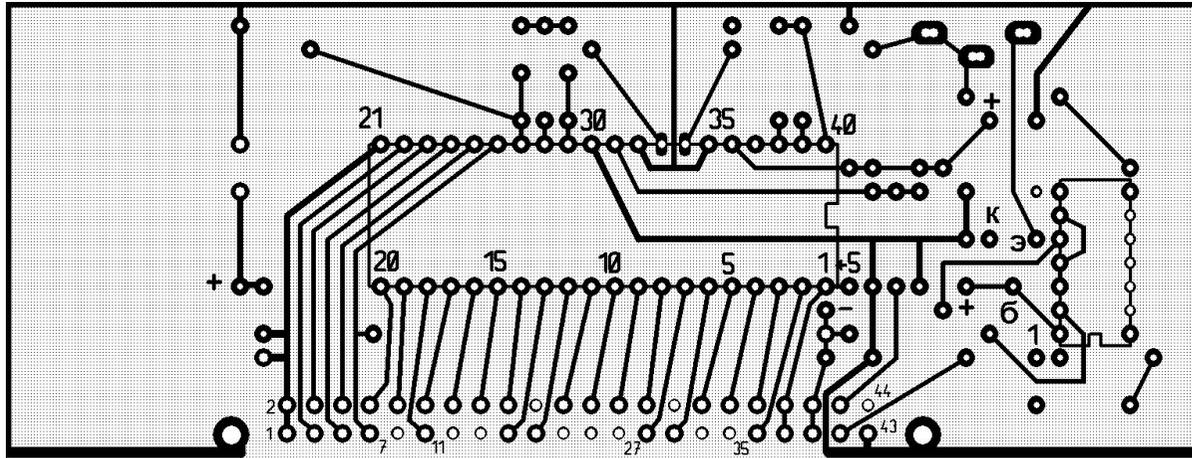
Рисунок 5.6 – Неправильное (а) и правильное (б, в) расположение проекций печатной платы

Напоминание: масштаба 3:1 не существует!

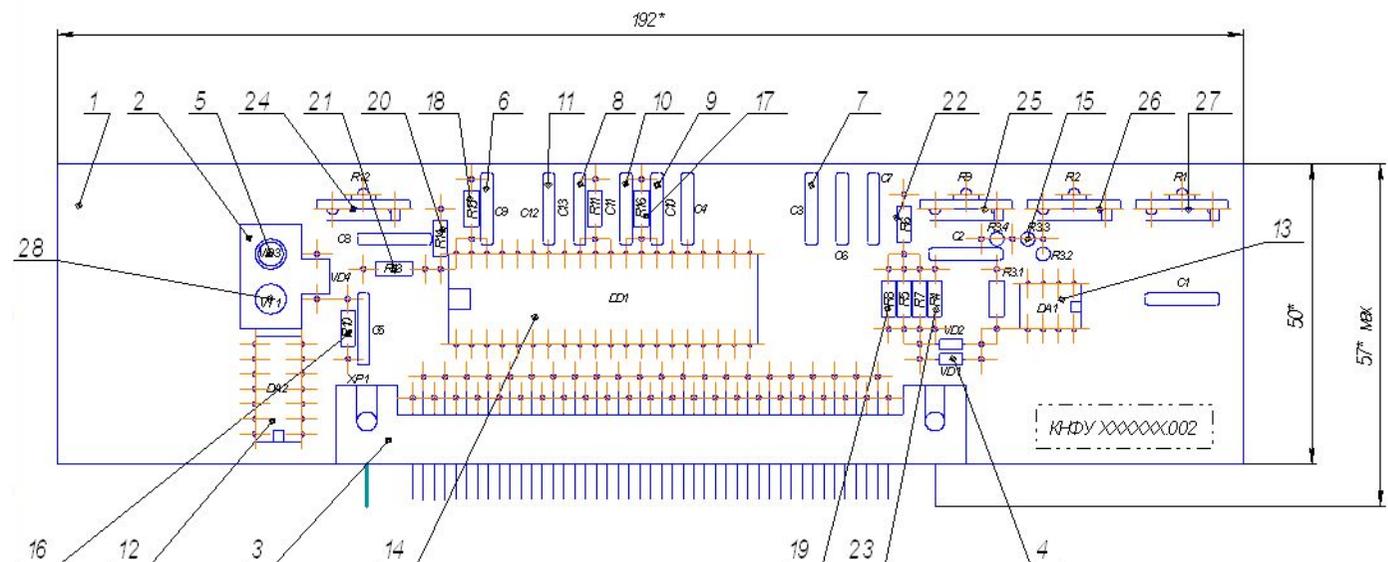


Ориентация видов на чертеже печатной платы и сборочном чертеже радиоэлектронного узла должны совпадать

Печатная плата



Сборочный чертеж узла



Пример оформления чертежа печатной платы

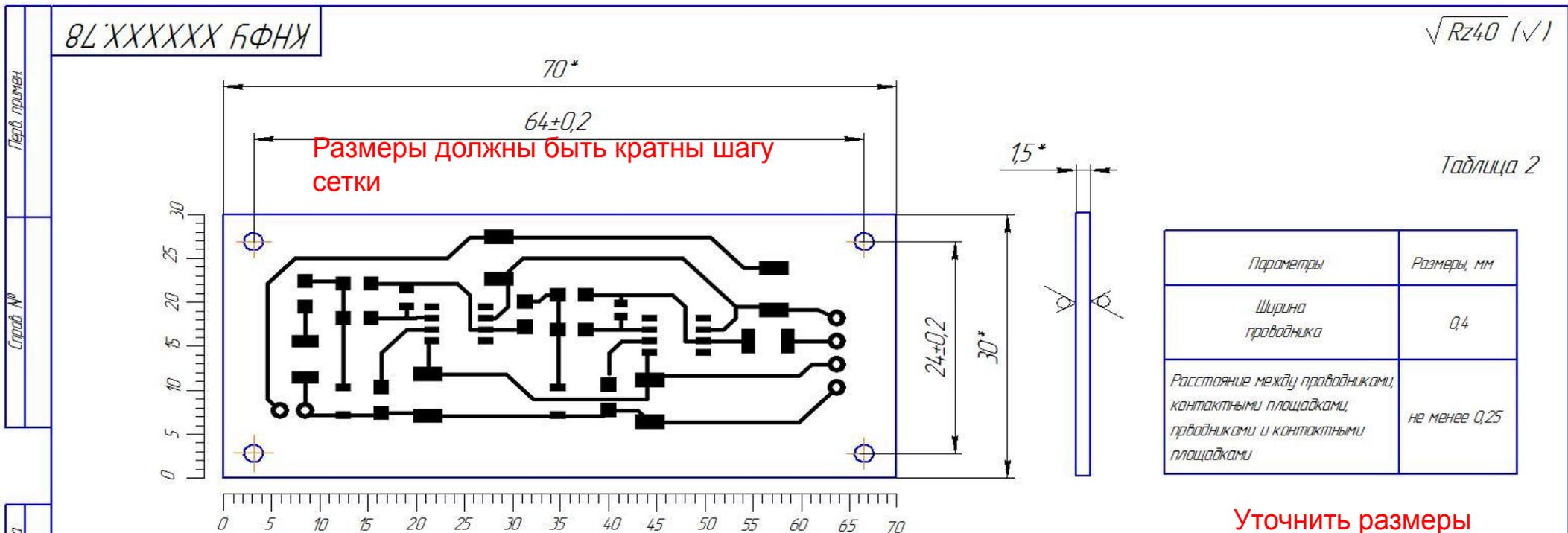


Таблица 2

Параметры	Размеры, мм
Ширина проводника	0,4
Расстояние между проводниками, контактными площадками, проводниками и контактными площадками	не менее 0,25

Таблица 1

Условное обозначение отверстий	Диаметр отверстий, мм	Наличие металлизации отверстий	Количество отверстий
	2,2±0,1	нет	4

Уточнить размеры для справок

- *Размер для справок.
- Плату изготовить фотохимическим методом.
- Плата должна соответствовать ОСТ 4.ГО.077.200.
- Шаг координатной сетки 0,635 мм, сетка начерчена с пропусками в 2 линии. **Обозначена**
- Класс точности платы 3 по ГОСТ Р53429-2009
- Конфигурацию проводников выдерживать по чертежу с отклонение +0,2 мм. Допускается скругливание углов контактных площадок проводников.

