

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.10.2022 15:05:21
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
2022 г.



РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов направления подготовки 09.03.01 Информатика
и вычислительная техника

Курск 2022

УДК 658.512.621:681.3

Составители: Д.В.Титов, Т.А.Ширабакина

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *И.Е.Чернецкая*

Разработка конструкции печатной платы: методические указания по выполнению лабораторной работы /Юго-Зап. гос. ун-т; сост.:Д.В.Титов, Т.А.Ширабакина.- Курск, 2022.- 17 с.: ил.2, табл.10.-Библиогр.:17.

Приведены сведения о параметрах печатной платы. Перечислены этапы разработки конструкции печатной платы, порядок расчета основных параметров печатной платы, требования к оформлению чертежа печатной платы. Сформулированы требования к содержанию отчета и контрольные вопросы.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы по дисциплине «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.03.01 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *9.09.22*. Формат
Усл. печ. л. *0,7* Уч.-изд. л. *0,6* Тираж *100* экз. Заказ. *1806*
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Общие сведения

Конструкции печатных плат характеризуются группой параметров: структурных, геометрических и электрических.

К *структурным параметрам* относятся общее число слоев и их конструкция (односторонние и двусторонние). Структуру конструкции печатной платы образуют элементы конструкции: соединительные проводники и зазоры между ними, контактные площадки и зазоры между ними и соединительными проводниками, технологические, монтажные, крепежные и металлизированные отверстия, посадочные места под ИЭТ и электрические соединители, экраны, вырезы в экранах. Форма металлизированных отверстий, как правило, выбирается круглая; форму остальных элементов желательно выбирать прямоугольной или состоящей из прямоугольников, соединенных различными способами.

К *геометрическим параметрам* относятся ширина печатных проводников на сигнальных слоях и зазоров между проводниками, диаметры металлизированного отверстия и зенковки; ширина зазора между металлизированными отверстиями и между отверстиями и проводниками; расстояние между сигнальными и потенциальными слоями, в частности между слоями питания и земли; шаг сетки и ширина проводников на потенциальных слоях; толщина печатной платы заданной структуры и ее отклонение от номинала.

К *электрическим параметрам* относятся погонное сопротивление и погонная емкость (или волновое сопротивление) печатных проводников на сигнальных слоях, коэффициент связи между печатными проводниками, определяемый уровнем взаимных помех.

Все параметры конструкции печатных плат взаимосвязаны. Электрические параметры определяют требования к трассировке, геометрическим параметрам сигнальных проводников и расположению сигнальных и потенциальных слоев относительно друг друга. При отсутствии требований к электрическим параметрам печатных плат число слоев и их расположение полностью зависят от технологического процесса изготовления печатных плат.

Разработку конструкции печатной платы рекомендуется проводить по следующим этапам:

- 1) изучение технического задания на изделие (печатный узел, электронный модуль), в состав которого входит конструируемая печатная плата;
- 2) определение условий эксплуатации и группы жесткости;
- 3) выбор типа конструкции и класса точности печатной платы;
- 4) выбор материала основания;
- 5) выбор конструктивного покрытия;
- 6) размещение изделий электронной техники (ИЭТ);
- 7) выбор размеров, форм и расположения элементов проводящего рисунка;

- 8) выбор метода маркировки и ее расположения;
 - 9) выполнение чертежа печатной платы и документации к нему.
- Рассмотрим подробнее порядок проектирования ПП.

2 Этапы проектирования печатной платы

Этап 1. Изучение технического задания на изделие

Условия эксплуатации, хранения и транспортирования определяют на основании требований технического задания на изделие, в состав которого входит конструируемая печатная плата.

Этап 2. Определение условий эксплуатации и группы жесткости

В зависимости от условий эксплуатации определяют по ГОСТ 23752 группу жесткости, предъявляющую соответствующие требования к используемому материалу основания и необходимости применения дополнительной защиты от климатических, механических и других воздействий, и записывают в технических требованиях чертежа.

