



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
що до виконання
контрольної роботи з дисципліни

«ІНЖЕНЕРНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

для студентів спеціальності 122

заочної форми навчання

Дніпро НМетАУ - 2019

Методичні вказівки що до виконання контрольної роботи з дисциплін «Інженерні основи комп'ютерних технологій» для студентів заочної форми навчання з спеціальності

122 Комп'ютерні науки. / Упоряд.: Г.Ю. Станчиц, Гуда А.І. – Дніпро: НМетАУ, 2019.

Укладачі: Г.Ю. Станчиц, А. Г. Станчиц

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних
технологій і систем, протокол № 9 від 06.03.19

Содержание

Общие указания.....	4
---------------------	---

Введение.....	5
1. Оформление чертежа на компьютере.....	9
2. Выполнение схемы электрической принципиальной на компьютере....	14
3. Выполнение сборочного чертежа электронного узла на компьютере....	34
4. Выполнение чертежа печатной платы на компьютере.....	38
5. Конструкторские расчеты электронного устройства.....	45
- расчет экранирования печатного узла	
- расчет надежности печатного узла	
- расчет технологичности печатного узла	
- расчет параметров печатной платы	
- расчет защиты печатного узла от механических воздействий	
- расчет теплового режима печатного узла	
Список литературы.....	72

Общие указания

Получить у преподавателя индивидуальное задание в виде схемы электрической принципиальной электронного устройства. Выполнить по действующим стандартам комплект конструкторской документации (схема электрическая принципиальная, перечень элементов, сборочный чертеж, спецификацию и чертеж печатной платы) данного устройства в любом пакете программ (например - Proteus).

Выполнить конструкторские расчеты: расчет параметров печатной платы; расчет надежности печатного узла; расчет технологичности печатного узла. Другие виды расчетов выполнить при необходимости (в зависимости от индивидуального задания).

Введение

Proteus - профессиональная программа-симулятор электронных и микроконтроллерных устройств. Proteus совместима в огромным

количеством цифровых и аналоговых моделей устройств. Профессиональный Proteus поддерживает такие типы микроконтроллеров: PIC ARM7/LPC2000, AVR, 8051, HC11 и многие другие популярные процессоры. Также Proteus работает с ассемблерами и компиляторами. Профессиональный Proteus способен полноценно заменить монтажную плату и поможет спроектировать автоматические трассировки PCB, а также прописать электрические схемы. Кроме этого программа Proteus способна качественно эмулировать собранную аналоговую или цифровую схему. PROTEUS содержит огромную библиотеку электронных компонентов. Отсутствующие модели можно создать.

Proteus состоит из двух основных модулей: ISIS - графический редактор принципиальных схем служит для ввода разработанных проектов с последующей имитацией и передачей для разработки печатных плат в ARES. К тому же после отладки устройства можно сразу развести печатную плату в ARES которая поддерживает авто размещение и трассировку по уже существующей схеме.

ARES - графический редактор печатных плат со встроенным менеджером библиотек и автотрассировщиком ELECTRA, автоматической расстановкой компонентов на печатной плате. PROTEUS имеет уникальные возможности! USBCONN - этот инструмент позволяет подключиться к реальному USB порту компьютера. COMPIM - этот компонент позволяет вашему виртуальному устройству подключиться к РЕАЛЬНОМУ COM-порту вашего ПК.

Основные этапы работы с комплексом

В прикладной программе ISIS:

1. Установить необходимый размер рамки чертежа (в соответствии со стандартом).
2. Создать схему электрическую принципиальную(ЭЗ)
3. Нанести позиционные обозначение элементов.
4. Подготовить схему для выполнения автоматической трассировки печатной платы.

5. Создать перечень элементов для отправки в прикладную программу ARES.

В прикладной программе ARES:

1. Разместить корпуса элементов на рабочем поле печатной платы.
2. Выполнить автоматическую трассировку печатной платы.
3. В графическом режиме указать габаритные и установочные размеры печатной платы.
4. Вывести полученные графические изображения (сборочный чертеж и печатную плату)
5. Оформить полученные результаты по ЕСКД.