- Проводники покрывать сплавом "РОЗЕ" ТУ 6-09-4065-75.
- Маркировать сеткографическим способом краской БМ Белый ТУ 20-02-859-78 шрифтом 3 по НО.010.007.
- Децимальный номер маркировать травление шрифтом 3 мм.
- Остальные технические требования по ОСТ 4.ГО.070.014.

				КНФУ XXXXXX.78			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
							2,5:1
Разработ.	Шестаков А.А.				Лист	Листов	1
Проб.	Леушин В.Н.				ПГТУ ЭиН-31		
Т.контр.					Стеклотекстолит СФ-1-35-15 ГОСТ 10316-78		
Н.контр.					Копировал		
Утв.					Формат А3		

Перв. проект
Справ. №
Подп. и дата
Изм. № докум.
Изм. № докум.
Взам. инв. №
Изм. № докум.
Подп. и дата
Изм. № докум.

* Размеры для справок (ГОСТ 2.307)

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «* Размеры для справок» (или *Все размеры для справок*)

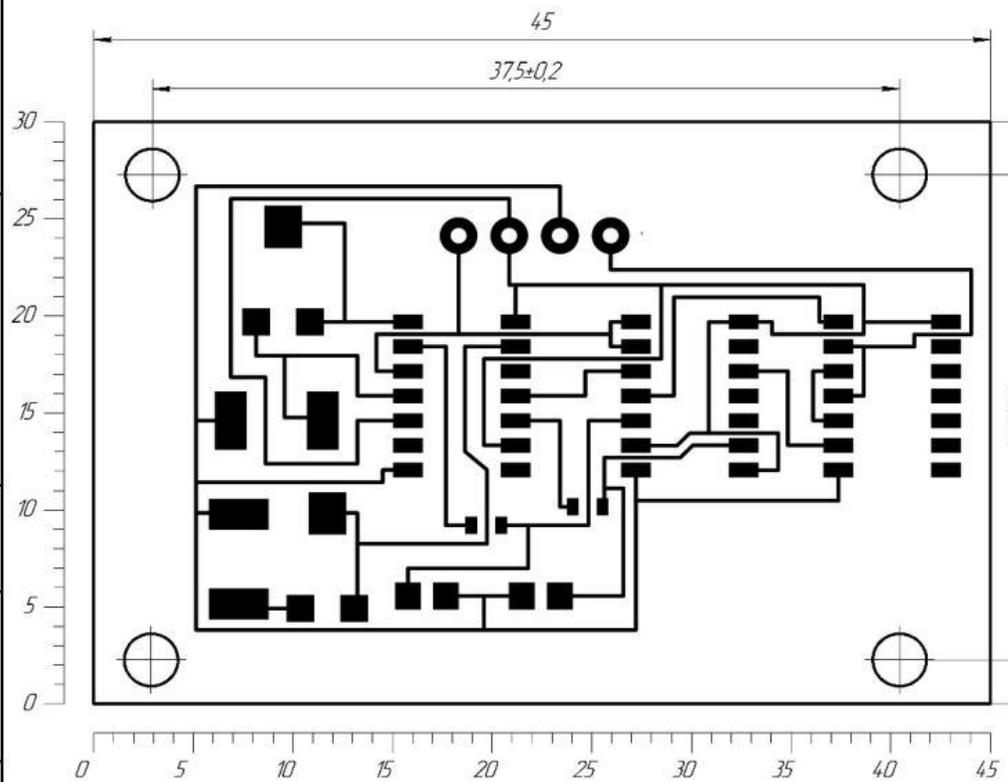
К справочным размерам относятся:

- а) один из размеров замкнутой размерной цепи. Предельные отклонения таких размеров на чертеже не указывают;
- б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок;
- в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали;
- г) размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например, ход поршня;
- д) размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;
- е) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;
- ж) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала в графе 3 основной надписи.

✓ Ra6,3 (✓)

КНФУ.758723.001

Листов. промен. КНФУ.687242.001
Справ. №
Лист. и дата
Взам. инв. № Инв. № дубл.
Лист. и дата
Инв. № подл.



1. Плату изготовить фотохимическим методом.
2. *Размер для справок.
3. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79.
4. Класс точности платы - 4 по ГОСТ Р53429-2009.
5. Шаг координатной сетки 0,25 мм, линии координатной сетки обозначены через 3.
6. Ширина проводников 0,2 мм.
7. Конфигурацию проводников выдерживать по чертежу с отклонением ± 0,1 мм. Допускается скругление углов контактных площадок и проводников.
8. Проводники покрыть сплавом «Розе» по ОСТ4.ГО.014.000.

Таблица 1

Условное обозначение отверстий	Диаметр отверстий, мм	Наличие металлизации отверстий	Количество отверстий
	2,2±0,1	Нет	4

				КНФУ.758723.001			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Маскин Д.Г.					4:1
Проб.		Леушин В.Н.					
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					Стеклотекстолит СФ-1-35-15		ПГТУ УИТС-41
Утв.					ГОСТ 10316-78		
				Копировал			Формат А3

Состав и последовательность изложения ТТ на чертеже печатной платы

1. Печатную плату изготовить ... методом.
2. Размеры для справок.
3. Печатная плата должна соответствовать ГОСТ 23752—79, группа жесткости
4. Шаг координатной сетки ..., мм.
5. Проводники выполнять шириной ... (с допуском) мм.
6. Расстояние между проводниками не менее ... мм.
7. Допускается в узких местах занижение размера контактных площадок до ... мм.

Параметры элементов печатного монтажа рекомендуют представлять в виде таблиц (см. выше) и размещать в любом свободном месте чертежа (но только не между текстом технических требований и основной надписью!!!)

8. Покрытие, например, олово—свинец (61) оплавленное по ГОСТ 9.306-85.
9. Масса покрытия ..., кг (только для драгоценных металлов).
10. После выполнения проводящего рисунка плату покрыть паяльной маской.... через трафарет....
10. Маркировку выполнить шрифтом 2,5 по НО.010.007, в узких местах — шрифтом 2 краской.... цвет...

Технические требования на чертежах (ГОСТ 2.316)

Текстовая часть состоит из технических требований и (или) технической характеристики (ГОСТ 2.316-68). Если в чертеже имеются и технические требования и техническая характеристика, то над основной надписью помещаются технические требования. На листах формата более А4 допускается текст располагать в несколько колонок, ширина которых должна быть не более 185 мм, при этом продолжение помещают слева от основной надписи.

Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования в следующей последовательности :

- указание материалов заменителей; требования к материалам и качеству швов неразъемных соединений; термической обработке и к свойствам материала готовой детали;
- размеры, предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, массы и т.п.;
- требования к качеству поверхности, указания по их отделке, покрытия;
- требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;
- другие требования к качеству изделия, например, виброустойчивость, бесшумность и т.д.
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировании и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- особые условия эксплуатации;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования на данное изделие, но не приведенные в чертеже.

Примечание. На чертежах печатных плат первым пунктом записывается метод изготовления печатной платы, если такие указания необходимы (ГОСТ 2.417-91).

Технические требования на чертежах

- Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию и каждый пункт должен записываться с новой строки с абзаца. Заголовок «Технические требования» не пишут (кроме случая применения на чертеже одновременно и технической характеристики и технических требований. В этом случае указываются оба заголовка).
- Текстовая часть помещается только на первом листе чертежа при выполнении его на нескольких листах.
- Необходимые таблицы располагаются на свободном поле чертежа справа от изображений или под ними. Если на таблицы нет ссылок в технических требованиях и если в чертеже только одна таблица, то они не нумеруются и слово «Таблица» не пишется.