Этап 3. Выбор типа конструкции и класса точности печатной платы

При выборе типа конструкции печатной платы следует учитывать:

- возможность выполнения всех коммутационных соединений;
- технико-экономические показатели;
- стоимость основного материала;
- возможность автоматизации процессов изготовления, контроля и диагностики установки ИЭТ.

По типу конструкции печатные платы подразделяются на односторонние (ОПП), двусторонние (ДПП) и многослойные (МПП).

ОПП характеризуется возможностью обеспечивать повышенные требования к точности выполнения рисунка; установкой элементов на поверхность платы со стороны, противоположной стороне пайки, без дополнительной изоляции; возможностью использования перемычек из проводникового материала; низкой стоимостью конструкции. Поперечный разрез конструкции ОПП приведен на рисунке 1, а.

ДПП характеризуются возможностью обеспечивать высокие требования к точности выполнения проводящего рисунка, высокими коммутационными свойствами, повышенной прочностью соединения вывода навесного элемента с проводящим рисунком платы, более высокой стоимостью, чем ОПП. Поперечный разрез конструкции ДПП приведен на рисунке 1, б. Возможности трассировки (прокладки соединительных печатных проводников) растут вдоль ряда ОПП – ДПП – МПП, но также возрастает трудоемкость изготовления.

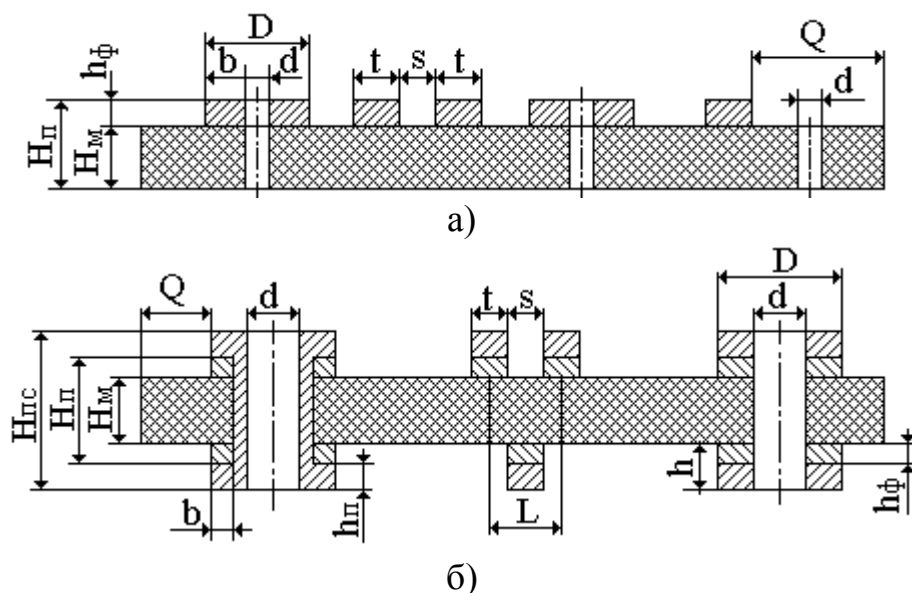


Рисунок 1 - Поперечный размер конструкции ПП:

a - односторонняя ПП, *б* - двусторонняя ПП, где

H_n – толщина ПП; H_m – толщина материала основания ПП; H_{nc} – суммарная толщина ПП; h – толщина проводящего рисунка; h_n – толщина химико-гальванического покрытия; L – расстояние между центрами (осями) элементов конструкции ПП; h_ϕ – толщина фольги; b – гарантийный пояс; D – диаметр контактной площадки; d – диаметр отверстия; s – расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка; t – ширина печатного проводника; Q – расстояние от края ПП, выреза паза до элементов проводящего рисунка

Изготовление печатных плат определенного класса точности по ГОСТ 23751 обеспечивают в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1- Область применения и технологическое обоснование классов точности печатных плат