Общий вид основного окна программы (версия 4.73) и виды панелей выполнения графических объектов приведены на рисунках 1-8.

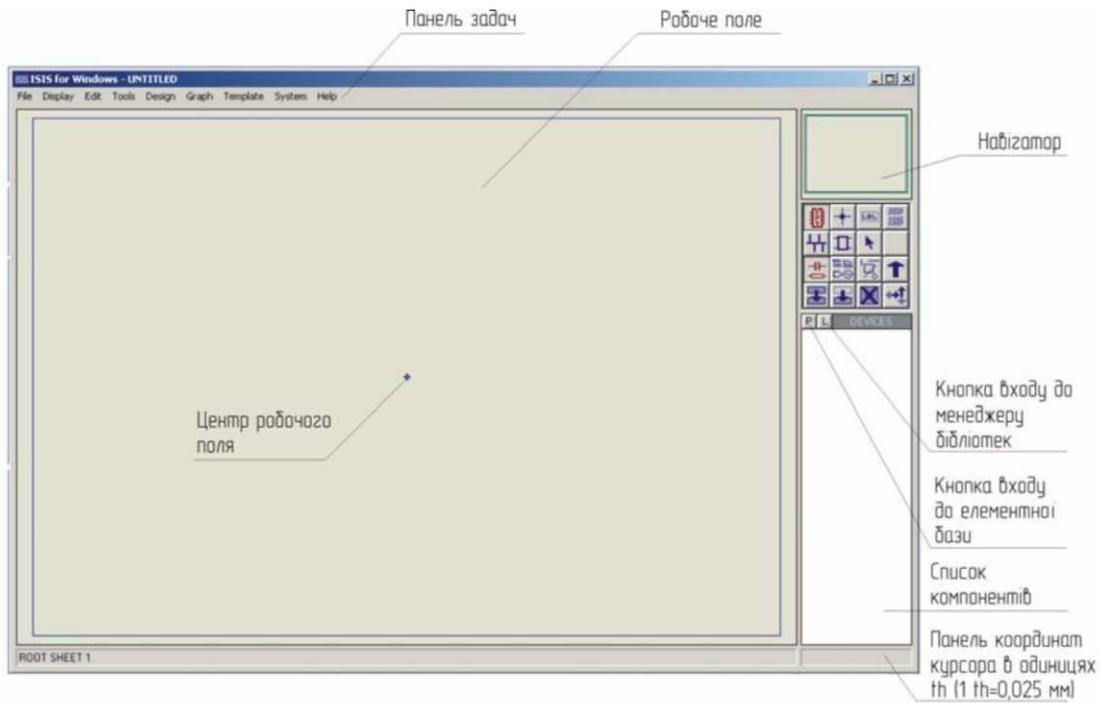


Рисунок 1 – Робоче вікно програми (Main Mode)

Вид панелі командних кнопок в різних режимах

Кнопка вклячення режиму (Main Mode)

Кнопка вклячення режиму (Gadgets Mode)

Кнопка вклячення режиму (2D Graphics Mode)



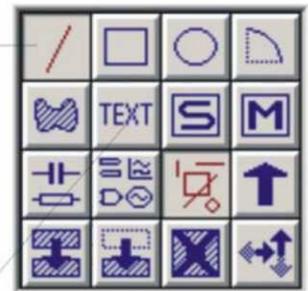
Кнопка обертання елемента проти часової стрілки

Кнопка дзеркального відображення

Кнопка видалення вузлів, блоків, елементів

Кнопка переміщення вузлів, блоків, елементів

Строка кнопок з простими графічними об'єктами



Кнопка (Text) для набору текстових полів

Рисунок 3 – Вид панелі в режимі (2D Graphics Mode)

Кнопка (Terminal)

Кнопка (Device pin) видір типу выводів для елементів



Рисунок 2 – Вид панелі в режимі (Main Mode)

Рисунок 4 – Вид панелі в режимі (Gadgets Mode)