Пример оформления сборочного чертежа

Перв. размеч.	97 870'XXXXXX БФНУ	70*																																												
Станд. №																																														
Подп. и дата	<p>Размеры должны быть кратны шагу сетки</p> <p>КНФУ XXXXXX.078</p>																																													
Взам. инв. №	<p>30*</p> <p>24±0,2</p> <p>11 9 3 12 4 6 14 13 5 7</p>																																													
Инв. № подл.	<p>6. Заводской номер маркировать краской БМ белый ТУ 029-02-859-78 шрифт 3 по НО.010.007. Место маркировки показано условно.</p> <p>7. Остальные технические требования по ОСТ 4ГО.010.015.</p>																																													
Подп. и дата	<p>Уточнить размер шрифта</p>																																													
Инв. № подл.	<p>Все ли справочные размеры приведены?</p> <p>Или использовать паяльную пасту?</p>																																													
Инв. № подл.	<ol style="list-style-type: none"> 1. *Размер для справок. 2. Электромонтаж выполнять согласно КНФУ XXXXXX.078 ЗЗ. 3. Установку элементов проводить по ОСТ 4.ГО.010.030.-81 4. Паять припоем ПОС-61 ГОСТ21931-76 5. Обозначения соответствуют схеме электрической принципиальной КНФУ XXXXXX.078 ЗЗ 																																													
Инв. № подл.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">КНФУ XXXXXX.078 СБ</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Изм. Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разработ.</td> <td>Шестаков А.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Лещин В.Н.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Фильтр низкой частоты Сборочный чертёж</td> <td style="text-align: center;">Лист 1 Масса Масштаб 2,5:1</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">Листов 1</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: center;">ПГТУ ЭиН-31</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">Копировал</td> <td style="text-align: right;">Формат А3</td> </tr> </table>	КНФУ XXXXXX.078 СБ				Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработ.	Шестаков А.А.			Проб.	Лещин В.Н.			Т.контр.				Н.контр.				Утв.				Фильтр низкой частоты Сборочный чертёж			Лист 1 Масса Масштаб 2,5:1				Листов 1				ПГТУ ЭиН-31	Копировал			Формат А3	
КНФУ XXXXXX.078 СБ																																														
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																											
Разработ.	Шестаков А.А.																																													
Проб.	Лещин В.Н.																																													
Т.контр.																																														
Н.контр.																																														
Утв.																																														
Фильтр низкой частоты Сборочный чертёж			Лист 1 Масса Масштаб 2,5:1																																											
			Листов 1																																											
			ПГТУ ЭиН-31																																											
Копировал			Формат А3																																											

Спецификация (ГОСТ 2.106-96)

Спецификацию составляют на отдельных листах на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект по форме 1 и 1а.

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым частям.

Спецификация в общем виде состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» по центру графы и подчеркивают. Допускается объединять разделы «Стандартные изделия» и «Прочие изделия».

Спецификация

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицированного изделия, кроме его спецификации, а также документы основного комплекта записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей), кроме их рабочих чертежей (например, теоретический чертеж, габаритный чертеж, программа и методика испытаний, технические условия и др.)

Документы внутри раздела записывают в следующей последовательности:

- документы на неспецифицируемые составные части.
- документы на специфицируемое изделие

Документы в каждой части раздела записывают в порядке, оговоренном для заполнения разделов «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали», а в пределах обозначения изделия – в последовательности, в которой они перечислены в ГОСТ 2.102-68 (таблица 3).

5.3 Виды² и комплектность конструкторских документов

Код документа	Наименование документа	Техническое предложение	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация на				Дополнительные указания
					детали	Сборочные единицы	Комплексы	комплекты	
-	1. Чертеж детали	-	-	○	○	-	-	-	Допускается не выпускать чертеж в случаях, оговоренных в ГОСТ 2.109-73
СБ	2. Сборочный чертеж	-	-	-	-	○	-	-	-
В0	3. Чертеж общего вида	○	○ ²	○ ¹	-	-	-	-	-
ТЧ	4. Теоретический чертеж	-	○ ¹	○	○	○	○	-	-
ГЧ	5. Габаритный чертеж	○	○	○	○	•	-	-	-
МЭ	5а. Электромонтажный чертеж	-	-	-	-	○	-	-	-

Спецификация

- Заполнение разделов *«Комплексы»*, *«Сборочные единицы»* и *«Детали»* рекомендуется производить в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков. В пределах этих кодов – в порядке возрастания классификационной характеристики, при одинаковой классификационной характеристике – по возрастанию порядкового регистрационного номера.

В разделе *«Стандартные изделия»* записывают изделия, примененные по стандартам: межгосударственным, государственным и отраслевым. В пределах каждой категории стандартов запись рекомендуется производить по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электрорадиоэлементы и т.п.), в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

Заполнение раздела «Стандартные изделия»

1. Категория стандарта

межгосударственный,
государственный
отраслевой

2. Группа по функциональному назначению (например:

подшипники,
крепежные изделия,
электрорадиоэлементы и т.п.),

3. В пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий

диоды

конденсаторы

резисторы

4. В пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов (например:

Винт ГОСТ 1481-84

ВинтГОСТ 1491-80

5. В пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

Спецификация

В раздел «Прочие изделия» вносят изделия, примененные по техническим условиям. Запись изделий рекомендуется производить по группам, объединенным по их функциональному назначению; в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия (или обозначения марки изделия, например:

Микросхема К555ИЕ5 БКО.348.289 ТУ

Микросхема К555ЛА3 БКО.348.289 ТУ

Микросхема К555ЛА8 БКО.348.289 ТУ).

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Материалы рекомендуется записывать по видам в следующей последовательности:

- металлы черные;
- металлы магнито-электрические и ферромагнитные;
- металлы цветные, благородные и редкие;
- кабели, провода и шнуры;
- пластмассы и пресс-материалы;
- бумажные и текстильные материалы;
- лесоматериалы;
- резиновые и кожевенные материалы;
- минеральные, керамические и стеклянные материалы;
- лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;
- прочие материалы.

В пределах каждого вида материалов рекомендуется записывать их в алфавитном порядке наименований, а для одинаковых по наименованию - по возрастанию параметров, например толщины.

В раздел «Материалы» не записывают материалы, необходимое количество которых не может быть определено конструктором по размерам элементов изделия и вследствие этого устанавливаются технологом. К таким материалам относят, например: лаки, краски, клей, смазки, припой, электроды. Указания о применении таких материалов дают в технических требованиях на поле чертежа.

Спецификация. Пример оформления

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Документация</u>			
	A3			КНФУ.468231001 СБ	Сборочный чертеж			
	A3			КНФУ.468231001 ЭЗ	Схема электрическая			
	A4			КНФУ.468231001 ПЭЗ	Перечень элементов			
	A4			КНФУ.468231001 ПЗ	Пояснительная записка			
					<u>Детали</u>			
	A3	1		КНФУ.758722.001	Плата печатная	1		
					<u>Прочие изделия</u>			
	Подп. и дата					Диод		
		2		КД 409-9 аА0.336.650 ТУ		1	VD2	
					Звуковой преобразователь			
		3		DET801C Cornell Dubilier		1	BF1	
					Конденсаторы			
		4		К10-17в -50в - 0,1мкФ ±5% ОЖ0.460.107 ТУ		1	С5	
		5		К10-17в -50в - 0,22мкФ ±5% ОЖ0.460.107 ТУ		1	С1	
		6		К10-17в -50в - 0,68мкФ ±5% ОЖ0.460.107 ТУ		1	С3	
Взам. инв. №		7		К53-77 - 1в - 4,7мкФ ±10% АЖЯР.673546.013 ТУ		1	С2	
		8		К53-77 - 1в - 10мкФ ±10% АЖЯР.673546.013 ТУ		1	С4	
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНФУ.468231.001 Будильник фотоэлектронный ПГТУ УиТС-41		
	Разраб.	Смирнов А.В.						
	Проб.	Леушин В.Н.						
	Н.контр.							
	Утв.							
						Лит.	Лист	Листов
							1	2

Общие требования к выполнению схем и перечня элементов (ГОСТ 2.702)

- Схема электрическая принципиальная совместно с перечнем элементов определяет полный состав элементов и связей между ними. Оформление этих документов производится в соответствии со стандартами ГОСТ 2.702 - 75, ГОСТ 2.751-73. Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений (УГО) согласно ГОСТ 2.721 ...ГОСТ 2.760, при этом УГО ориентируются вдоль формата (исключение могут составлять мостовые схемы).
- Схемы выполняются без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия либо не учитывается вообще, либо учитывается приближенно. Размеры условных графических обозначений, а также толщины их линий должны быть одинаковыми на всех схемах для данного изделия. Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять. Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

Линии связи

- Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий от 0,3 до 0,4 мм.
- На схемах должно быть наименьшее количество изломов и пересечений линий связи. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм, а расстояние между отдельными условными графическими обозначениями - не менее 2 мм.
- Линии связи располагаются параллельно сторонам формата. Допускается проводить их под углом для некоторых элементов (триггеров, мостовых схем).
- Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в линию **групповой связи**, но при подходе к контактам или элементам каждую линию связи изображают отдельной линией. Линии групповой связи выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.751-73. Толщина линии групповой связи выбирается в пределах (2 – 4) s. Слияние линий электрической связи в групповую выполняется под прямым углом либо под углом 45° (в последнем случае наклон линии должен соответствовать дальнейшему направлению прохождения линии связи). При подходе линий электрической связи под прямым углом с двух сторон к линии групповой связи расстояние между этими линиями должно быть не менее 2 мм.
- При слиянии линий связи каждую линию помечают в месте слияния и в месте разветвления условными обозначениями (цифрами, буквами или сочетанием букв и цифр).