Класс точности	Область применения	Основные материалы	Серийность производства
1-2	Для печатных плат с дискретными ИЭТ при малой и средней насыщенности поверхности печатной платы ИЭТ	Без ограничения для печатных плат 1-й и 2-й групп жесткости по ГОСТ 23752. Для 3-й и 4-й групп жесткости на основе стеклоткани	От мелко-серийного до крупно-серийного
3	Для печатных плат с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а также с безвыводными ИЭТ	На основе стеклоткани с гальваностойкой фольгой толщиной не более 35 мкм	От мелко-серийного до крупно-серийного

	при средней и высокой насыщенности поверхности печатной платы ИЭТ		
4	Для печатных плат с микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а также с безвыводными ИЭТ при высокой насыщенности поверхности печатной платы ИЭТ	Травящиеся термостойкие диэлектрики с тонкомерной фольгой, диэлектрики с адгезионным слоем	От одиночного до мелко-серийного
5	Для печатных плат с БИС, СБИС и микросборками, имеющими штыревые и планарные выводы при очень высокой насыщенности поверхности печатной платы ИЭТ	Травящиеся термостойкие диэлектрики с тонкомерной фольгой, диэлектрики с адгезионным слоем	От одиночного до мелко-серийного

Печатные платы 1-го и 2-го классов точности наиболее просты в исполнении, надежны в эксплуатации и имеют минимальную стоимость; 3-го класса – требуют использования высококачественных материалов, более точного инструмента и оборудования; 4-го и 5-го классов – требуют ограничения габаритных размеров, специальных материалов, прецизионного оборудования, особых условий для изготовления.

Этап 4. Выбор материала основания

Материалы для ПП выбирают по ГОСТ 10316 или техническим условиям. Материалы, рекомендуемые для изготовления ДПП и ОПП, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Материалы, рекомендуемые для изготовления печатных плат

Наименование материала	Марка	Область применения
Гетинакс фольгированный общего назначения	ГОФ-1-35Г; ГОФ-2-35Г; ГОФВМ-1-35Г; ГОФВМ-2-35Г	ОПП для аппаратуры народно-хозяйственного потребления
Стеклотекстолит общего назначения негорючий фольгированный	СОНФ-1; СОНФ-2	ОПП, ДПП
Стеклотекстолит тепло-стойкий негорючий фольгированный	СТНФ-1; СТНФ-2	ОПП, ДПП, устойчивые к возгоранию
Стеклотекстолит фольгированный повышенной нагревостойкости	СФПН-1-50; СФПН-2-50	ОПП и ДПП повышенной нагревостойкости

Стеклотекстолит	СТФЭ-1-2ЛК	ДПП
Стеклотекстолит фольгированный теплостойкий	СТФ-1; СТФ-2	ОПП, ДПП повышенной нагревостойкости
Диэлектрик фольгированный самозатухающий	ДФС-1; ДФС-2	ОПП, ДПП
Стеклотекстолит с двусторонним адгезивным слоем	СТЭК	ДПП, изготавливаемые по аддитивной технологии, 1-3 классов точности
Стеклотекстолит теплостойкий для полуаддитивной технологии	СТПА-5-1; СТПА-5-2	ОПП, ДПП с высокой плотностью проводящего рисунка

Материал основания выбирают с учетом обеспечения физико-механических и электрических параметров печатных плат во время и после воздействия механических нагрузок, климатических факторов и химических агрессивных сред в процессе эксплуатации.

Для изготовления печатных плат с металлизированными отверстиями следует использовать материалы с гальваностойкой фольгой.

Для печатных плат, предназначенных для эксплуатации в условиях 1-й и 2-й групп жесткости по ГОСТ 23752, рекомендуется применять материалы на основе бумаги, для 3-й и 4-й групп жесткости – на основе стеклоткани, полиимида, лавсана.

Этап 5. Выбор конструктивного покрытия

Для обеспечения стабильности электрических, механических и других параметров печатных плат необходимо применять конструктивные покрытия как металлические, так и неметаллические.

