

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  
« 05 » 10 / 2022 г.



**РАЗРАБОТКА ЭСКИЗА ОБЩЕГО ВИДА И ТОПОЛОГИИ  
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 общего вида и топологии печатной платы:**  
методические указания по выполнению лабораторной работы /Юго-Зап. гос.  
ун-т; сост.:Д.В.Титов, Т.А. Ширабакина.- Курск, 2022.- 10с.: ил.4, табл.6.-  
Библиогр.: 10 с.

Содержат исходные сведения для разработки топологии печатной платы и основные этапы ее проектирования. Указывается порядок выполнения лабораторной работы и содержание отчета. Приводятся 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 *9.09.2022*, Формат  
Усл. печ. л. *0,5* Уч.-изд. л. *0,4* Тираж *100* экз. Заказ. *1804*  
Бесплатно.

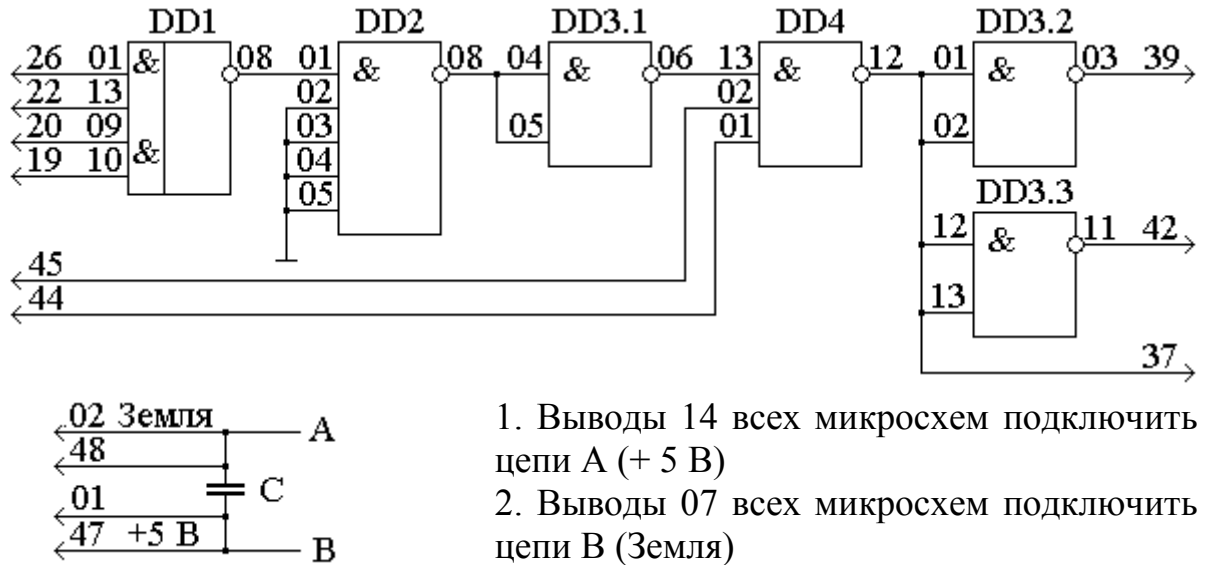
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

### Общие сведения

Топологическое конструирование печатных плат является одним из наиболее трудоемких процессов, выполняемых конструктором при разработке конструкции ЭВС.

Исходными данными для разработки являются:

а) электрическая принципиальная схема (Э3) (рисунок 1);



1. Выводы 14 всех микросхем подключить к цепи А (+ 5 В)
2. Выводы 07 всех микросхем подключить к цепи В (Земля)

Рисунок 1 - Электрическая принципиальная схема

б) перечень элементов (таблица 1).

При ручной разработке приняты следующие этапы конструирования:

- 1) анализ электрической принципиальной схемы;
- 2) расчет габаритных размеров ПП;
- 3) графическая, аппликационная или модельная компоновка узла;
- 4) разработка компоновочного эскиза;
- 5) расчет элементов ПП;
- 6) разработка эскиза ПП.

Таблица 1- Перечень элементов

Позиция обознач.	Наименование	Кол-во	Примечания
	Конденсатор		
C1	КМ-6-М90-0,15 мкф ОЖО.460.061.74	1	

Позиция обознач.	Наименование	Кол-во	Примечания
	Микросхемы		
DD1	155ЛР1	1	
DD2	155ЛА2	1	
DD3	155ЛА3	1	
DD4	155ЛА4	1	

*Этап 1. Анализ электрической принципиальной схемы*

Анализ производится на основе схемы и перечня элементов с использованием справочника и включает:

а) определение назначения и функционирования схемы, например:

Схема электрическая логическая (вариант 1);

б) анализ элементной базы, например:

155ЛР1 – 2 элемента 2И-2ИЛИ-НЕ, один расширенный по ИЛИ;

155ЛА3 – 4 элемента 2И-НЕ и т.д. Условные графические обозначения (УГО) представлены на рисунке 2.