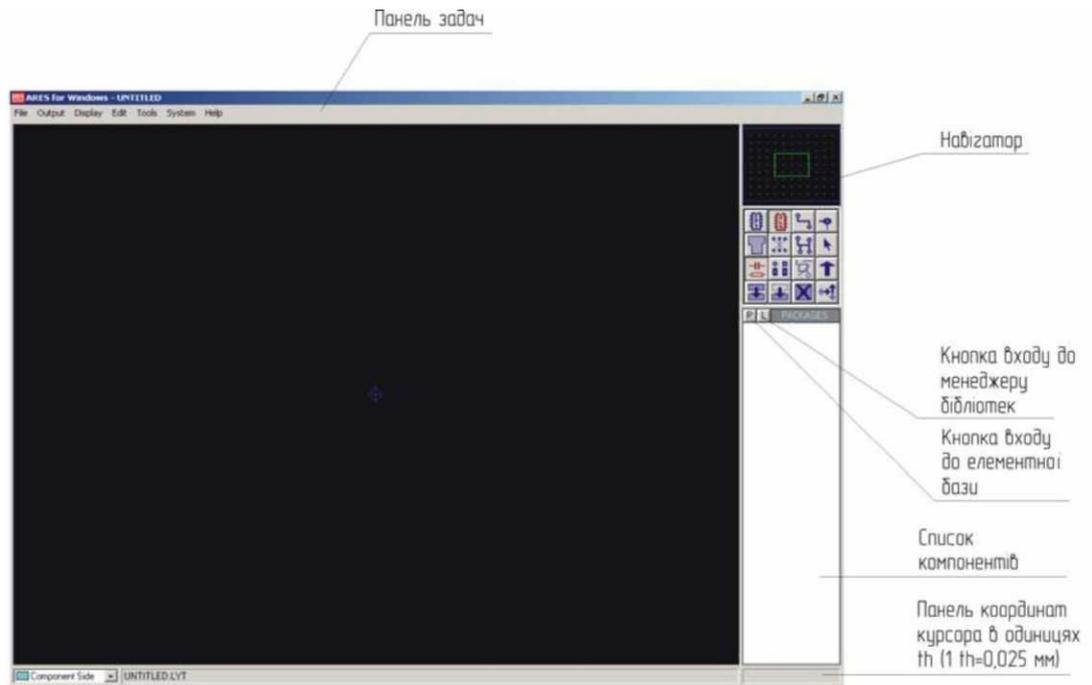


Рисунок 5 – Робоче вікно програми (Place/Route Mode)

Вид панелі командних кнопок в різних режимах

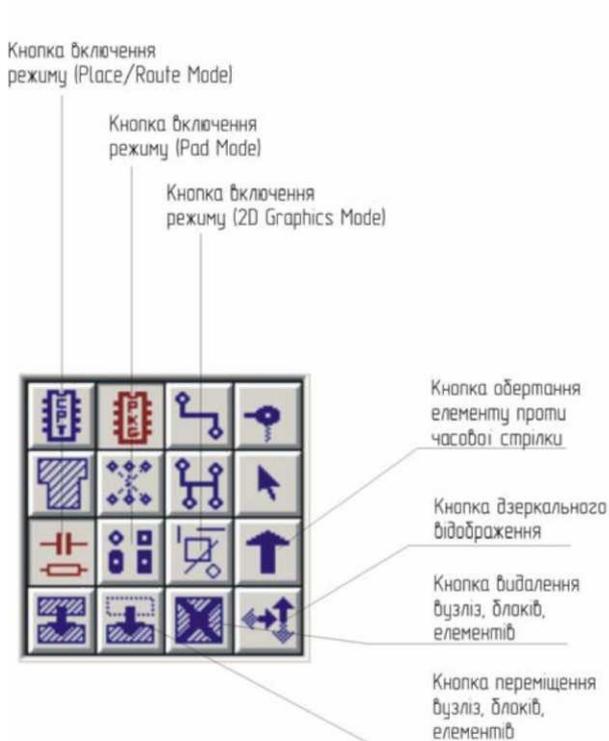


Рисунок 6 – Вид панелі в режимі (Place/Route Mode)