В качестве конструктивных металлических покрытий рекомендуется использовать металлы и сплавы, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 - Материалы для конструктивных покрытий

Вид покрытия	Толщина, мкм	Назначение покрытия
Сплав Розе	1,5 – 3,0	Защита от коррозии, обеспечение паяемости
Сплав олово-свинец	9 – 15	Защита от коррозии, обеспечение паяемости
Серебряное	6 – 12	Улучшение электрической проводимости
Серебро - сурьма	6 – 12	Улучшение электрической проводимости и повышение износостойкости контактов переключателей и концевых контактов
Золото и его сплавы	0,5 – 3,0	Улучшение электрической проводимости, снижение переходного сопротивления и повышение износостойкости
Палладиевое	1 - 5	Снижение переходного сопротивления, повышение износостойкости

		контактов переключателей и концевых контактов
Никелевое	3 – 6	Защита от коррозии, повышение износостойчивости контактов переключателей и концевых контактов
Медное	25 – 30	Обеспечение электрических параметров, соединение проводящих слоев

Неметаллические конструктивные покрытия (защитные маски) используются для защиты:

- печатных проводников и поверхности основания печатной платы от воздействия припоя;
- элементов проводящего рисунка от замыкания навесных ИЭТ и других конструктивных элементов.

Для защиты печатных проводников и поверхности основания печатной платы от воздействия припоя используют диэлектрические защитные покрытия на основе эпоксидных смол, сухого пленочного резиста, холодных эмалей, окисных пленок.

Этап 6. Размещение ИЭТ

Выбор варианта установки ИЭТ и их размещение на печатной плате рассматривается в работе 2.

Этап 7. Выбор размеров, форм и расположения элементов рисунка

Размеры, формовку, а также места крепления печатных плат выбирают в зависимости от установочных размеров, элементной базы, эксплуатационных характеристик, использования автоматизированной установки ИЭТ, пайки, контроля и технико-экономических показателей.

Если нет каких-либо ограничений, ПП должна быть квадратной или прямоугольной, а линейные размеры ее сторон - кратными (ГОСТ 10317):

- 2,5 - при длине до 100 мм;
- 5,0 - при длине до 350 мм;
- 10,0 - при длине более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм, а соотношение линейных размеров сторон ПП - не более 3:1.

На печатной плате должен располагаться ориентирующий элемент, обеспечивающий ее однозначное положение в прямоугольной системе координат. В качестве ориентирующего элемента может быть использовано одно из фиксирующих отверстий: паз, вырез, окно и т.д.

При выборе толщины печатной платы следует учитывать, что с увеличением диаметра отверстий усложняется технология нанесения металлизации, поэтому рекомендуется увязывать диаметр металлизированного отверстия d_o и толщину печатной платы таким образом, чтобы соотношение d_o/H_n было не менее 1:3.

Диаметры монтажных и переходных отверстий (металлизированных и неметаллизированных) выбирают с учетом толщины ПП (таблица 4).

Таблица 4 - Наименьшие номинальные значения основных размеров элементов конструкции ПП, мм

Наименование элемента	расчетного	Обозначение	Класс точности				
			1	2	3	4	5
Ширина проводника	печатного	t	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Расстояние соседних проводящего рисунка	между краями элементов	s	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантийный поясок		b	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
Отношение наименьшего металлизированных отверстий к толщине ПП	диаметра из	γ	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20

Номинальное значение диаметра монтажного отверстия d (мм) рассчитывают по формуле

$$d = d_s + r + |\Delta d|, \quad (1)$$

где d_s - максимальное значение диаметра вывода навесного ИЭТ, устанавливаемого на печатную плату (для прямоугольного вывода за диаметр берется диагональ его сечения); r - разность между минимальным значением диаметра отверстия и максимальным значением диаметра вывода (для прямоугольного - диагональ сечения) устанавливаемого ИЭТ. Величину r рекомендуется выбирать с учетом допусков на расположение выводов на корпусе устанавливаемого ЭРЭ; Δd - нижнее предельное отклонение номинального значения диаметра отверстия (таблица 5).