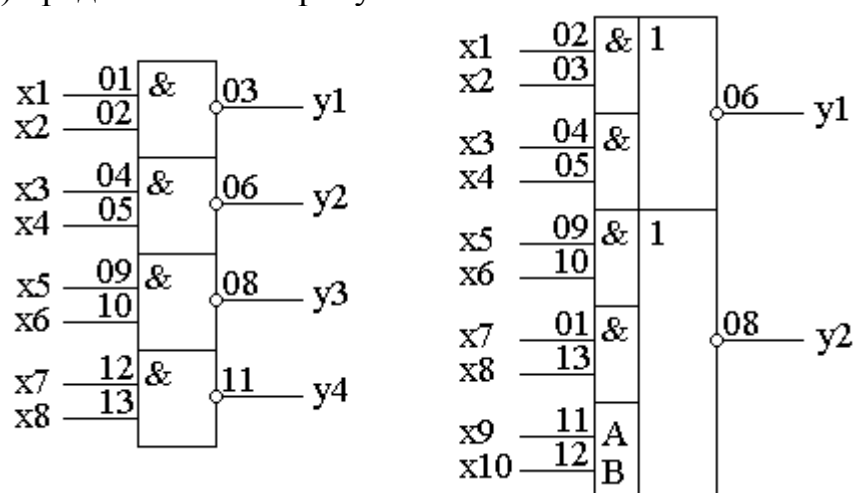


Рисунок 2 - Условные графические обозначения

в) изучение электрических параметров элементов (таблица 2);

Таблица 2 – Электрические параметры элементов

Обозначение параметра	155ЛА2	155ЛА3	155ЛА4	155ЛР1
$P_{\text{пот}}, \text{ мВт}$	26	110	80	73
$U_{\text{ВЫХ}}^1, \text{ В, не менее}$	2,4	2,4	2,4	2,4
$U_{\text{ВЫХ}}^0, \text{ В, не менее}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$I_{\text{ВХ}}^0, \text{ мА, не более}$	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
$I_{\text{ВХ}}^1, \text{ мкА, не более}$	40	40	40	40
$U_{\text{п ст}}, \text{ В}$	0,4	0,4	0,4	0,4
$K_{\text{раз}}$	10	10	10	10

г) выявление установочных и присоединительных размеров элементной базы (рисунок 3);

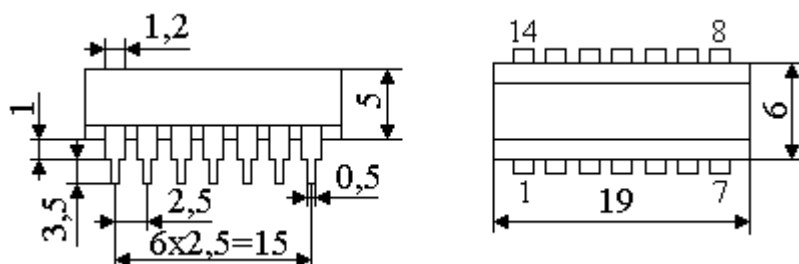


Рисунок 3 - Установочные и присоединительные размеры ИМС

д) выявление критических элементов по тепловому режиму: интервал рабочих температур, °С: от -10 до +70.

### Этап 2. Расчет габаритных размеров ПП

Для расчета габаритных размеров поле ПП делится на два участка: основной – для монтажа микросхем, вспомогательный – для монтажа остальных элементов (рисунок 4).

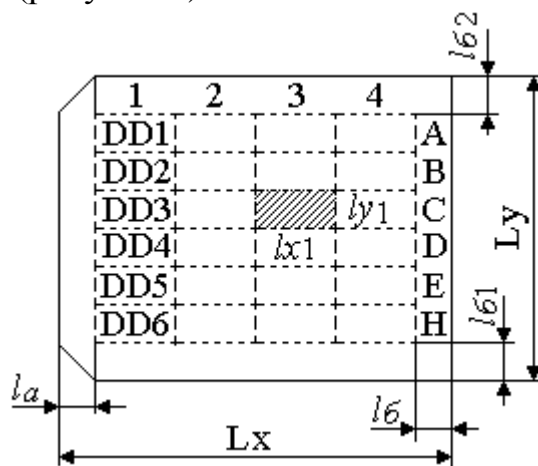


Рисунок 4 - Габаритные размеры ПП

Основной участок делят на зоны, в каждой из которых находится посадочное место под одну микросхему. Размеры посадочного места определяются по таблице 3 в зависимости от типа корпуса интегральной микросхемы (ИМС).

