

**Казанский Технический Университет им. А.Н. Туполева
Кафедра приборов и информационно-измерительных систем.**

**ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.
(МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ)**

Составил доцент Корнилов А.Г.

Казань 2003

Функциональный законченный и конструктивно обособленный узел на печатной плате – наиболее распространенная часть конструкции современного электронного устройства, фактически его обязательная часть. В зависимости от назначения устройства такие конструкции отличаются большим разнообразием. Как правило, они имеют следующий состав:

- несущий элемент в виде печатной платы, обеспечивающий необходимую механическую прочность, удобство установки и размещения элементной базы и проводников на поверхности, закрепление в приборе;
- проводники, выполненные тем или иным способом, которые обеспечивают электрическое соединения элементов;
- коммутационные элементы в виде разъемов, контактных площадок, специальных штырей, обеспечивающих электрическую связь функционального узла с внешними электрическими цепями;
- элементная база, которую необходимо установить на плате и соединить определенным образом для выполнения функционального назначения узла.

Разработка конструкции узла проводится решением ряда задач по алгоритму (см. рис 1) :

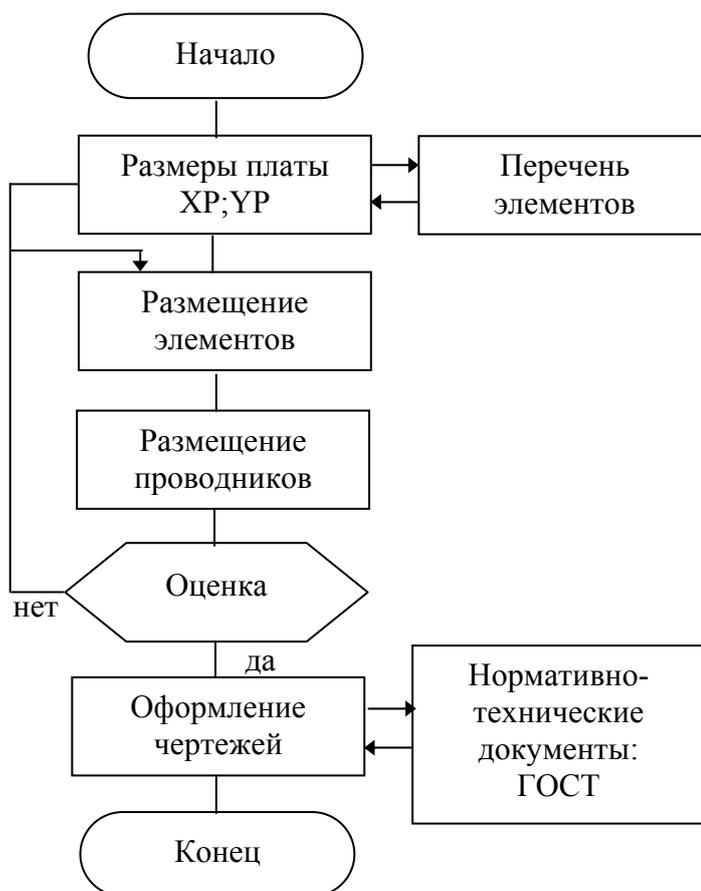


Рис.1. Блок-схема алгоритма проектирования функционального узла

- Выбрать форму и материал платы печатной;
- По электрической схеме определить ориентировочные размеры печатной платы
- Выполнить размещение элементов на печатной плате
- Выполнить размещение проводников (трассировку) на плате.
- Уточнить размеры печатной платы
- Определить соответствие печатной платы нормативно-технической документации
- Оформить чертежи.

Исходными конструкторскими документами для выполнения вышеуказанной работы является комплект следующих документов :

- Схема электрическая функциональная
- Схема электрическая принципиальная
- Перечень элементов
- Спецификация к сборочному чертежу
- Результатом работы являются
- Чертеж печатной платы
- Чертежи вспомогательных деталей (хомуты, рамка, ручка, фиксаторы, радиаторы и т.д.)
- Теоретический чертеж

Конструирование печатных плат осуществляется ручным, полу автоматизированным и автоматизированным методами. При ручном методе размещение навесных элементов и трассировка печатных проводников осуществляется вручную непосредственно конструктором. Данный метод обеспечивает оптимальный результат.

Автоматизированный метод предусматривает :

- 1) размещение навесных элементов с помощью ЭВМ при ручной трассировке печатных проводников
- 2) ручное размещение навесных элементов при автоматизированной трассировке печатных проводников автоматизированным переносом рисунка на машинные носители. Метод обеспечивает высокую производительность труда.
- 3) Автоматический метод предусматривает кодирование исходных данных, размещение навесных элементов и трассировку печатных проводников с помощью ЭВМ. При этом допускается доработка отдельных соединений вручную. Метод обеспечивает высокую производительность труда .

Определение ориентировочных размеров печатной платы

При определении размеров печатной платы рассматриваются следующие ее основные параметры (см. рис2, рис3, рис 4, рис5)

ХР- длина печатной платы,

УР- ширина печатной платы

Печатная плата может иметь самые разнообразные размеры, определяемые формой и размерами того пространства, которое отводится в электронном устройстве для печатного монтажа. Максимальный размер печатной платы, как однослойной так и многослойной не может превышать 470 мм. Это ограничение определяется требованиями прочности и плотности монтажа: чем больше печатная плата, тем меньше плотность монтажа. На практике обычно печатная плата со стороной до 100 толщин материала диэлектрика изготавливается без дополнительных деталей, повышающих жесткость. Для печатной платы больших размеров необходимы специальные меры повышения жесткости (дополнительные точки крепления в устройстве, введение ребер .

ZO - максимальная высоты монтажа с обратной стороны платы по наибольшему размеру i-го элемента.