Таблица 5 - Предельные отклонения диаметра Δd , мм

Диаметр отвер- стия d	Наличие металлизации	Класс точности				
		1	2	3	4	5
До 1 мм	Без металлизации	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,025$
Свыше 1 мм	С металлизацией без оплавления	+0,05 -0,15	+0,05 -0,15	+0,0 -0,10	+0,0 -0,10	+0,0 -0,10
	С металлизацией и с оплавлением	+0,05 -0,18	+0,05 -0,18	+0,0 -0,13	+0,0 -0,13	+0,0 -0,13
	Без металлизации	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$
	С металлизацией без оплавления	+0,10 -0,20	+0,10 -0,20	+0,05 -0,15	+0,05 -0,15	+0,05 -0,15
	С металлизацией и с оплавлением	+0,10 -0,23	+0,10 -0,23	+0,05 -0,18	+0,05 -0,18	+0,05 -0,18

Диаметр монтажного отверстия выбирают таким, чтобы величина r была в пределах 0,1 - 0,4 мм.

Количество типоразмеров любых отверстий на ПП следует ограничивать. Рекомендуется на ПП применять не более трех типоразмеров монтажных и переходных отверстий.

Контактные площадки выполняют прямоугольной, круглой или близкой к ним форме. Контактные площадки, имеющие специальное назначение, например обозначение расположения первого вывода многовыводного ИЭТ, выполняют по форме, отличной от остальных контактных площадок.

Наименьшее номинальное значение диаметра контактной площадки d (мм) под выбранное отверстие рассчитывается по формуле

$$D = d + \Delta d_{\text{го}} + 2b + \Delta t_{\text{го}} + 2\Delta d_{\text{мп}} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{\text{но}}^2)^{1/2}, \quad (2)$$

где $\Delta d_{\text{го}}$ - верхнее предельное отклонение диаметра отверстия (таблица 5); $\Delta d_{\text{мп}}$ - величина подтравливания диэлектрика в отверстии, которая принимается равной 0,03 мм для МПП, для ОПП и ДПП - нулю; T_d - позиционный допуск расположения оси отверстия (таблица 6); T_D - позиционный допуск расположения центра контактной площадки (таблица 7); $\Delta t_{\text{го}}$ - верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки (таблица 8); $\Delta t_{\text{но}}$ - нижнее предельное отклонение диаметра контактной площадки (таблица 8).

Расчетную величину диаметра контактной площадки следует округлять в большую сторону до десятых долей миллиметра.

Для контактных площадок с формой, отличной от круглой, диаметр определяется диаметром вписанной окружности с центром в узле координатной сетки.

Таблица 6 - Значение позиционных допусков расположения осей отверстий T_d , мм

Размер ПП по большей стороне, мм	Класс точности				
	1	2	3	4	5
До 180 включительно	0,20	0,15	0,08	0,05	0,05
Свыше 180 до 360	0,25	0,20	0,10	0,08	0,08
Свыше 360	0,30	0,25	0,15	0,10	0,10

Диаметры контактных площадок рекомендуется выполнять возможно большего размера. У неметаллизированных отверстий площадь контактной площадки, без учета площади отверстия, должна быть не менее 2,5 мм² для ПП 1-го и 2-го классов точности и не менее 1,6 - для 3-го класса точности.

Ширину печатного проводника определяют в зависимости от электрических, конструктивных и технологических требований.

Наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника t (мм) рассчитывают по формуле

$$t = t_{\text{мд}} + \Delta t_{\text{но}}, \quad (3)$$

где $t_{мд}$ - минимальное допустимое значение ширины печатного проводника (таблица 4); $\Delta t_{но}$ - нижнее предельное отклонение ширины печатного проводника (таблица 8).