Позиционные обозначения элементов

- Каждый элемент электрической схемы должен иметь позиционное обозначение в соответствии с ГОСТ 2.710-81. Порядковые номера позиционных обозначений присваиваются начиная с единицы для каждого вида элементов (конденсаторов, резисторов, диодов и др.) на схеме **сверху вниз в направлении слева направо**. Образно это можно представить в виде вертикального сканирования изображения схемы (в отличие от горизонтального построчного сканирования - что мы делаем при чтении).
- Позиционные обозначения проставляются на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов **с правой стороны** (например, для вертикально ориентированного обозначения резистора) **или над ними**. Поэтому надо быть внимательными при вычерчивании схемы и предусматривать в соответствующих местах зону, свободную от каких-либо обозначений (линий связи, УГО).
- При наличии в изделии нескольких одинаковых функциональных групп позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из этих групп, следует повторять во всех последующих группах. При этом вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в функциональные группы, и затем элементам, входящим в функциональные группы. Обозначение функциональной группы, присвоенное в соответствии с ГОСТ 2.710-81, указывают около изображения функциональной группы.

Пример выполнения ЭЗ

КНФУ.468799.00133

Перв. примен.

Строч. №

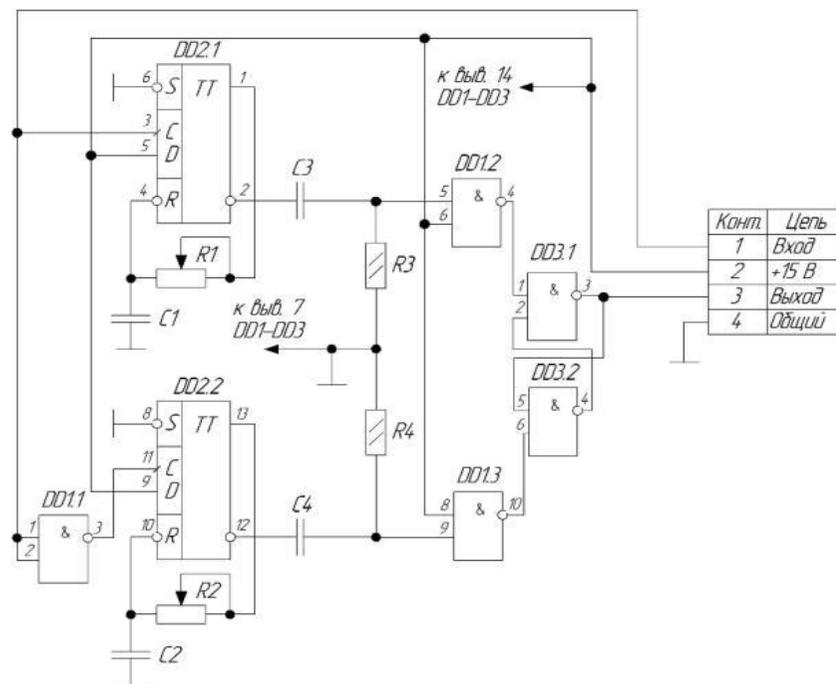
Подп. и дата

Инв. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

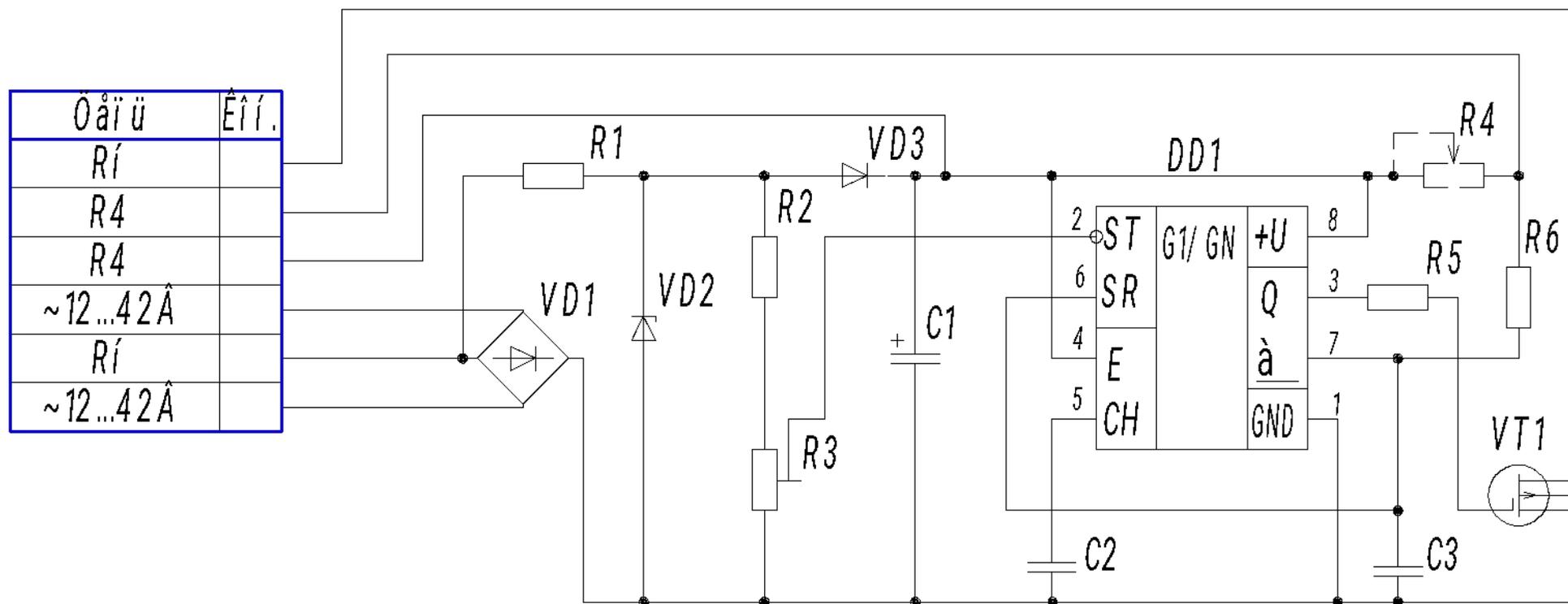


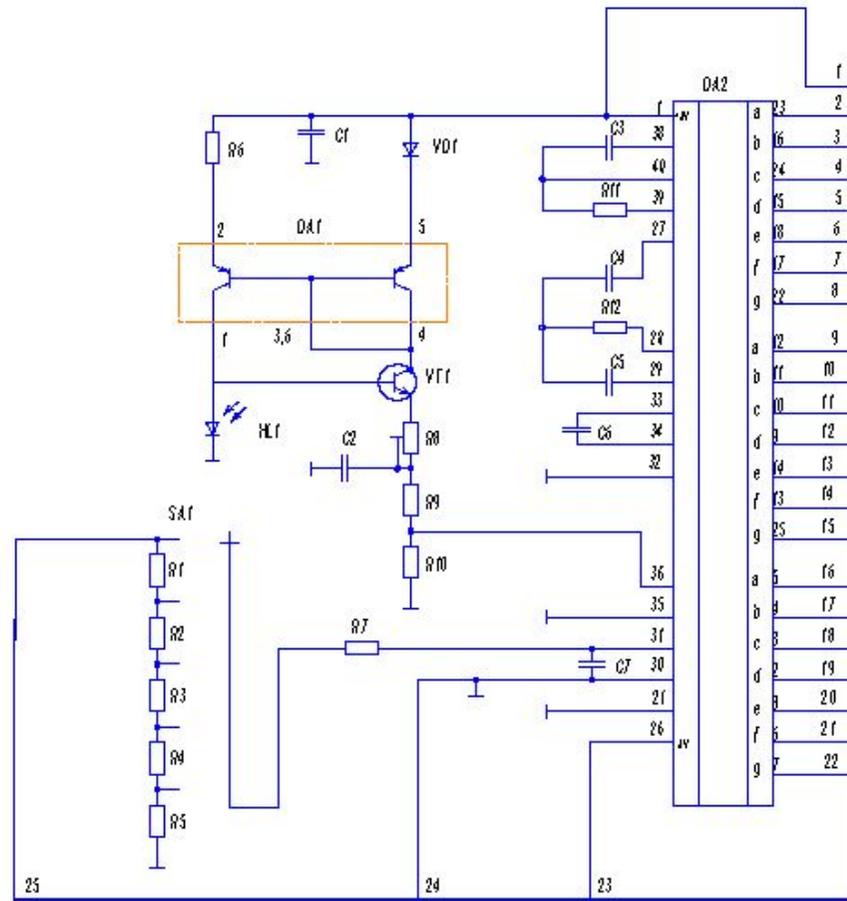
Вывод 7 микросхем DD1-DD3 подключить к общему проводу.
Вывод 14 микросхем DD1-DD3 подключить к питанию.