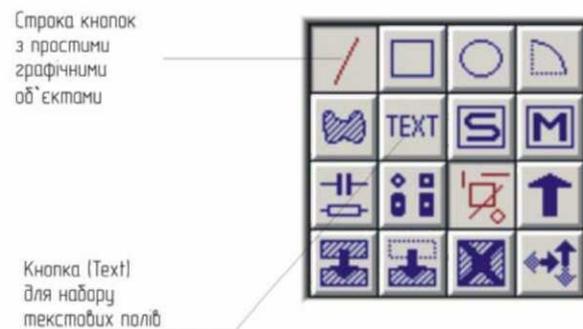


Рисунок 7 – Вид панелі в режимі (2D Graphics Mode)

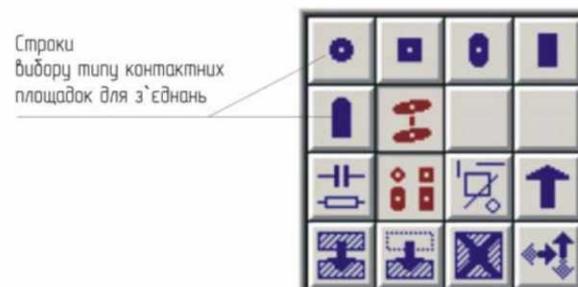


Рисунок 8 – Вид панелі в режимі (Pad Mode)

1 Оформление чертежа на компьютере

ЭТАП 1. На первом этапе работы с прикладной программой (ПП) ISIS необходимо научиться работать с элементами режима 2D Graphics Mode и правильно задать формат листа чертежа..

Чаще всего, в соответствии с ЕСКД, используют:

- Формат А4 - 210 мм x 297 мм
- Формат А3 - 297 мм x 420 мм
- Формат А2 - 420 мм x 594 мм
- Формат А1 - 594 мм x 841 мм
- Формат А0 - 841 мм x 1189 мм

Все эти форматы можно задать в ПП ISIS для чего необходимо выбрать соответствующий пункт панели задач System, после из раскрытого списка выбрать Set Sheet Sizes... (рисунок 9), а за тем выбрать необходимый формат чертежа в диалоговом окне Sheet Size Configuration и нажать ОК (рисунок 10, 11).

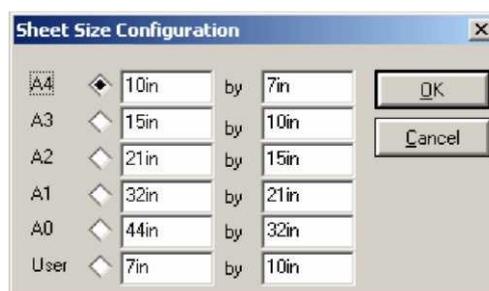
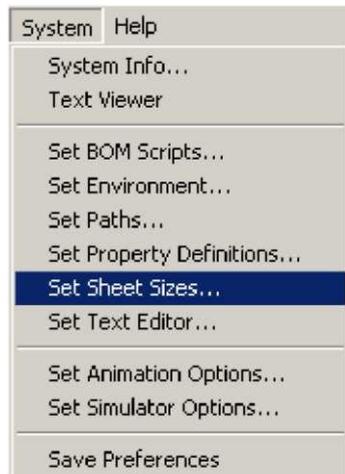


Рисунок 10

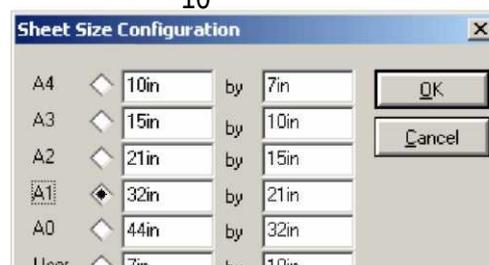


Рисунок 9 – Выбор формата чертежа

После выбора формата чертежа не обходимо оформить лист в соответствии с ЕСКД (те выполнить рамку и основную надпись. Після Ъстановлення необхідного розміру аркушу можна розпочинати створювати рамку згідно ЕСКД. Для этого необходимо переключиться в режим 2D

Graphics Mode (рисунок 2). Для выполнения рамки понадобятся элементы(кнопки):



Кнопка Line (линия)



Кнопка Text (текст)

а также кнопка Box (прямоугольник/квадрат).