Таблица 7- Значение позиционных допусков расположения центров контактных площадок T_D , мм

Вид изделия	Размер ПП по большей стороне, мм	Класс точности				
		1	2	3	4	5
ОПП, ДПП	До 180 вкл.	0,35	0,25	0,15	0,10	0,05
	Св.180 до 360	0,40	0,30	0,20	0,15	0,08
	Свыше 360	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15

Таблица 8 - Предельные отклонения ширины печатного проводника, контактной площадки, концевой печатного контакта, экрана Δt для узкого места, мм

Наличие металлического покрытия	Класс точности				
	1	2	3	4	5
Без покрытия	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,03$	$+0; -0,03$
С покрытием	$+0,25$	$+0,15$	$+0,10$	$+0,05$	$+0,03$
	$-0,20$	$-0,10$	$-0,10$	$-0,05$	$-0,03$

Расстояние между соседними элементами проводящего рисунка устанавливают в зависимости от электрических, конструктивных и технологических требований.

Наименьшее номинальное расстояние между соседними элементами проводящего рисунка s (мм) определяют по формуле

$$s = s_{мд} + \Delta t_{60}, \quad (4)$$

где $s_{мд}$ - минимальное допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка (таблица 4); Δt_{60} - верхнее предельное отклонение ширины элемента проводящего рисунка (таблица 8).

Расчет наименьшего номинального расстояния l , мм, для прокладки n -го количества печатных проводников между двумя отверстиями с контактными площадками диаметрами D_1 и D_2 производят по формуле

$$l = (d_1 + D_2)/2 + tn + s(n+1) + T_l, \quad (5)$$

где n - количество печатных проводников; T_l - позиционный допуск расположения печатного проводника, который учитывается только при $n > 0$ (таблица 9).

Таблица 9 - Значения позиционных допусков расположения печатного проводника T_l относительно соседнего элемента проводящего рисунка, мм

Вид изделия	Класс точности				
	1	2	3	4	5
ОПП, ДПП	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02

При необходимости электрическое сопротивление печатных проводников с покрытием R_c (Ом) определяют по формуле

$$R_c = \frac{\rho}{h} \sum_{k=1}^k \frac{L_i}{t_i}, \quad (6)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление; h – толщина печатного проводника с покрытием; k – количество участков печатного проводника на его расчетной длине, имеющих различную ширину; L_i – длина i -го участка печатного проводника на i -м участке; t_i – ширина печатного проводника на i -м участке.

При определении сопротивления печатного проводника, имеющего дополнительное покрытие толщиной менее 12 мкм с относительно высоким удельным сопротивлением (никелевым, оловянным, палладиевым), как правило, учитывают только сопротивление медного слоя, а сопротивление покрытий не принимают во внимание.

При толщине дополнительного покрытия более 12 мкм сопротивление печатного проводника определяют как сумму сопротивлений отдельных слоев.

Удельное электрическое сопротивление наиболее часто применяемых металлов приведено в таблице 10.

Таблица 10 - Удельное электрическое сопротивление часто применяемых металлов

Металл	Удельное электрическое сопротивление, 10^{-8} Ом·м	Металл	Удельное электрическое сопротивление, 10^{-8} Ом·м
Медная фольга	1,72	Золото	2,22
Гальваническая медь	1,90	Палладий	10,80
Химическая медь	2,80	Никель	7,80
Серебро	1,59		

Этап 8. Выбор метода маркировки и ее расположения

Маркировку (ГОСТ 2.314), наносимую на печатную плату, подразделяют на основную и дополнительную.

Основная маркировка наносится обязательно и должна содержать: обозначение печатной платы или ее условный шифр; дату изготовления (год, месяц); порядковый номер изменения чертежа, относящегося только к изменению проводящего рисунка.

Дополнительная маркировка наносится при необходимости и может содержать: порядковый или заводской номер печатной платы или партии печатных плат; позиционное или схемное обозначение ИЭТ или условный адрес их установки (X5, Y3, A8 и т.п.); цифровое обозначение первого

вывода ИЭТ, точек контроля; обозначение положительного вывода полярного ИЭТ (знак «+»).

Условный шифр печатной платы, порядковый номер изменения чертежа, относящегося только к изменению проводящего рисунка, рекомендуется выполнять способом, которым выполняется проводящий рисунок.

Маркировочные символы дополнительной маркировки при наличии свободного места следует выполнять печатным способом, которым выполняется проводящий рисунок.