					КНФУ.468799.00133			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Устройство задержки импульсов Схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Москвин Д.Г.							1:1
Проб.	Леушин В.Н.					Лист	Листов	1
Т.контр.						ПГТУ УиТС-41		
Н.контр.								
Утв.								

Регулятор напряжения

Схема электрическая принципиальная





Érvó.	Ódru.	Áadóu
12	rau ee	X52
31	+5Á	
7	-5Á	
4	af	A4/1
14	bf	A4/4
5	cf	A4/6
16	df	A4/7
11	ef	A4/3
12	ff	A4/2
3	gf	A4/5
9	ah	A4/10
22	b2	A4/11
24	c2	A4/14
26	d2	A4/13
18	e2	A4/9
17	f2	A4/8
6	g2	A4/12
32	a3	A4/15
34	b3	A4/21
36	c3	A4/19
35	d3	A4/18
28	e3	A4/15
29	f3	A4/16
27	g3	A4/20
42	Áóu á	A4/16

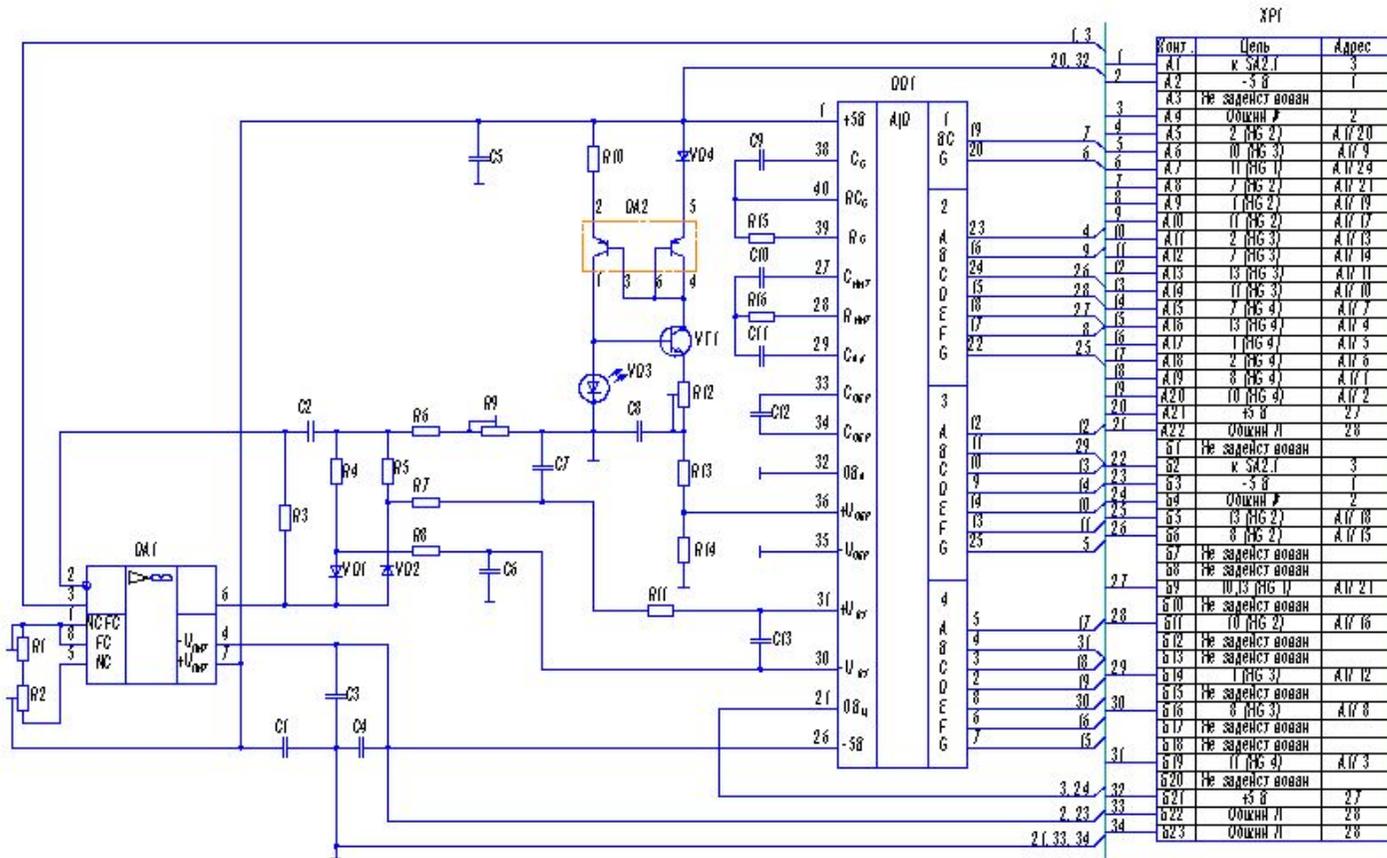
Перечень элементов

Перечень элементов схемы помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. *Не допускается начинать перечень элементов на первом листе схемы, а заканчивать на последующих листах или на отдельных листах формата А4.* При выполнении перечня элементов в виде самостоятельного документа ему присваивают шифр ПЭ ЭЗ.

- Перечень элементов оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз, и располагают над основной надписью, при этом расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Совмещенное выполнение ЭЗ и ПЭ

ЕЕ 200'XXXXXX АФНХ



Ид. элемент	Наименование	Рез	Примечание
Конденсаторы			
C1	КМ5 - 100 - 0,047 мкФ - 20404	080.460.042 ТУ	Г
C2	КМ6 - 100 - 1 мкФ - 20+80%	080.460.061 ТУ	Г
C3, C8	КМ5 - 100 - 0,047 мкФ - 20404	080.460.042 ТУ	Б
C9	КМ5 - 100 - 9 ГнФ ±2.0%	080.460.043 ТУ	Г
C10	КМ5 - 100 - 0,1 мкФ - 20+80%	080.460.043 ТУ	Г
C11	КМ6 - 100 - 0,47 мкФ - 20+80%	080.460.061 ТУ	Г
C12	КМ6 - 100 - 1 мкФ - 20+80%	080.460.061 ТУ	Г
C13	КМ5 - 100 - 0,01 мкФ - 20+50%	080.460.042 ТУ	Г
Микросхемы			
DA1	КР544УД2А	080.348.257 ТУ	Г
DA2	КР198НГ5А	080.348.483 ТУ	Г
DD1	КР572ПВ2А	080.348.432 ТУ	Г
Резисторы			
R1	СД3-27а - 0,25 - 1 МОм ±10%	080.468.168 ТУ	Г
R2	СД3-27а - 0,25 - 15кОм ±10%	080.468.168 ТУ	Г
R3	КММ - 0,125 - 33 МОм ±5%	080.467.080 ТУ	Г
R4, R5	С2-29 - 0,125 - 4,7 кОм ±0,05%	080.467.081 ТУ	2
R6	С2-29 - 0,125 - 3,61 кОм ±0,05%	080.467.081 ТУ	Г
R7, R8	С2-23 - 0,125 - 1 МОм ±5%	080.467.081 ТУ	2
R9	СД3-27а - 0,25 - 330 Ом ±10%	080.468.168 ТУ	Г
R10	С2-23 - 0,125 - 620 Ом ±5%	080.467.081 ТУ	Г
R11	СД3-27а - 0,125 - 1 МОм ±5%	080.467.081 ТУ	Г
R12	СД3-27а - 0,25 - 150 Ом ±5%	080.468.168 ТУ	Г
R13	С2-29 - 0,125 - 121 кОм ±0,05%	080.467.081 ТУ	Г
R14	С2-29 - 0,125 - 120 Ом ±0,05%	080.467.081 ТУ	Г
R15	С2-33 - 0,125 - 100 кОм ±5%	080.467.081 ТУ	Г
R16	С2-23 - 0,125 - 47 кОм ±5%	080.467.081 ТУ	Г
Диоды			
VD1, VD2	КД522Б	дРЗ.362.029 ТУ	2
VD3	АЛ102Б	ГГО.336.009 ТУ	Г
VD4	КД522Б	дРЗ.362.029 ТУ	Г
VT1	Транзистор КТ342Б	ЖГ.3.365.227 ТУ	Г
XР1	Вилка ГРПМШ-Г-45	ИЦО.364.016 ТУ	Г