При нажатии кнопки Line появится список доступных видов линий (рисунок 12). Из этого списка, для выполнения рамки чертежа надо выбрать линию 2D GRAPHIC.

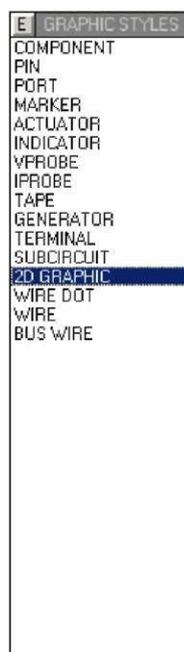


Рисунок 12

Для правильного выполнения рамки необходимо знать шаг сетки и способы его задания. В пункте Display доступны следующие градации сетки в расчете $\text{Snap 1 th} = 0,025 \text{ мм}$ (рисунок 13).

Перевод в метрическую систему:

Snap 10 th = 0,250 мм Snap 50 th = 1,25 мм (или кнопка F2) Snap 100 th = 2,5 мм (или кнопка F3) Snap 400 th = 10 мм (или кнопка F4)

Рисунок 13

Display	Edit	Tools	D
Redraw		R	
Grid		G	
X Cursor		X	
Snap 10th			
Snap 50th		F2	
✓ Snap 100th		F3	
Snap 500th		F4	

Нужный масштаб можно выбрать из меню Display - Zoom

Display	Edit	Tools	D
Redraw		R	
Grid		G	
y, Cursor		X	
Snap 10th			
Snap 50th		F2	
✓ Snap 100th		F3	
Snap 500th		F4	
Zoom 200%		F5	
✓ Zoom 100%		F6	
Zoom 80%		F7	
Zoom 60%		F8	
Zoom 40%		F9	
Zoom 20%		F10	
Zoom 10%		F11	
Zoom All		F12	

Рисунок 14

На пример – необходимо создать рамку для чертежа формата A1. После выбора формата A1, необходимо нажать кнопку Box (прямоугольник/квадрат), выбрать тип линии 2D GRAPHIC. После этого рисуем синюю рамку (граница листа) начиная из левого верхнего угла, как показано на рисунке 15.

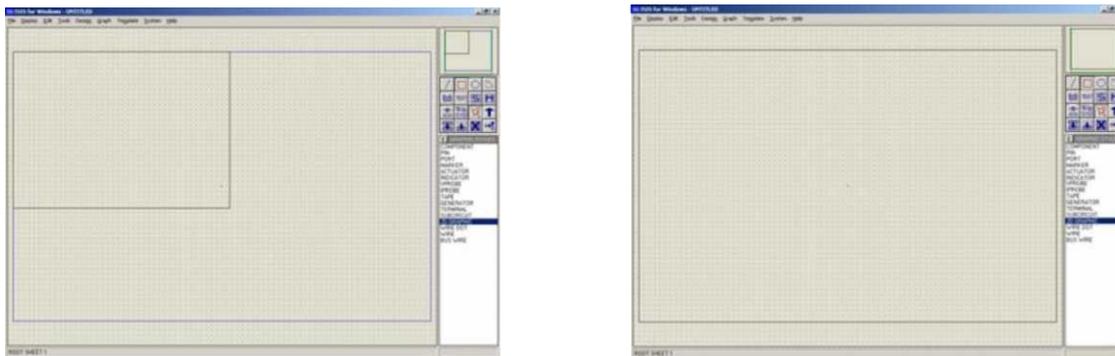


Рисунок 15

Далее надо увеличить масштаб левого верхнего угла, нажать F3 (установка градации сетки 2,5 мм), отступить от левого края 8 клеток, а сверху -