Если нет выступающих частей, таких как винт, гайка, высота паяных выводов с обратной стороны составляет обычно $ZO = I \pm 0.5 \text{ мм}$.

ZP - высота печатной платы (с учетом h -толщины материала печатной платы, максимальной высоты устанавливаемых на печатной плате элементов и зазора Zo)

$$ZP = ZU_{\max} + h + Z_0$$

Выбор материала печатной платы и способа ее изготовления осуществляется на этапе эскизного проекта с учетом выбранного класса печатного монтажа. В отечественной промышленности установлены два основных класса печатного монтажа: А - малой плотности, В - большой плотности. При этом ширина печатных проводников и минимальное расстояние между ними соответственно для печатных плат класса А берутся в пределах 0,5-0.8 мм, для печатных плат класса б берутся в пределах 0,2-0.4 мм. Толщина печатной платы берется обычно от 1 мм до 2 мм

X1, X2, Y1, Y2 – краевые поля, необходимые для удобства изготовления, закрепления, монтажа;

X_k, Y_k – длина и ширина коммутационная область печатной платы для установки разъемов, контактных площадок, штырей, гнезд, через которые обеспечивается соединение с внешними электрическими цепями;

Коммутационная область $XK * YK$ выделяется для установки разъемов, контактных площадок, присоединения жгутов. В случае применения разъемов YK принадлежит интервалу 10...30 мм и определяется габаритными размерами конкретного электрического соединителя. При использовании контактных площадок (рис..3) необходимо определить их количество и размеры.

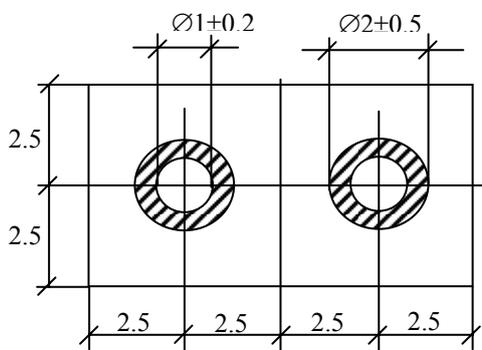


Рис.3

Диаметр отверстия в контактной площадке находится в пределах $I \pm 0.2 \text{ мм}$, ширина выбирается по минимальной ширине проводника и обычно составляет $0.5 \pm 0.2 \text{ мм}$. Таким образом, диаметр составит величину $DK = 2 \pm 0.5 \text{ мм}$. Минимальный зазор между контактными площадками должен быть не менее ширины проводника, т.е. $X(KП) = X(П) = 0.3 \dots 0.5 \text{ мм}$, но желательно отверстия размещать в узлах координатной сетки, откуда предварительная длина зоны контактирования составит $XK = K * \Delta X \leq XF$, где K – количество контактных площадок, ΔX – шаг координатной сетки. Размеры краевых полей $X1, X2, Y1, Y2$ определяются, исходя из способа закрепления платы в приборе (корпусе)

Если крепление осуществляется винтами через отверстия по углам платы, то ширина краевого поля должна быть не менее диаметра головки винта. Если плата устанавливается в направляющих, то ширина поля должна быть на 1-2 мм больше соответствующего размера в направляющих. Обычно для крепления плат в приборе используются винты с резьбой М2.5; М3; М4. Соответствующие диаметры головок винтов составят: $4.5 \pm 0.2 \text{ мм}$, $5.5 \pm 0.1 \text{ мм}$, $7 \pm 0.4 \text{ мм}$. При компоновочных расчетах можно пользоваться приближенным выражением:

$\forall X1, X2, Y1, Y2 \geq 2 * DR$, где DR – диаметр резьбы (наружный).

Кроме того ширина краевого поля должна быть кратна шагу координатной сетки, т.е. при шаге 2.5 мм: $X1, X2, \dots, Y2 = 2.5; 5.0; 7.5 \text{ мм}$;
при шаге 1.25 мм: $X1, \dots, Y2 = 1.25; 2.5; 3.75; \dots \text{ мм}$.

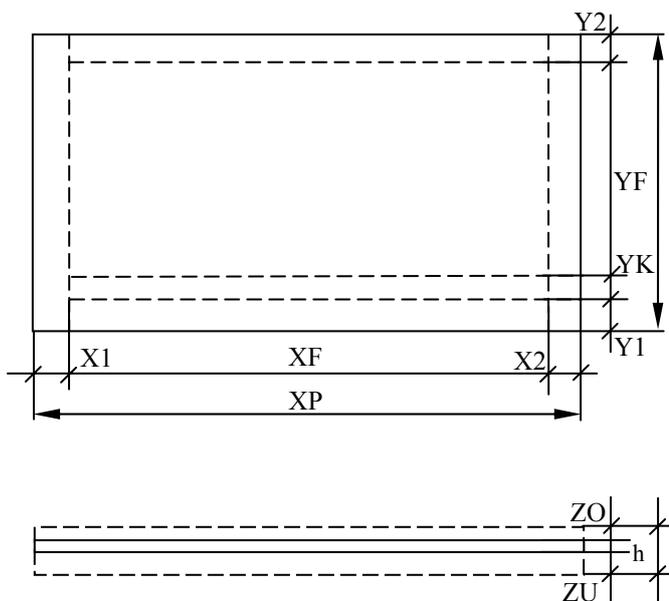


Рис.2. Размещение зон на печатной плате

XF, YF – длина и ширина функциональной области печатной платы, на которой размещаются соединительные проводники и элементы электрической схемы. $CF = XF/YF$ ($XF > YF$) – коэффициент формы печатной платы.

С целью максимального использования физического объема печатной платы и упрощения ее изготовления применяются печатные платы прямоугольной формы. Другие формы печатных плат используют редко и только в особых случаях. Коэффициент формы согласно ГОСТ 10317-79 выбирается в пределах $1 \leq CF \leq 3$.