КНФ У XXXXXX.002.93

АЦП

Сем. лист проекта

МартГУ 338С-61

Перечень элементов

- В графу “Поз. обозначения” перечня элементов вносят позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп. Заполнение этой графы производят по группам в алфавитном порядке позиционных обозначений (соответственно по латинскому алфавиту). В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. *Допускается для элементов одного типа с одинаковыми параметрами и с последовательными порядковыми номерами в данной графе указывать только элементы с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: ВА1, ВА2; С3...С7.* В этом случае в графе «Кол-во» указывается общее количество таких элементов.
- В графе «Наименование» для элементов приводят их наименование в соответствии с документом, на основании которого данный элемент применен, необходимые технические характеристики элемента (например, для резисторов – номинальную мощность, сопротивление с предельными отклонениями величины сопротивления; для конденсаторов – группу ТКЕ, рабочее напряжение, величину емкости и допуск на нее), обозначение документа (ГОСТ, ТУ или основной конструкторский документ для оригинальных электрорадиоэлементов и устройств).

Зона	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Конденсаторы</i>				
C1, C2	K10-17B-50B-H90-1мкФ+80/-20%ОЖО.460.172ТУ		2	
C3, C4	K10-17B-50B-H90-1нФ+80/-20%ОЖО.460.172ТУ		2	
<i>Микросхемы</i>				
DD1	ЭКФ561/А7 ДКО.34.7.314-01ТУ		1	
DD2	ЭКФ561ТМ2 ДКО.34.7.314-01ТУ		1	
DD3	ЭКФ561/А7 ДКО.34.7.314-01ТУ		1	
<i>Резисторы</i>				
R1, R2	РП1-75-0,125-100кОм±10%АПШК.434.160.020ТУ		2	
R3, R4	Р1-12-0,125-10кОм±5%ОЖО.467.169ТУ		2	
КНФУ.468799.001 ПЗЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Москвин Д.Г.			
Проб.	Леушин В.Н.			
Н.контр.				
Утв.				
Устройство		задержки импульсов ПГТУ УИТС-41		

Копировал

Формат А4

Зона	Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Конденсаторы</i>				
C1...C3	Е1 4-190-110 ±10% IAEI.460.043 00		3	
C4	Е1 3-2710 ±10% IAEI.460.043 00		1	
C5	Е1 6-0,331ê0 ±10% IAEI.460.061 00		1	
C6	Е50-24-25А-2201ê0 ±10% IAEI.464.161 00		1	
C7	Е1 6-0,331ê0 ±10% IAEI.460.061 00		1	
C8	Е1 4-190-110 ±10% IAEI.460.043 00		1	
DA1, DA2	1 êêðî ñòàì à ÈÐ5740А2А áЕ1.348.350 00		2	
DA3	1 êêðî ñòàì à ÈÐ525I N2		1	
EL1...EL3	Еàì1 à NI 1-10-55		3	
<i>Резисторы</i>				
N2-23	I AEI.467.081 00			
NI 3-38à				
R1	N2-23-0,125-160 1ì ±10%		1	
R2	N2-23-0,125-15 ê1ì ±10%		1	
R3	N2-23-0,125-2,7 ê1ì ±10%		1	
R4	N2-23-0,125-6,8 ê1ì ±10%		1	
R5	N2-23-0,125-1,6 ê1ì ±10%		1	
R6, R7	N2-23-0,125-10 ê1ì ±10%		2	
R8	NI 3-38à-33 ê1ì ±10%		1	
R9	N2-23-0,125-22 ê1ì ±10%		1	
R10	N2-23-0,125-5,1 ê1ì ±10%		1	
R11	N2-23-0,125-150 ê1ì ±10%		1	
R12	N2-23-0,125-68 1ì ±10%		1	
R13	NI 3-38à-330 1ì ±10%		1	
R14	N2-23-0,125-1,8 ê1ì ±10%		1	
R15	N2-23-0,125-10 1ì ±10%		1	
R16	N2-23-0,125-68 1ì ±10%		1	
0000 1Y3				
Еçì. Eêñò	1 àí êòì.	11 àì.	Àààà	
Ðàçäàá.	11 ðì çì à Ò.À.			
1 ðì à.				
1 êì ð ð.				
00 à.				
Ààì àäàò1ð-ààñò1ò1ì àä			Eèò.	Eêñò
			1	2
1 àäÁÓ ÝÝ-51				

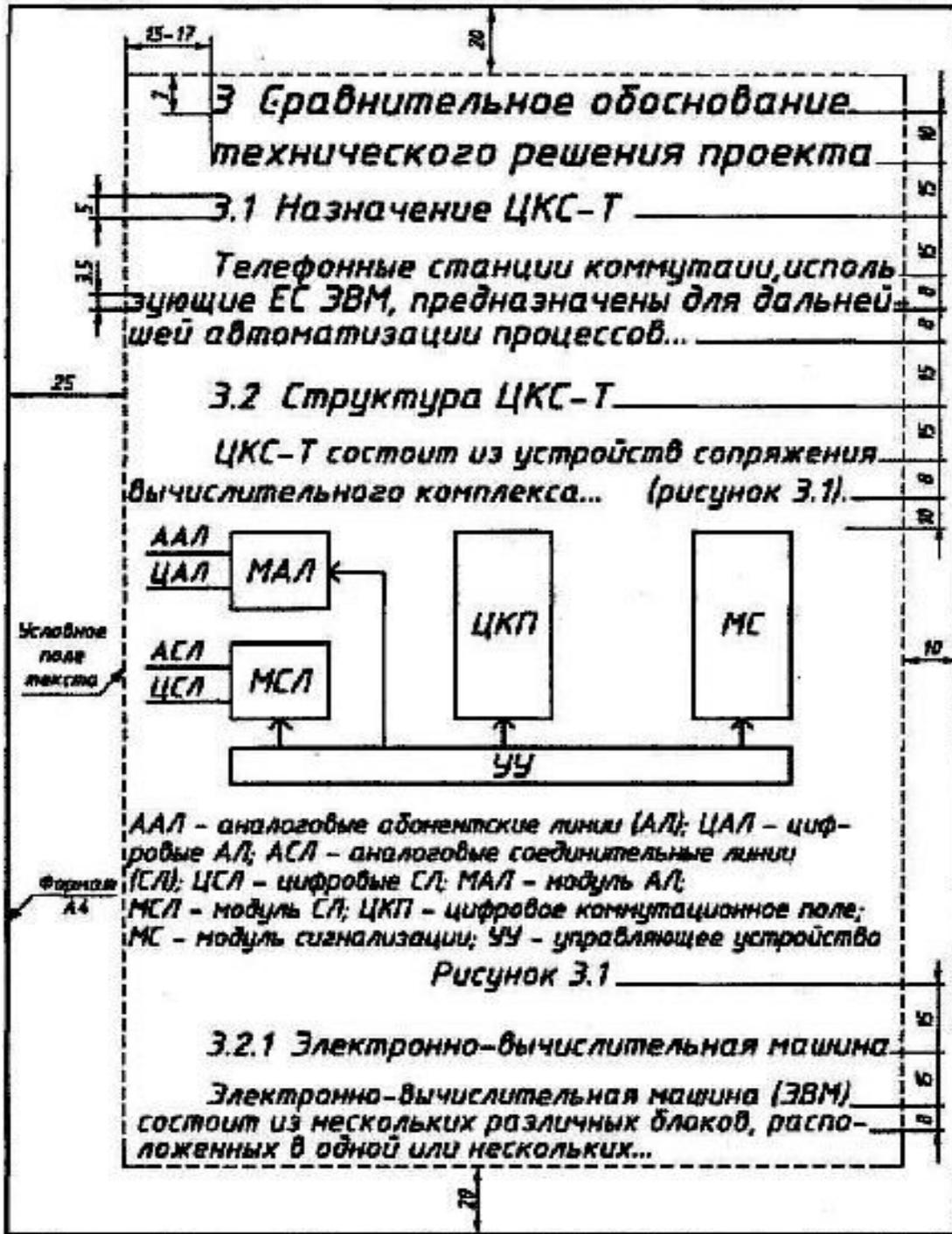
E11 êð1 ààè

01 ð1 àò A4

Общие требования к текстовым документам (ГОСТ 2.105-95)

- Расположение текста и его выполнение
- Построение документа
- Изложение текста документа
- Формулы
- Таблицы
- Приложения

Расположение текста и его выполнение



- Размер шрифта – не менее 2,5 мм, цвет только черный
- Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк должно быть не менее 3 мм, вверху и внизу – не менее 10 мм.
- Абзацный отступ равен пяти пробелам (15 – 17 мм).
- Исправления в документ вносятся путем подчистки неточности или закрашиванием белой краской с последующим нанесением на том же месте исправленного текста.