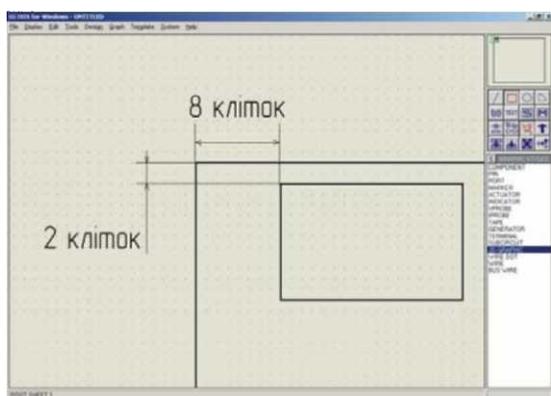


Рисунок 16

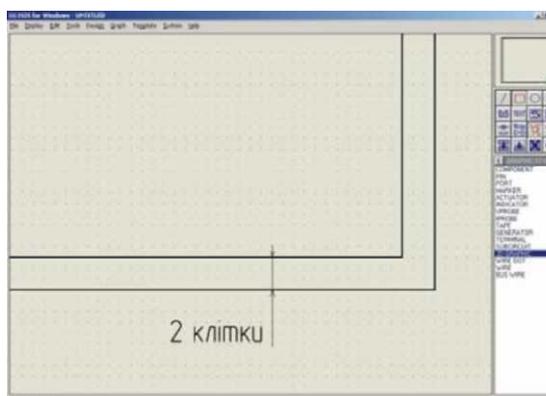


Рисунок 17

2 клеток. Из этой точки нарисовать прямоугольник, который оканчивается в противоположном углу с отступом 2 клетки (Рисунок 16, 17).

В результате – сформировано изображение (Рисунок 18).

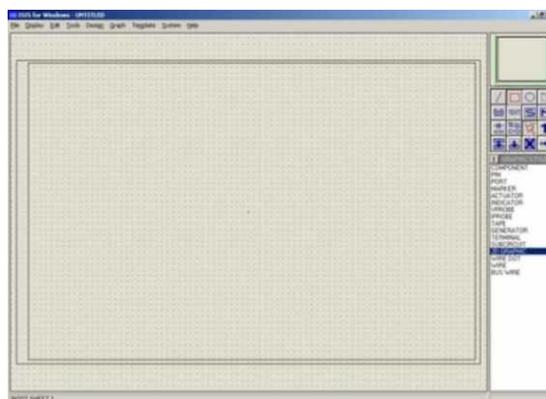


Рисунок 18

За тем нужно увеличить верхний левый угол и начертить верхний штамп размером 70x14 (рисунок 19)

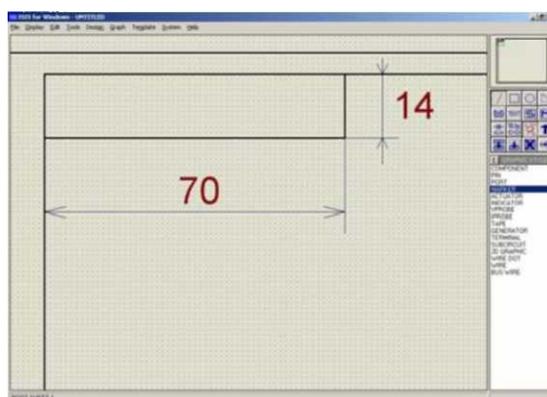


Рисунок 19

После этого необходимо начертить основную надпись в правом нижнем углу по форме 1 (рисунок 20)