$SF = XF * YF$ – площадь функциональной области. $XU(i), YU(i)$ – длина и ширина i -ого элемента (установочные размеры элемента)

$ZU(i)$ – высота i -ого элемента

$XG(i), YG(i)$ – длина и ширина зоны, занимаемой i -м элементом на печатной плате с учетом зазоров для нормального функционирования.

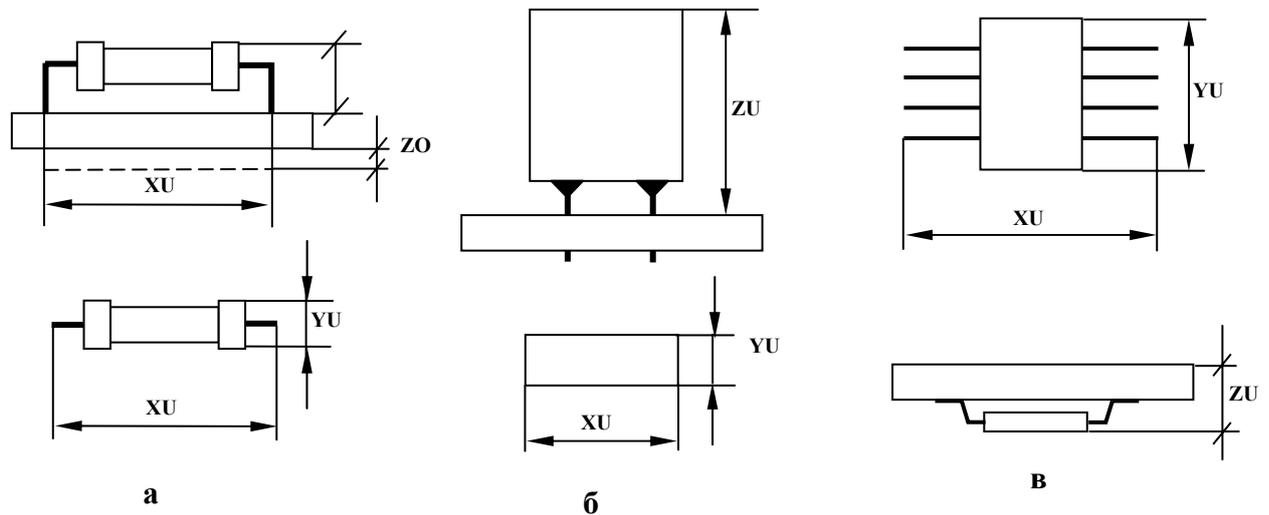


Рис..4. Установочные размеры элементов на печатной плате: а – резисторы; б – конденсаторы КМ 6; в – микросхемы в корпусах 401, 402.

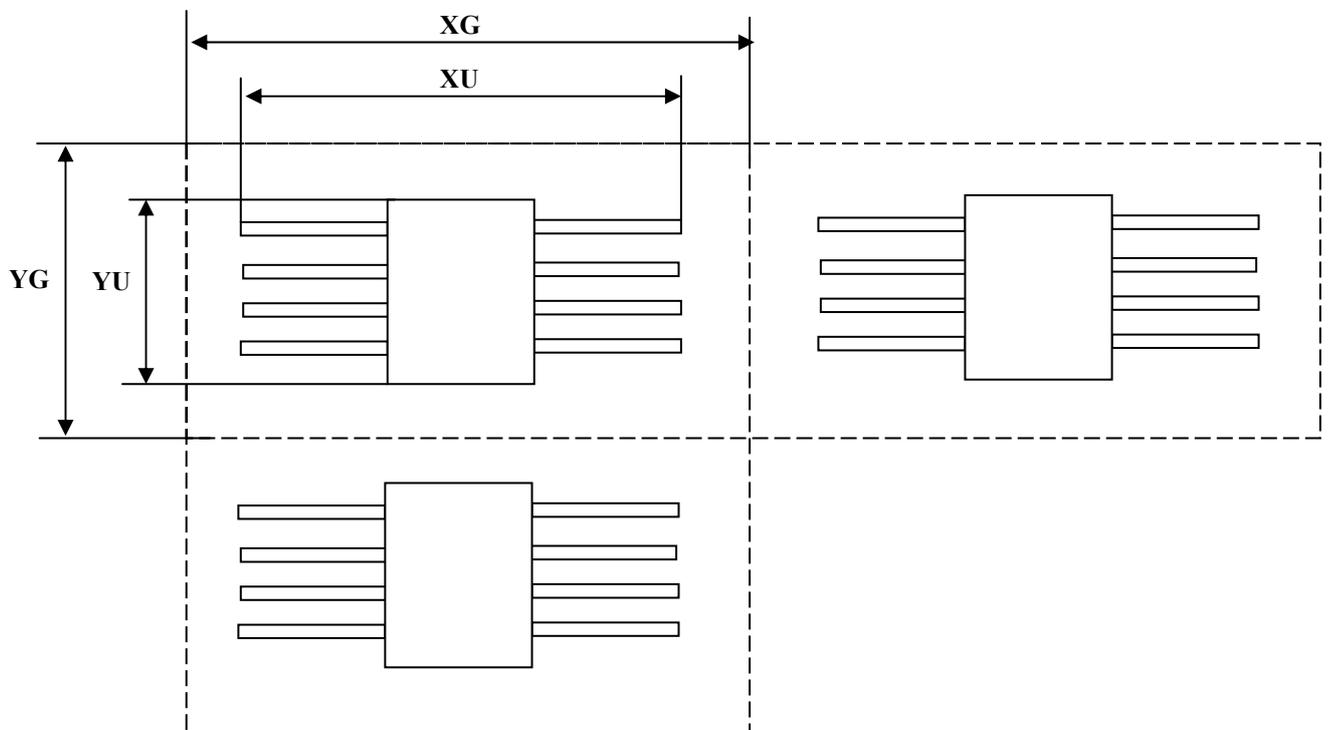


Рис..5. Графическое определение коэффициента заполнения.