Таблица 3 - Данные для определения размеров посадочного места микросхем

Тип корпуса по ГОСТ 17467-79	Число выводов	Шаг установки ИМС по осям, мм (см. рисунок 4)	
		$l_{x1}$	$l_{y1}$
1203.14-5	14	27,5	22
1206.14-5	14	29	25
1207.14-5	14	29	39
1211.28-5	28	57,5	32,5

2102.14-5	14	27,5	17,5
2130.24-5	24	50	25
2207.48-5	48	70	47,5
3101.8-5	8	12,5	12,5
3103.12-5	12	17,5	17,5
4105.14	14	15	20
4106.16	16	17,5	20
4138.42-5	42	40	37,5

Координаты посадочного места задаются числами и буквами. Вспомогательный участок  $l_a$  предназначен для размещения электрического соединителя. Вспомогательный участок  $l_b$  предназначен для установки на ПП элементов контроля, ручек, съемников и т.п. Размеры этих участков зависят от установочных размеров выборочных элементов электрического монтажа модулей и конструктивных элементов контроля, а также типов корпусов ИМС (см. таблицу 4).

На участках  $l_{b1}$  и  $l_{b2}$  размещаются маркировка и другие вспомогательные надписи. Размеры участков  $l_{b1}$  и  $l_{b2}$  зависят от типа корпуса ИМС, толщины печатной платы и методов установки корпуса. Рекомендуемые значения  $l_{b1}$  и  $l_{b2}$  приведены в таблице 5.

Таблица 4 - Данные для определения установочных размеров электрического соединителя

Тип электрического соединителя (число контактов), тип кабеля	Тип корпуса микросхем или микросборки по ГОСТ				
	1203.14-5	1211.28-5	2102.14-5	3101.8-5 3103.10-5	4105.14-5
	1206.14-5		2130.24-5	5	4106.16-5
	1207.14-5		2207.48-8		4138.45-2
$l_a$					
ГРППЗ (14, 36, 46, 58)	17,5	20	17,5	15	17,5
ГРППЗ (24)	15	17,5	15	12,5	15
ГРПМ1-ШУ (31, 45, 61, 90)	22,5	25	22,5	20	22,5
ГРПМ1-ШУ (122)	27,5	30	27,5	25	25
ГРПМ1-ГУ	25	27,5	25	22,5	25
ГРПМ9-У	20	22,2	20	17,5	20
ГРПМ9-Н	17,5	20	17,5	15	17
ГРППА15	17,5	20	17,5	15	17
ГРППМ7-90	30	32,5	30	27,5	30
ГРППМ8-48	30	32,5	30	27,5	30
РППМ17-48	17,5	20	17,5	15	17,5
РПП8 (8, 16)	15	17,5	15	12,5	12,5
РППМ8 (9, 15, 31)	15	17,5	15	12,5	15

РППМ (40)	20	22,5	20	17,5	20
РППММ2 (142)	12,5	15	12,5	12,5	12,5
СНПЗ4 (135)	15	17,5	15	12,5	15
ГПК с металлическими отверстиями	25	27,5	25	22,5	25
ГПК с контактами-лепестками, кабель тканый и опрессованный	25	27,5	25	25	25
Жгут объемный	35	37,5	35	35	35
$l_6$					
Контактная колодка с запайкой штырей в металлизированные отверстия	12,5	15	12,5	12,5	12,5
Колодка с использованием контактных площадок	12,5	15	12,5	12,5	12,5
Одиночные пистоны и контакты	10	12,5	10	10	10

Таблица 5 – Размеры участков  $l_{61}$  и  $l_{62}$

Тип корпуса микросхем и микросборок	Толщина печатной платы	
	до 1,0 мм	до 2,0мм
	$l_{61}$	$l_{62}$
1203.14-5	5	5
1206.14-5, 1207.14-5	7,5	7,5
1211.28-5, 2101.14-5, 213024-5	2,5	5
2207.48-5	5	5
3101.8-5	2,5	5
3103.12-5, 4105.14-5	2,5	5
4106.14-5	5	5
4106.16-2	2	5
4138.42	2,5	5

Таким образом, габаритный размер ПП определяется как

$$L_x = (l_{x1}n_x) + l_a + l_6; \quad (1)$$

$$L_y = (l_{y1}n_y) + l_a + l_6, \quad (2)$$

где  $l_{y1}$  и  $l_{x1}$  - шаг установки ИМС по осям, мм;  $n_y$ ,  $n_x$  – количество посадочных мест по осям.

Количество возможных размеров  $l_y$  и  $l_x$  и их сочетаний велико, до 100 мм можно применять любые размеры, кратные 2,5 мм; до 350 мм – кратные 5 мм; свыше 350 мм – кратные 10 мм. Соотношение сторон должно быть 1:1, 1:2, 1:4, 2:3, 2:5 и т.д.