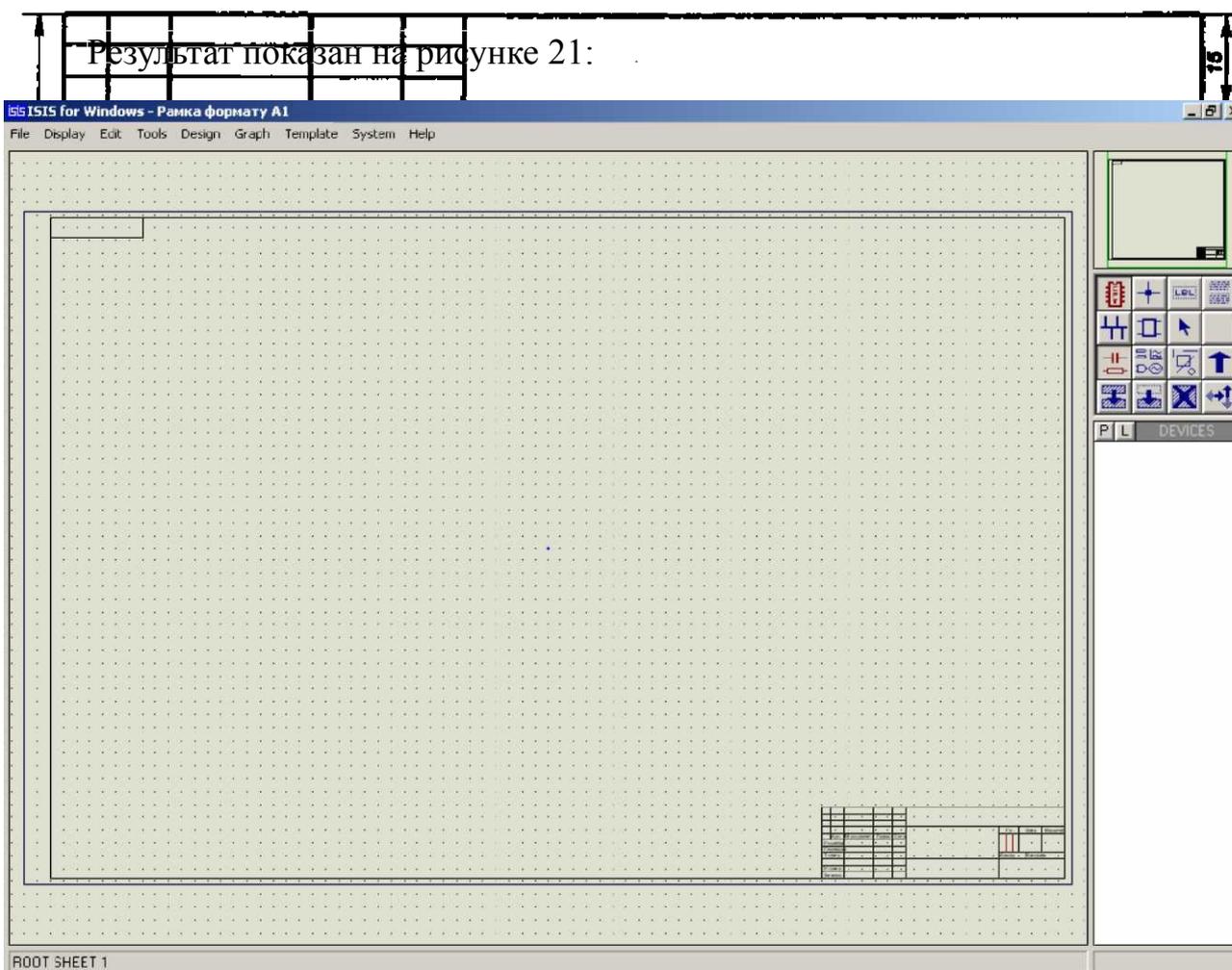


Рисунок
21

2 Выполнение схемы электрической принципиальной на компьютере.

ЭТАП 2. Этот этап начинается с получения индивидуального задания. – схемы электрической принципиальной (ЭЗ) электронного устройства. Схемы в литературе чаще всего не соответствуют ЕСКД., что необходимо учитывать при выполнении задания. На рисунке 22 в качестве примера приведена простейшая схема (ЭЗ)