SE - суммарная установочная площадь располагаемых на печатной плате элементов

$$SE = \sum_{i=1}^N SU(i)$$

,где N – количество элементов на плате: $SU(i) = XU(i) * YU(i)$ – площадь i-го элемента.

CZ – коэффициент заполнения или плотность упаковки.

Для одного элемента

$$CZ = \frac{XU * YU}{XG * YG}$$

Для всей печатной платы $CZ = CF / CE$

Численное значение коэффициента заполнения обычно берется в диапазоне – $CZ = 0.3 \pm 0.1$.

При определении ориентировочных размеров печатной платы решаются следующие две основные задачи.

Прямая. По заданной электрической схеме определить размеры функционального узла $XP \cdot YP \cdot ZP$ и всех областей.

Обратная. Какую часть электрической схемы или сколько элементов можно разместить на печатной плате с размерами $XP \cdot YP \cdot ZP$?

Первый тип задач характерен для опытного производства, второй возникает при унификации конструктивных решений в условиях установившегося или продолжающегося производства. В этом случае обычно с помощью специализированной оснастки освоено изготовление ограниченного набора типоразмеров печатных плат. Желательно, чтобы в новом изделии использовались платы уже выбранных размеров.

Если ввести понятие коэффициента формы платы

$$GF = XF / YF; XF > YF,$$

то размеры функциональной области найдутся из выражений

$$XF = (CF \cdot SF)^{1/2}; YF = (SF / CF)^{1/2}.$$

В результате размеры печатной платы составят

$$XP = X1 + XF + X2; YP = Y1 + YK + YF + Y2;$$

$$ZP = ZU + h + ZO,$$

где h – толщина материала платы (см. рис. 1.2.)

$$ZU = \max \{ZU(1), \dots, ZU(N)\};$$

Блок-схема алгоритма расчета ориентировочных размеров печатной платы представлена на рис.6..

Пример 1.. Определить размеры печатной платы для размещения элементов схемы ограничителя рис.7.

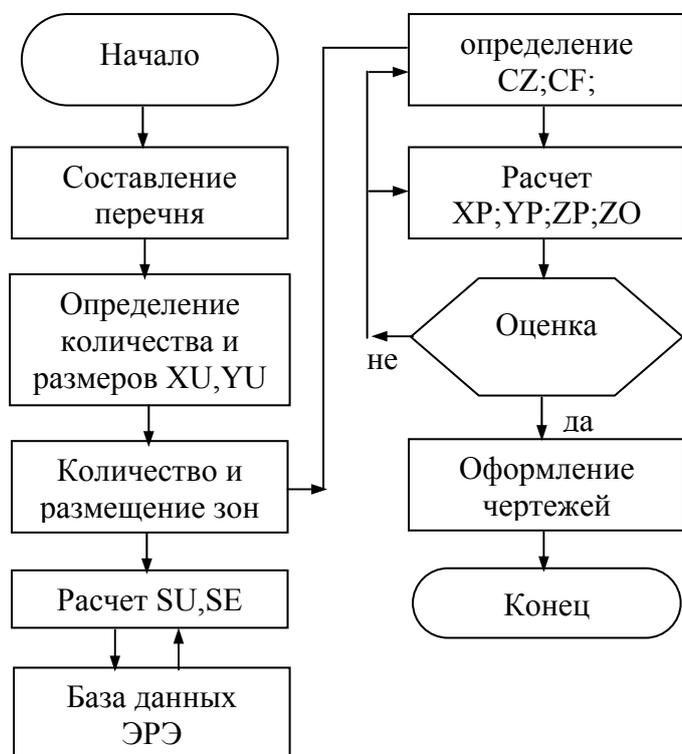


Рис.6. Блок-схема алгоритма определения размеров печатной платы

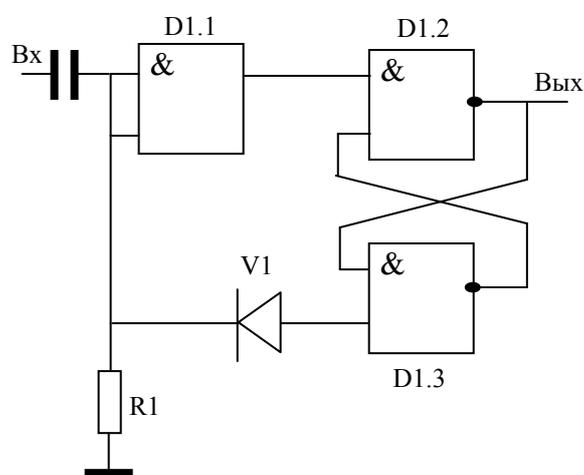


Рис.7. Схема ограничителя

Решение.1. Составляется перечень элементов, устанавливаемых на печатной плате (табл.1).
 2.по справочной литературе определяются габаритные размеры элементов устанавливаемых на печатной плате
 2. Определяется количество контактных площадок и размеры контактной зоны. Данный узел для соединения с внешними цепями должен иметь контакты:
 для подачи сигнала на вход: два контакта («Вх» и «Земля»);
 для цепей питания: два контакта («+» и «Земля»);
 для подачи сигнала на выход: два контакта («Вых» и «Земля»);

Таблица .1

Обозначение	Название	Кол-во N(i)	Размеры, мм				SU(i) мм ²	SE(i) мм ²
			ZO	XU	YU	ZU		
C1	КМ – 5А	1	1	14	6	7	84	84
D1	K155ЛА3	1	1	19.5	7.5	5.5	146.25	230.25
R1	МЛТ – 0.125	1	1	10	2.2	3.2	22	252.25
VD1	КД503А	1	1	17.5	3	4	57.5	304.75
Итого 304.75								

Если объединить «Землю» входа и выхода, то данный узел должен иметь пять контактных площадок: $K = 5$. Согласно рис.1.3, $DR1 = 2.5$ мм.