Маркировочные символы, выполненные из проводникового материала, не должны уменьшать минимально допустимого расстояния между соседними элементами проводящего рисунка. Допускается частичное одностороннее касание контуров символа соседнего элемента проводящего рисунка.

Обозначение первого вывода многовыводного навесного ИЭТ и точек контроля рекомендуется располагать вне проекции контура устанавливаемого ИЭТ.

Этап 9. Выполнение чертежа печатной платы и документации к нему

Оформление чертежей печатных плат производят в соответствии с ГОСТ 2.417 и требованиями других стандартов ЕСКД.

Чертеж выполняют в масштабах 1:1; 2:1; 4:1; 5:1; 10:1. На чертеже изображают основные проекции с печатными проводниками и отверстиями, наносят координатную сетку тонкими линиями.

Основной шаг координатной сетки 2,5 мм, допускаются шаги 1,25 и 0,625 мм. Пример оформления чертежа печатной платы приведен на рисунке 2.

За ноль в прямоугольной системе координат на главном виде ПП (у ОПП - вид со стороны проводящего рисунка) принимают левый нижний угол ПП или центр крайнего нижнего отверстия, находящегося на поле платы.

При необходимости границы участка ПП, на котором не должно быть печатных проводников, например на двусторонней ПП, на чертеже выделяют утолщенной штрихпунктирной линией.

Группу одинаковых отверстий на чертеже обозначают одним из условных знаков, а количество отверстий и их размеры указывают в таблице, приводимой на поле чертежа ПП.

Круглые отверстия, имеющие зенковку, и круглые контактные площадки с круглыми отверстиями (в том числе и с зенковкой) изображают одной окружностью. Их форму и размеры указывают на поле чертежа.

Проводники на чертеже изображают одной линией, являющейся осью симметрии проводника, при этом их ширину указывают в текстовой части чертежа. Проводники шириной более 2,5 мм могут изображаться двумя линиями. Проводники, имеющие заданную ширину, показывают на чертеже без упрощений. Отдельные элементы проводящего рисунка ПП можно выделять штриховкой, зачернением и т.п.

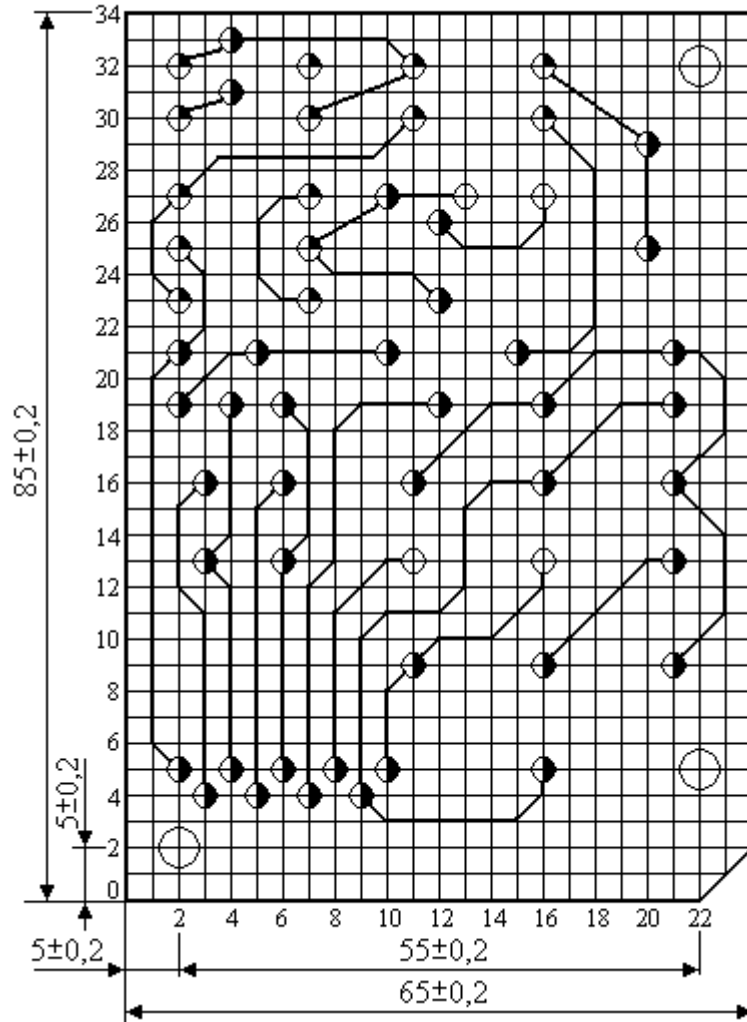
На чертеже односторонней ПП показывают виды обеих ее сторон, при этом на стороне монтажа наносят позиционные обозначения ИЭТ в соответствии с принципиальной электрической схемой и знаки, уточняющие расположение навесных элементов, а над изображением помещают надпись «Сторона монтажа».