Рекомендации по компьютерному оформлению текстовых документов

(см. Сапаров В.Е. Дипломный проект от А до Я

Наименование элементов	1-й вариант	2-й вариант
1 Заголовок раздела		
Новая страница	Да	Да
Шрифт (пт)	16 (полуж.)	14 (полуж.)
Абзацный отступ (см)	1,0—1,2	0,8—1,0
Интервал до (пт)	0	0
Интервал после (пт)	20	15
Выравнивание	Слева	Слева
Межстрочное расстояние	1,5 инт.	1 инт.
2 Заголовок подраздела		
Новая страница	Нет	Нет
Шрифт	14 (полуж.)	12 (полуж.)
Абзацный отступ	1,0—1,2	0,8—1,0
Интервал до	12	10
Интервал после	8	5
Выравнивание	Слева	Слева
Межстрочное расстояние	1,5 инт.	1 инт.

Рекомендации по компьютерному оформлению текстовых документов

3 Основной текст		
Шрифт	14	12
Абзацный отступ	1,0—1,2	0,8—1,0
Выравнивание	полное	полное
Межстрочное расстояние	1,5 инт.	1 инт.
4 Подписи к рисункам и заголовки таблиц		
Шрифт	12	10
5 Параметры документа (параметры страницы)		
Размер бумаги	A4 (21 x 29,7 см)	
Верхнее поле	20 мм	
Нижнее поле	20 мм	
Правое поле	10 мм	
Левое поле	30 мм	

Построение документа

- Текст документа при необходимости разбивают на **разделы** и **подразделы**.
- **Разделы** должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа.
- **Номер подраздела** состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой.
- Разделы и подразделы могут разбиваться на пункты и подпункты.
- Внутри пунктов и подпунктов могут быть приведены перечисления (через дефис или строчную букву со скобкой).
- Дальнейшая детализация выполняется с использованием арабских цифр со скобкой (запись производится с абзацного отступа). В конце номеров разделов, подразделов, пунктов и подпунктов точка не ставится.

Пример построения документа

3 Разработка конструкции автомата подгонки резисторов

3.1 Разработка технических требований к конструкции

3.1.1 Состав изделия и требования к конструкции

3.1.1.1 В состав автомата подгонки резисторов должны входить:

а) блок управления, обеспечивающий:

- подключение контрольного омметра;
- дистанционное включение и выключение;

.....

б) узел установки резисторов, обеспечивающий:

- подключение резистивных элементов

1) СПЗ-44а – 0,5 Вт;

2) СПЗ-44а – 0,25 Вт

.....

Содержание

(выдержка из ГОСТ2.105-95, п.2.4.1.1)

- В документе большого объема на **первом (заглавном)** листе помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров страниц (при наличии приложений они также указываются в содержании с приведением их тематического названия).
- Слово «Содержание» записывают в виде заголовка (симметрично текста) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной.

Перечисления, знаки и числа в тексте

- Если перечисление состоит из отдельных фраз или развернутых сочетаний со знаками препинания, то каждый элемент пишут с новой строки и отделяют фразы точкой с запятой.

Пример ...в последнее время во всех странах процесс развития радиоэлектроники и радиотехники характеризовался следующими основными тенденциями:

- реализацией в аппаратуре более тонких физических эффектов и технических решений;
- освоением новых диапазонов волн;
- Нельзя обрывать основную фразу перед нумерованными перечислениями на предлогах и союзах: **из, на, от, что, как** и т. д.
- Знаки: °, №, %, ln и т. д. применяются только при цифровых или буквенных величинах.

Знаки №, % для обозначения множественного числа удваивать не следует.

- *Пример:* Магниты № 1, 3 и 5.
- Числа с размерностью пишутся только цифрами. Например: Масса 10 килограммов. Числа до десяти без размерностей или единиц измерения пишутся в тексте словами, свыше десяти — цифрами. Дроби пишутся всегда цифрами, например 1/2; 3,25.
- Количественные числительные, обозначаемые цифрами, пишутся в буквенно-цифровой форме, например: 25 млн; 150 тыс.; 3 млрд.
- При указании пределов измерения значений величин их приводят один раз, например:
- 35—40 мм; от 1 до 5 м; 7,2 x 3,4 мм (а не 7,2 мм x 3,4 мм).
- При написании обозначений производных единиц, не имеющих собственных наименований, применяют точки и косые черты.

Примеры: $H \cdot m^3$; kg/m^3 ; $W/(m^2 \cdot K)$.

Сокращения обозначения ученых степеней и званий

Ученые степени и звания, если они стоят перед фамилией, сокращают следующим образом:

- академик — акад.;
- член-корреспондент — чл.-кор.;
- профессор — проф.;
- доцент — доц.;
- ассистент — ассист.;
- старший преподаватель — ст. преп.;
- доктор физико-математических наук — д-р физ.-мат. наук;
- доктор технических наук — д-р техн. наук;
- кандидат технических наук — канд. техн. наук;
- старший научный сотрудник — ст. науч. сотр.;
- младший научный сотрудник — мл. науч. сотр..

Формулы

- **Расположение в тексте.** Формулы являются составной частью текста и поэтому они не должны нарушать грамматической структуры фразы. Расположение – по центру строки
- **Пояснение символов и числовых коэффициентов**, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Пример. Диаметры монтажных отверстий d_o вычисляются по формуле:

$$d_o = d_e + |\Delta d_{HO}| + r, \quad (1)$$

где d_e – диаметр вывода элемента;

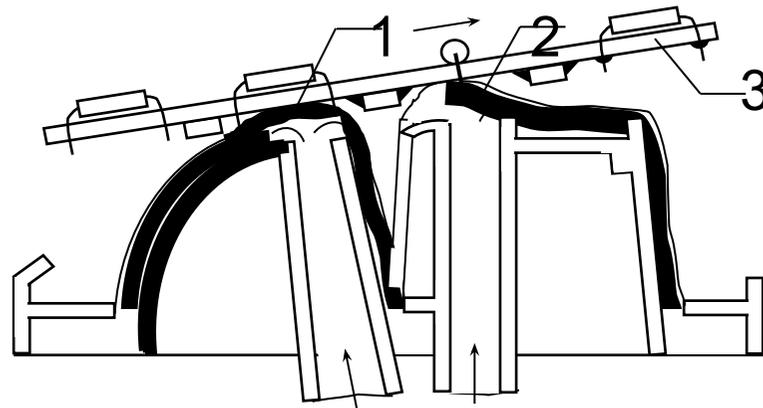
Δd_{HO} – нижнее предельное отклонение диаметра отверстия;

r – гарантированный монтажный зазор.