Шаг координатной сетки выбирается равным шагу расположения выводов микросхемы, т.е. $\Delta X = 2.5$ мм.

Минимальный зазор между площадками $X(KП) = 0.3$ мм при $DK = 2$ мм.

Общая длина зоны коммутации: $XK = (K+1) * DK1 = 6 * 2.5 = 15$ мм. При шаге $DK1 = 5$ мм $XK = 6 * 5 = 30$ мм. определяются размеры краевых полей. Выбирается коэффициент формы CF.(табл.2.)

Таблица .2

Исходные данные, мм							Результат, мм	
X1	X2	Y1	Y2	YK	CZ	CF	XP	YP
5	5	2.5	5	2.5	0.3	1.0	41.87	44.37
5	5	5	5	2.5	0.3	1.2	44.91	41.6
5	5	5	5	2.5	0.3	1.4	47.71	39.44
5	5	5	5	2.5	0.3	1.6	50.32	37.7
5	5	5	5	2.5	0.3	2.0	55.07	35.04
5	5	5	5	2.5	0.3	2.5	60.39	32.66
5	5	5	5	2.5	0.3	3.0	65.2	30.9
5	5	5	5	2.5	0.3	3.5	69.63	29.54

Размещение элементов на плате показано на рис.8. Согласно правилам печатного монтажа элементы C1, R1, VD1 располагаются в виде вертикального ряда, а микросхема D1 повернута так, чтобы ее больший размер соответствовал сумме размеров C1, R1, VD1. Размещение проводников двухстороннее и затруднений не вызывает. В случае однородной элементной базы, например при разработке однородных цифровых устройств на микросхемах в одинаковых корпусах (рис.9) расчеты упрощаются. Все множество микросхем представляется как произведение двух подмножеств, образующих вертикальные и горизонтальные ряды: $N = NX * NY$. Принимая коэффициент заполнения по этим рядам одинаковым, получаем:

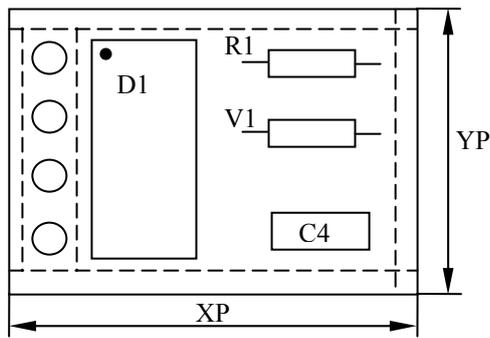


Рис.8. Конструкция ограничителя

$$CZ(X) = CZ(Y) = [CZ(S)]^{1/2} = \left[\frac{XU * YU}{XG * YG} \right]^{1/2}$$

Размеры XF и YF найдутся из выражений $XF = NX * XU / CZ(X)$; $YF = NY * YU / CZ(Y)$

Окончательные размеры платы найдутся по соответствующим формулам).

Пример 1.2. Определить размеры печатной платы, на которой требуется разместить 100 микросхем в корпусах 401.14.

Разъем СНП34-135/135x9, 4P-22 (рис.1.10, рис.1.11).

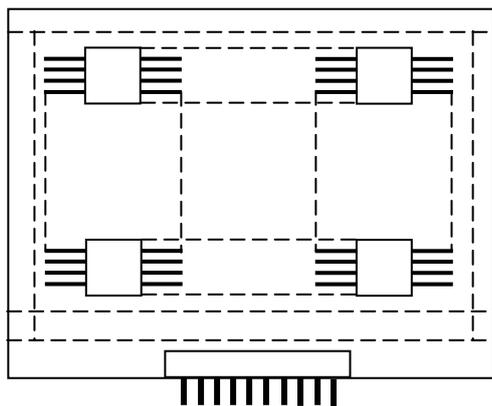


Рис.9. Конструкция функционального узла на микросхемах

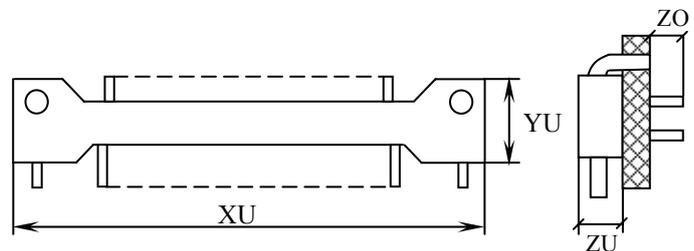


Рис.10. Установочные размеры разъемного соединителя СНП34

Решение. Размеры корпуса микросхемы находятся в табл.1.5, размеры разъема – в табл.1.6. Краевые поля: $X1 = X2 = Y2 = Y1 = 5\text{ мм}$; $YK = Y (\text{СНП34}) = 12.5\text{ мм}$.

Микросхемы размещаются рядами: $NX * NY = 10 \times 10$.

По соответствующим формулам находятся нижеследующие параметры

$$CZ(X) = CZ(Y) = 0.5.$$

$$YF = 10 \times 16 / 0.5 = 320\text{ мм}.$$

$$XF = 10 \times 9.8 / 0.5 = 200\text{ мм}.$$

$$YP = 200 + 12.5 + 5 + 5 = 222.5\text{ мм};$$

$$XP = 320 + 5 + 5 = 330\text{ мм}.$$

Пример 1.3. (обратная задача). Сколько микросхем КР558РР2А (ПЗУ) можно установить на печатной плате с размерами 240x160 мм? Разъем СНП34-135/132x9, 4P-22 (см. рис.10, рис.11).