Чертеж двусторонней ПП, имеющей навесные элементы на одной стороне, дополняют видом проводящего рисунка со стороны монтажа.

Около видов платы на полках линий-выносок наносят краткие надписи или числа, относящиеся непосредственно к изображению.

ABVT.XXXXXX.182CB

Страна установки навесных элементов



Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия, мм	Диаметр зенковки с двух сторон, мм	Наличие металлизации в отв.	Диаметр контактной площадки, мм	Количество отверстий
	3,0	-	без метал.	-	3
	0,8 ^{+0,1}	1,1 ^{x70°}	метал.	1,8	4
	1 ^{+0,1}	1,5 ^{x70°}	метал.	2,5	14
	1,3 ^{+0,1}	1,8 ^{x70°}	метал.	3	40

1. Плату изготовить комбинированным методом.
2. Шаг координатной сетки 2,5 мм.
3. Конфигурацию проводников выдерживать по координатной сетке.
4. Проводники, условно обозначенные сплошными линиями, выполнять шириной 0,9±0,3 мм.
5. Расстояние между проводниками не менее 0,3 мм.
6. Допускается в узких местах занижение контактных площадок до 0,15 мм.
- 7.* Размер для справок.
8. Проводники покрыть сплавом «Розе».
9. Маркировку выполнять травлением шрифтом 2,5 по НО.010.007, в узких местах шрифтом 2.
10. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79.

Рисунок 2 - Пример чертежа печатной платы

3 Задание для самостоятельной работы

1. В работе используются электрическая принципиальная схема и компоновочный эскиз ПП, полученные при выполнении практических работ 1,2.
2. В соответствии с компоновочным эскизом ПП, выполненным в работе 2, обосновать выбор числа слоев ПП.
3. Согласно этапу 4 выбрать материал основания.
4. Согласно этапу 5 выбрать материал конструктивного покрытия.
5. По формулам и таблицам этапа 7 произвести расчет элементов конструкции ПП.
6. Разработать чертеж ПП, используя ГОСТ 2.417.

4 Отчет

Отчет должен содержать: расчет элементов конструкции ПП; чертеж ПП с техническими требованиями, видами и надписями.

5 Контрольные вопросы

1. Назовите характеристики односторонней, двусторонней и многослойной печатных плат.
2. Приведите материалы, используемые при конструировании ПП.
3. Перечислите классы точности рисунка ПП, приведите их характеристики.
4. Приведите методы изготовления ПП.
5. Перечислите основные элементы конструкции ПП.
6. Приведите формулы для расчета элементов проводящего рисунка ПП.
7. Назовите требования к чертежу ПП.
8. Приведите особенности выполнения маркировки ПП.

Библиографический список

1. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ: учеб. пособие / Т.А. Ширабакина, С.Н. Гвоздева, Д.В. Титов; Юго-Зап. гос. ун-т.- Курск, 2019.-200 с.
2. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др.; Под общ. ред. В.А. Шахнова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 568 с.
3. Медведев А.А. Печатные платы. Конструкции и материалы.- М.: Высшая школа, 2005.-228с.