- **Переноска формулы** допускается на знаках выполняемых операций (кроме знака деления :), при этом знак в начале следующей строки повторяют.
- **Нумерация.** Формулы должны иметь сквозную нумерацию, обозначаемую арабскими цифрами в круглых скобках, проставляемые справа на уровне формулы. Допускается нумерация формул в пределах раздела. Применение машинописных и рукописных символов в одной формуле не допускается.
- **Ссылки** в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (1)

Иллюстрации

- **Иллюстрации (рисунки, графики, фотографии)** могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его.
- **Нумерация.** Рисунки следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумерация в пределах раздела (например, рисунок 3.2.). Ссылки на иллюстрации выполняют по типу: на рисунке 2 ...
- Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:



1 – турбулентная волна; 2 – ламинарная волна; 3 – печатная плата

Рисунок 1 – Пайка двойной волной припоя

Приложения

В *приложениях* размещают материал, дополняющий текст документа (графический материал, объемные таблицы, расчеты, алгоритмы). В тексте документа на все приложения должны быть ссылки, приложения располагаются в порядке ссылок на них. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение...» и его обозначения. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

- **Обозначение.** Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с буквы А, за исключением букв **Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь**. Все приложения должны быть перечислены в содержании документа с указанием их номеров и заголовков.
- **Формат.** Приложения, как правило, выполняют на листах формата А4. Допускается оформлять приложения на листах формата А3, А4х3, А4х4, А2 и А1.
- **Нумерация страниц.** Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.
- **Нумерация формул, рисунков, таблиц,** приводимых в приложениях должна выполняться с обозначением приложения, например, рисунок В.5; Таблица А.7.1 (текст приложения может разбиваться на разделы, подразделы, пункты, подпункты).
- **Приложения, выпускаемые в виде самостоятельного документа,** оформляют по общим правилам – первый лист с основной надписью по форме 2, последующие листы – по форме 2а по ГОСТ 2.104 -68*.

Приложение А

Пример оформления технического задания на разработку установки электроискровой подгонки резисторов

1 Назначение и область применения

1.1 Изделию присвоить наименование "Установка для подгонки толстопленочных переменных резисторов" (УПР).

1.2 УПР предназначена для подгонки толстопленочных переменных резисторов без нарушения резистивного слоя.

2 Основание для разработки

2.1 Отсутствие приемлемых методов и средств подгонки толстопленочных переменных резисторов. Повышение выхода годных, экономия материалов.

3 Цель и назначение разработки

3.1 Целью разработки является создание УПР и комплекта рабочей конструкторской документации с literой "И".

3.2 Приборы с заданными в настоящем ТЗ характеристиками, отечественной промышленностью не выпускается.

3.3 Потребность в УПР ПО "Контакт" составляет 3 шт.

Таблицы

- Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей справа от слова «Таблица ...» через дефис как это показано в примере.

Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией по всему документу (допускается нумерация в пределах раздела). В последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

- На все таблицы документа должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Таблица 3.1 - Обозначение основных размеров чип- компонента

Типоразмер чип-корпуса (в сотых долях дюйма)	Размеры в плане (ВxL), мм
00501	0,125x0,25
0101	0,25x0,25
0201	0,5x0,25
0402	1x 0,5
0603	1,6x0,8
1206	3,2x1,6
1210	3,2x2,6
2412	6x3
2225	5,7x6,3

Таблицы

- Заголовки граф и строк следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе. Заголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.
- Графу «**Номер по порядку**» в таблицу включать **не допускается**. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. *Перед числовыми значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.*
- Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями.
- Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицы

- Если таблица большая, то ее размещают на нескольких листах. В этом случае слово «Таблица» с ее порядковым номером и наименованием указывают один раз над первой частью таблицы, над другими частями пишут слова «Продолжение таблицы» («Окончание таблицы») с указанием номера таблицы. При этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик (допускается заменять головку и боковик соответственно номером граф или строк, которые нумеруются в первой части таблицы).
- Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, то в первой части таблицы **нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.**
- Таблицы с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть рядом с другой на одной странице. При этом головка таблицы повторяется, а части таблицы разделяются двойной линией или линией толщиной 2s.

Таблицы

- Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью. При этом указание единицы физической величины приводится не в сокращенном, а в полном виде, например:

Таблица 3.1- Значения.....

В миллиметрах

Для преобладающего показателя физической величины также справа над таблицей записывают: *Напряжение в вольтах;*
Вес в килограммах.

- Текст, повторяющийся в строках одной и той же графы и состоящий из двух и более слов, при первом повторении заменяют словами «То же», а далее кавычками. При наличии горизонтальных линий текст необходимо повторять.
- *Не допускается* заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента, обозначение марок материалов и типоразмеров изделий, обозначения нормативных документов.

Особенности оформления списка использованных источников (ГОСТ 7.80-2003)

Примеры записи использованных источников

• Для книг:

1. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн. /В. В. Никольский.- М.: Наука, 1978.—543 с.
2. Усатенко, С. Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД: справочник. / С. Т. Усатенко, Т. К. Каченюк. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 392 с.
3. Радиотехнические цепи и сигналы /Д. В. Васильев, Н. Р. Витоль, А. П. Горошенков и др.; Под ред. К. А. Самойло. - М.: Радио и связь, 1982. — 528 с.
4. Мидвинтер, Дж. Э. Волоконные световоды для передачи информации: Пер. с англ. /Под ред. Е. М. Дианова. — М.: Радио и связь, 1983. - 336 с.
5. Сборник научных трудов /Центр, науч.-исслед. ин-т связи. - Связь, 1975. - Вып. 2. - 80 с.

Для статей:

1. Mezain, I. H. Rolling circuit boards improves soldering/ /Electronic Engenering. - 1977. - Vol.34, № 16. — p. 181.
2. Неганов, В. А. Метод сингулярных интегральных уравнений для расчета собственных волн экранированных щелевых структур / / Радиотехника и электроника, 1986. - Т.31, № 3, с. 479 - 484.

Особенности оформления списка использованных источников (ГОСТ 7.80-2003)

• **Для патентной документации:**

1. А. С. 1479980 СССР, МКИ 4 НОI P1/39. Циркулятор СВЧ /В. А. Неганов (СССР). — 4147615/Z4-09. Заяв. 17.11.86. Оpub. 15.05.89. Бюл. № 18.
2. Пат. 368740 Швейцария. Verfahren und Anlager zen Herstellung vor Vaukorpern/N.W. Knauf.

Для стандартов:

1. ГОСТ 26814-86 Кабели оптические. Методы измерения параметров.

Депонированные научные работы:

1. Неганов, В. А. Метод сингулярных интегральных уравнений в теории экранированных структур СВЧ/Ред. журн. «Изв. вузов. Радиофизика». — Горький, 1985, 27 с. — Деп. в ВИНТИ 27.09.85, № 6953-B85.

Для сети Интернет:

1. Смирнов, И. Г. Структурированные кабельные системы [Электронный ресурс] [www/smartcity.ru/books / -content /html](http://www.smartcity.ru/books/-content/html). Дата обращения 5.03.2018

Во всех случаях использования цитат, формулировок, формул, графиков, таблиц и др., заимствованных из опубликованных источников, необходима соответствующая ссылка на них.

Примеры: ...в [1] приведено описание работы... Согласно [2], диаграмма направленности оценивается по формуле... Как показано в [3], характеристики имеют вид...

Контрольные вопросы

1. Конструктивно-технологические разновидности радиоэлектронных узлов
2. Стандартизация в области проектирования печатных плат
3. Основные термины и определения по печатным платам и конструированию электронных сборок
4. Классы электронной аппаратуры и классы точности печатных плат
5. Конструкторские требования к топологии печатной платы для SMD монтажа
6. Требования к печатным проводникам
7. Варианты установки электрорадиоэлементов, монтируемых в отверстия, и разметка посадочного места
8. Выбор элементов внешнего контактирования для печатного узла
9. Определение размеров печатной платы
10. Требования по расположению компонентов на плате
11. Общие рекомендации по трассировке печатной платы
12. Определение диаметров монтажных, переходных и крепежных отверстий и определение их расположения
13. Назначение слоев в программе SL6. Выбор шага сетки и ширины проводников
14. Маркировка на печатной плате в программе SL6. Присвоение идентификатора

Контрольные вопросы

- 16. Правила выполнения текстовых документов (ГОСТ 2.105-95).
- 17. Спецификация (ГОСТ 2.106-96). Состав спецификации и заполнение граф и разделов
- 18. Общие требования к рабочим чертежам (ГОСТ 2.109-73). Выполнение видов и простановка размеров. Справочные размеры
- 19. Особенности оформления чертежей печатных плат (ГОСТ 2.417-91)
- 20. Правила выполнения сборочных чертежей (ГОСТ 2.109-73). Особенности выполнения сборочных чертежей радиоэлектронных узлов
- 21. Правила выполнения схем электрических принципиальных (ГОСТ 2.702-68). Правила заполнения перечня элементов
- 22. Правила построения условных графических обозначений элементов цифровой и аналоговой техники (ГОСТ 2.743-91, ГОСТ 2.759-88)