Решение. Микросхема КР558РР2А размещается в корпусе 429.42-1 с размерами $XU * YU * ZU = 33.7 \times 26.62 \times 4.5\text{ мм}$. Выбираем краевые поля:

$$X1 = X2 = Y1 = Y2 = 5\text{ мм}, YK = Y (\text{СНП34}) = 12.5\text{ мм}.$$

По (1.5) находим

$$XF = XP - X1 - X2 = (240 - 5 - 5 = 230)\text{ мм};$$

$$YF = YP - Y1 - Y2 - YK = (160 - 12.5 - 5 - 5 = 137)\text{ мм}.$$

Микросхемы размещены рядами: $N = NX * NY$, $CZ(X) = CZ(Y) = 0.5$.

Количество микросхем в горизонтальном ряду:

$$NX = YF * CZ(Y) / XU = 230 * 0.5 / 33.75 = 3.4 \approx 3.$$

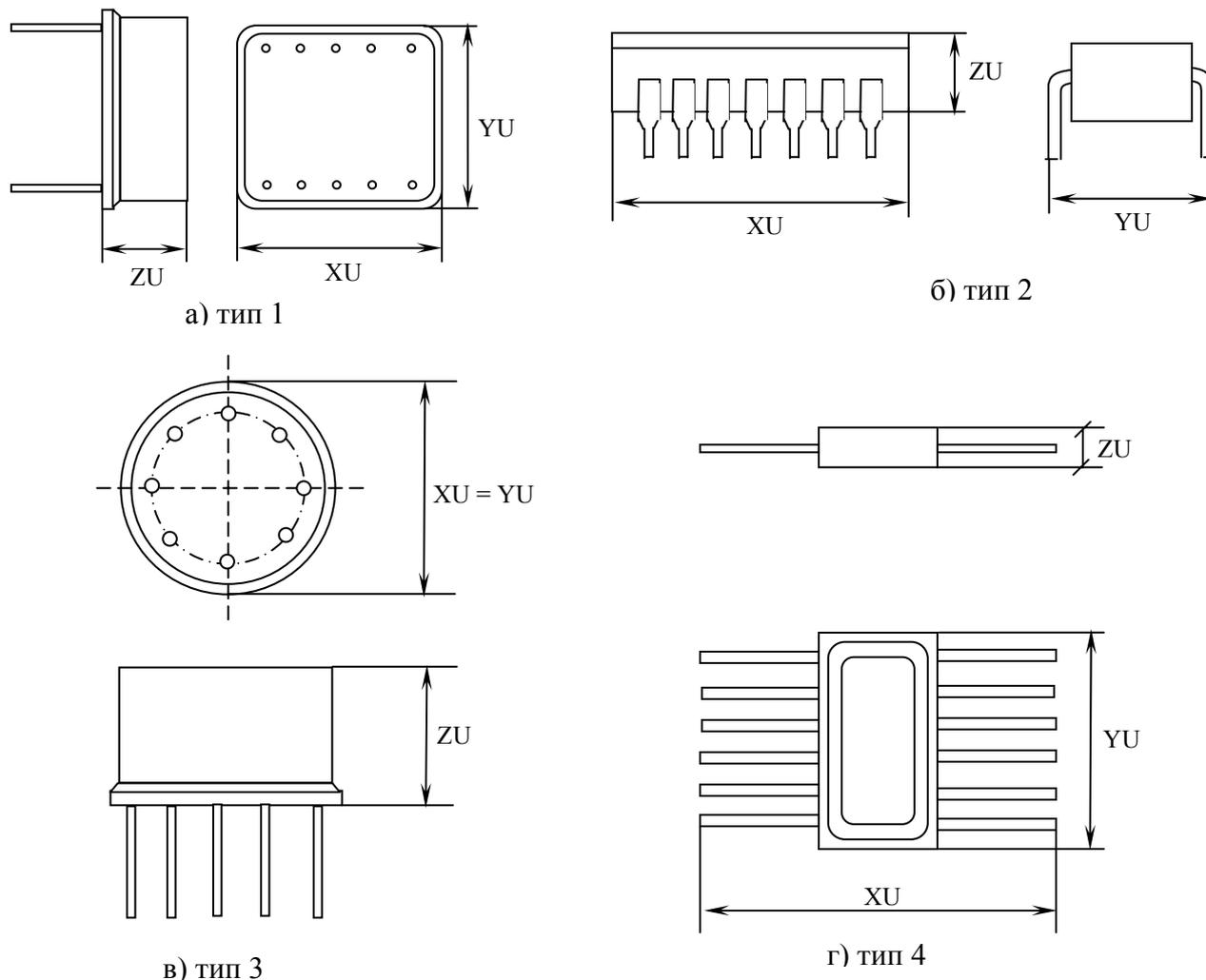


Рис.11. Установочные размеры корпусов: а – тип 1; б – тип 2; в – тип 3; г – тип 4

Количество микросхем в вертикальном ряду:

$$NY = YF * CZ(Y)/YU = 137.5 * 0.5/26.62 = 2.5 \approx 2.$$

Общее количество микросхем: $N = 3 * 2 = 6$ шт.

Размещение элементов на печатной плате. Размещение элементов, печатных проводников, контактных площадок, монтажных и контактных отверстий и др. на чертеже печатной платы осуществляется по координатной сетки, наложенной на печатную плату. Координатная сетка при этом должна удовлетворять следующим требованиям: координатная сетка может быть взята либо в прямоугольной, либо в полярной системе единиц (обычно в прямоугольной) координатная сетка наносится либо на все поле чертежа, либо на части поверхности, либо рисками по периметру контура печатной платы. Координатную сетку наносят сплошными тонкими линиями.