Размеры плат и их толщина связаны так, как представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Соотношение сторон

Толщина, мм	0,8	1,0	1,5	2,5	2,5	3,0
Размеры сторон, мм	80	100	150	200	300	400

*Этап 3. Графическая, аппликационная или модельная компоновка узла*

При разработке эскиза аппликационным методом на листе миллиметровой бумаги в масштабе 1:1, 2:1 или 4:1 обводят контуры ПП, тонкими линиями наносят координатную сетку. Шаг основной координатной сетки равен 2,5 мм, дополнительной – 1,25 мм. Линии координатной сетки нумеруют. Из плотной бумаги или картона изготавливают элементы согласно перечню элементов к заданной принципиальной электрической схеме в том же масштабе, что и контуры платы. При изготовлении аппликации необходимо пользоваться стандартами или ТУ на элементы «Установка навесных элементов на ПП».

При размещении элементов на ПП необходимо пользоваться следующими правилами:

- количество элементов должно быть меньше или равно количеству посадочных мест на плате:

$$N \leq M, \quad (3)$$

где  $N$  – количество элементов;  $M$  – количество посадочных мест;

- размещение элементов выполняется по критерию минимальной суммарной длины связей:

$$\min \sum_{i=1}^J l_i, \quad (4)$$

где  $J$  – количество связей проводников;

- должна быть соблюдена равномерность теплового поля по площади платы:

$$\text{const } T_{пл} / S, \quad (5)$$

где  $T_{пл}$  – тепловое поле платы;  $S$  – площадь платы.

Вырезанные контуры элементов размещают на поле ПП в соответствующие посадочные места. При этом группа элементов, имеющая наибольшее число внешних связей (в соответствии с электрической принципиальной схемой), размещается вблизи соединителя (разъема); группа элементов, имеющая наибольшее число связей с уже размещенной группой элементов, располагается рядом и т.д.

Размещение элементов выполняется при минимальных значениях длин связей, количества переходов печатных проводников со слоя на слой, паразитных связей. Кроме того, если возможно, необходимо выполнить равномерное распределение масс элементов по полю ПП с установкой элементов с большей массой вблизи мест крепления платы.



#### *Этап 4. Разработка компоновочного эскиза*

После удачного размещения элементов на основном поле ПП выполняют трассировку (разводку) проводников в соответствии с принципиальной электрической схемой и обводят контуры элементов. В двусторонней плате проводники, расположенные на стороне пайки, обозначаются другим цветом или пунктиром.

При трассировке рекомендуется изображать все горизонтально расположенные фрагменты цепей на одной стороне платы, а вертикально расположенные – на другой. Проводники «земли» и «питания» должны находиться на разных сторонах ПП.

Полученный документ называется эскизом ПП. Компоновочный эскиз служит основой для разработки чертежа ПП и сборочного чертежа узла. На основании эскиза ПП можно выполнить расчеты элементов печатного монтажа, теплового режима, паразитной емкости, надежности.

#### ***Задание для самостоятельной работы***

1. Выполнить анализ схемы согласно этапу 1 раздела «Общие сведения».

2. Рассчитать габаритные размеры ПП, пользуясь таблицами 1 – 4 и формулами (1) и (2).

3. Начертить на миллиметровой бумаге контуры ПП в масштабе 2:1, нанести координатную сетку с шагом 2,5 мм, пронумеровать линии координатной сетки.

4. Начертить контуры элементов схемы в масштабе 2:1 в соответствии со справочными данными.

5. Расположить элементы на поле чертежа в соответствии с электрической принципиальной схемой согласно этапу 3. При этом следует стремиться к тому, чтобы печатные проводники были как можно короче, а количество переходных отверстий минимально.

6. Плату выполнить односторонней или двусторонней.

7. После удачного расположения элементов на основном поле выполнить эскиз ПП согласно этапу 4.

Примечание. Варианты заданий, содержащих электрические принципиальные схемы, перечень элементов, сведения об условиях работы, выдаются преподавателем.

#### ***Отчет о проделанной работе***

Отчет должен содержать: анализ схемы; расчет габаритных размеров ПП; эскиз ПП.

### ***Контрольные вопросы***

1. Какие исходные данные используются при конструировании ПП при ручной разработке?
2. Каков порядок конструирования ПП?
3. В чем заключается анализ электрической принципиальной схемы?
4. Как рассчитываются габаритные размеры ПП?
5. Каковы критерии оптимального размещения элементов на ПП?
6. Как производится размещение элементов на плате методом аппликации?
7. Что такое эскиз общего вида, для чего он служит?

### **Библиографический список**

1. 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.
2. Медведев А.А. Печатные платы. Конструкции и материалы.- М.: Высшая школа, 2005.-228с.
3. 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.