Линии сетки должны быть пронумерованы подряд, или через определенные интервалы. За нуль координатной сетки принимается либо центр левого крайнего нижнего отверстия, находящегося на поле печатной платы (в том числе технологического), либо левый нижний угол печатной платы. Шаг координатной сетки (в прямоугольной системе) равен 2,5 мм (основной) и 0,5 мм (дополнительный). Допускаются шаги 1,25 мм и 0,625 мм. Применение разных шагов координатной сетки на чертеже одной и той же печатной платы не допускается. Общее количество элементов, устанавливаемых на печатной плате, должно быть таким, чтобы суммарная рассеиваемая тепловая мощность не была больше 10 ватт, что позволяет обеспечить естественными способами охлаждения нормальный тепловой режим (в интегральном исполнении – не более 200 штук). По принципиальной схеме множество элементов, подлежащих размещению на печатной плате, разбивается на несколько функционально законченных групп и составляется таблица соединений. Размещение элементов осуществляется группами, при этом группа с наибольшим числом внешних связей размещается вблизи соединителя (например штепсельного разъема), группа, имеющая

наибольшее число связей с уже размещенной группой, размещается рядом. Если конструкция навесного элемента имеет два вывода и более, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то центры отверстий под эти выводы располагаются в узлах координатной сетки, а центры отверстий под другие выводы располагаются согласно чертежу на данный элемент.

Если конструкция навесного элемента не имеет выводов расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то в узле сетки следует располагать центр одного из отверстий, принятого за основное, а центры других отверстий располагаются на вертикальной или горизонтальной линиях координатной сетки, если это допускает расположение выводов. В целях экономии площади печатной платы (при малых механических нагрузках) допускается установка резисторов длиной до 15 мм в вертикальном положении. Элементы следует по возможности размещать параллельно друг другу и параллельно осям координатной сетки. Расстояние между их корпусами должно быть не менее 1 мм, а расстояние между ними по торцу — не менее 1,5 мм однотипные элементы (например интегральные схемы) целесообразно размещать на печатной плате рядами. Выводы элементов всегда вставляются в монтажные отверстия и запаиваются с противоположной стороны печатной платы (кроме элементов с планарными выводами).

В каждое монтажное отверстие вставляется только один вывод элемента

Выводы элементов одного и того же типоразмера изгибаются на одни и те же установочные размеры (кратные шагу координатной сетки).

Для правильной ориентации микросхем при их установке на печатную плату на последней должны быть предусмотрены “ключи”, определяющие положение первого вывода микросхемы.

Нормативы проведения проводников на печатной плате (трассировка печатной платы)

1. ширина печатного проводника должна укладываться в диапазон от 0,25 мм до 10-12 мм. большая ширина печатного проводника облегчает его тепловой режим, но ухудшает условия травления поэтому, если желательно улучшить тепловой режим печатного проводника без увеличения ширины, то нужно использовать подложку с более толстой фольгой.
2. печатные проводники, ширина которых менее 2 мм, изображаются на чертеже сплошной линией.
3. печатные проводники шириной до 2 мм можно располагать с обеих сторон печатной платы, печатные проводники шириной от 2 мм до 5 мм со стороны установки микросхем.
4. контактные площадки, примыкающие к печатным проводникам, ширина которых не превышает 1 мм, не штрихуются
5. печатные проводники, экраны, ширина которых более 2 мм, штрихуются на чертеже под углом 45° (для фотокопирования и электрографического копирования полностью зачерняются),
6. если печатный проводник имеет вид ломаной линии, то точки перегиба должны совмещаться с узлами координатной сетки
7. необходимо минимизировать длину каждого печатного проводника (длина печатного проводника считается недопустимо большой, если она превышает 200 мм) и суммарную длину всех печатных проводников. это позволит снизить паразитные индуктивные и емкостные связи и тем самым повысить помехоустойчивость электрической схемы и обеспечит высокое быстродействие (на каждые 100 см печатного проводника задержка сигналов составляет около 10 нс)
8. рекомендуется брать длину одного печатного проводника не более 100 мм
толщина печатного проводника составляет 50 ± 10 мкм.
сопротивление печатного проводника :
при ширине 0,5 мм — 2,0 ом/м, допустимый ток — 0,8 а
при ширине 1 мм — 1,5 ом/м, допустимый ток — 1 а
при ширине 1,5 мм — 1 ом/м, допустимый ток — 1,3 а
при ширине 2 мм — 0,75 ом/м, допустимый ток — 1,9 а

9. не рекомендуется прокладывать печатные проводники, соответствующие входным и выходным цепям одной электрической схемы, параллельно друг другу как на одной стороне печатной платы, так и на разных. также не рекомендуется располагать близко и параллельно друг к другу проводники питающих и входных цепей и между ними необходимо прокладывать земляной проводник.
10. печатные проводники, соответствующие входным цепям высокочастотных схем, должны прокладываться в первую очередь и быть максимально короткими.
11. заземляющие печатные проводники, по которым протекают суммарные токи всех цепей, следует делать максимально широкими.
12. рекомендуется избегать применения печатных проводников с острыми углами затрудняющими травление и образующими место, в котором печатный проводник наиболее легко может отстать от платы.
13. печатные проводники, как правило, выполняются одинаковой ширины на всем их протяжении. ширина проводника устанавливается после проведения соответствующих расчетов.
14. следует избегать прокладки печатных проводников в узких промежутках
15. не рекомендуется размещать проводники на минимальном расстоянии от других печатных элементов. наименьший промежуток между печатными проводниками выбирается исходя из следующих нормативов:
 - 1,5 мм при постоянном напряжении до 300 v
 - 0,625 мм при постоянном напряжении до 150 v
 - 0,5 мм при постоянном напряжении до 50 v
 - 2-3 мм при переменном (сетевом) напряжении от 60v до 250v
16. в виде исключения ширину печатного проводника сужают в узких местах (например, между контактными площадками радиоэлемента) на небольшой длине до минимально допустимого размера
17. если есть возможность, то следует использовать печатные проводники максимальной ширины (при этом проводники шириной более 3 мм разрабатываются по правилам выполнения экранов).
18. экраны выполняются с вырезами, площадь которых может достигать половины площади слоя.
19. вырезы могут быть прямоугольной формы, формы круга, овала или сетки. вырезы располагаются с шагом 2-5 мм. круглые имеют диаметр 3-4 мм, овальные- $(0,5 \div 1,5) \cdot (3 \div 5)$ мм
20. если в зону экрана попадает отверстие электрически с ним несвязанное, то вокруг такого отверстия делается кольцевой или прямоугольный вырез.
21. если в зону экрана попадает отверстие электрически с ним связанное и попавшее в окно экранной сетки, то оно соединяется с экраном печатными проводниками
22. центры всех отверстий должны располагаться в узлах координатной сетки. монтажные отверстия т. е. отверстия, соединяемые печатными проводниками, должны иметь контактные площадки. прочие отверстия (крепежные, технологические) не должны иметь контактных площадок.
23. координаты монтажных отверстий должны быть заданы одним из следующих способов:
 - а) нумерацией отверстий с занесением размеров их координат по осям x и y в миллиметрах в таблицу.
 - б) указанием размеров координат за пределами рисунка печатной платы.
 - в) нумерацией линий координатной сетки.
24. диаметры монтажных отверстий берутся равными 0,5; 0,8; 1,0; 1,3; 1,5; 1,8; 2,0; 2,4 мм. размеры отверстий, их количество, размеры контактных площадок помещаются в таблице на чертеже.
25. обычно диаметр отверстия берут больше диаметра вывода на 0,5 мм, так как при этом обеспечивается наиболее полное заполнение его припоем при пайке.

26. в том случае, когда шаг расположения выводов элемента (например, микросхемы не соответствует шагу координатной сетки, центр одного из отверстий под вывод микросхемы (принятое за основное, желательное первое) должно обязательно располагаться в узле координатной сетки. центр одного из остальных отверстий (для того же элемента) должен быть расположен на одной из вертикальных или горизонтальных линий координатной сетки.
27. положение печатного проводника совмещают с линией координатной сетки (основной или вспомогательной).

Основные указания по выполнению чертежа печатной платы

1. чертеж печатной платы следует выполнять в масштабе 1:1;2:1;4:1;5:1;10:1; при шаге координатной сетки 2,5 мм и не менее 4:1 при шаге 0,5. на чертеже указываются габаритные размеры платы, размеры на ширину печатного проводника, материал платы, метод изготовления.
2. на печатной плате должен быть предусмотрен «ключ», ориентировочный паз (или срезанный левый угол) и два технологических базовых отверстия, необходимых для правильной ориентации при изготовлении печатной платы
3. при наличии полярности выводов у навесного элемента около его контура изображения на чертеже указывается знак (+,--).

Понятия и определения используемые при конструировании печатных плат

1. основание печатной платы- листовый изоляционный материал с токопроводящим слоем, вырезанный по определенному размеру и предназначенный для нанесения рисунка и установки навесных элементов.
2. рисунок печатной платы – конфигурация проводящего или изоляционного слоя.
3. печатный проводник (печатная трасса) –непрерывная полоска или площадка в проводящем слое.
4. контактная площадка-часть печатного проводника на поверхности, в отверстиях или в толще основания печатной платы, используемая для соединения навесных элементов или для контрольных подсоединений.
5. печатная плата- листовый изоляционный материал с проводящим слоем, вырезанный по определенному размеру, содержащий рисунок и необходимые отверстия, обеспечивающие в дальнейшем электрическое и механическое соединение навесных элементов.
6. односторонняя (однослойная) печатная плата характеризуется: повышенной точностью выполнения проводящего рисунка, отсутствием металлизированных отверстий, установкой элементов на поверхность печатной платы со стороны, противоположной стороне пайки, без дополнительного изоляционного покрытия, низкой стоимостью.
7. двухсторонняя (двухслойная) печатная плата (без металлизации монтажных и переходных отверстий) характеризуется высокой точностью выполнения проводящего рисунка, использованием объемных металлических элементов конструкции (штыри, отрезки проволоки, арматура переходов и т.п.) для соединения элементов проводящего рисунка, расположенных на противоположной стороне печатной платы, низкой стоимостью.
8. двусторонняя (двухслойная) печатная плата (с металлизацией монтажных и переходных отверстий) характеризуется широкими коммутационными возможностями, повышенной прочностью сцепления выводов навесных элементов с проводящим рисунком печатной платы, повышенной стоимостью по сравнению с печатной платой без гальванического соединения слоев.
9. многослойная печатная плата с металлизацией сквозных отверстий характеризуется широкими коммутационными возможностями, наличием межслойных соединений, осуществляемых с помощью переходных отверстий, соединяющих только внутренние слои, предпочтительным использованием одностороннего фольгированого диэлектрика для наружных и двустороннего- для внутренних слоев, обязательным наличием контактных

площадок на любом проводящем слое, имеющим электрическое соединение с переходными отверстиями, низкой ремонтпригодностью, высокой помехозащищенностью электрических цепей, высокой стоимостью.

Литература:

1. Справочник конструктора РЭА. Общие принципы конструирования. под редакцией Р.Г. Варламова. М. Сов. радио, 1980
2. О.П. Лавренов Практика конструирования РЭС учебное пособие. Казань КАИ. 1995
3. Е.П. Семенова Конструирование и компоновка печатного узла, Казань, КАИ, 1987
4. Л.Н. Преснухин, В.А. Шахнов. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. М. Высшая школа, 1986
5. Справочник. разработка и оформление конструкторской документации РЭА под редакцией Э.Т. Романычевой. М. Радио и связь. 1989