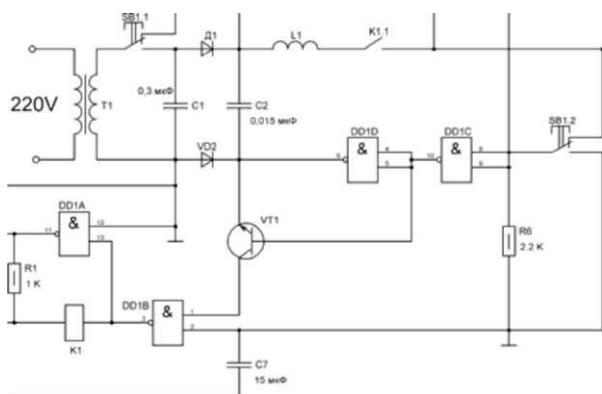


Рисунок 22

Отклонения от ЕСКД на схеме показаны на рисунке 23

Устаревшие
обозначения
элементов

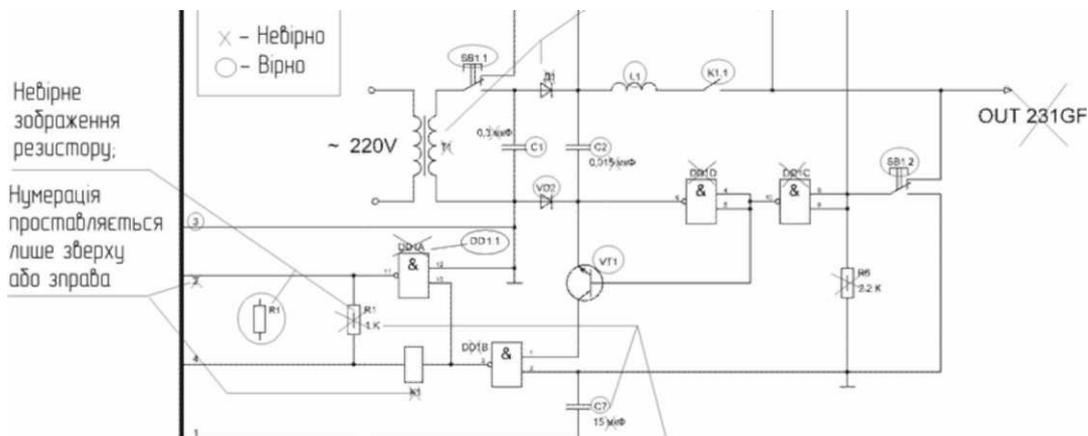


Рисунок 23

Возможны и другие отклонения от стандартов ЕСКД. При выполнении схем необходимо пользоваться стандартами ГОСТ 2.7XX-XX. Это правила выполнения схем и условные графические обозначения элементов. Можно (в виде исключения) также воспользоваться соответствующей литературой. На пример –«Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры» справочник под редакцией Э.Т.Романычевой и др., М., Радио и Связь 1989. и др.

Таблица 1. Буквенные коды наиболее распространенных элементов электрических схем

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
А	Устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукозаписывающие аппараты, сельсины
С	Конденсаторы	-
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные аналоговые цифровые, логические элементы, устройства памяти, устройства задержки
Е	Элементы разные	Осветительные устройства, нагревательные элементы
Ф	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретные элементы защиты потока и напряжению, плавкие предохранители, разрядники
Г	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические источники
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, реле электротепловые, реле времени, контакторы, магнитные пускатели
Л	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения

M	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
P	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Разъединители, короткозамыкатели, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
U	Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи	Модуляторы, демодуляторы, дискриминаторы, инверторы, преобразователи частоты, выпрямители
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилитроны
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
X	Соединения контактные	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Линии моделирования, кварцевые фильтры

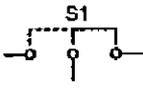
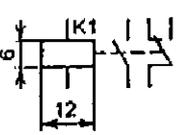
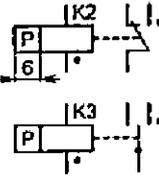
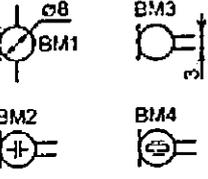
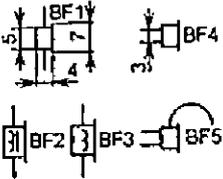
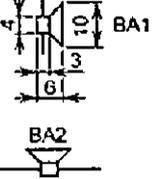
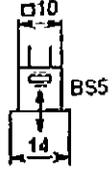
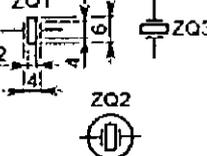
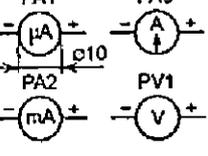
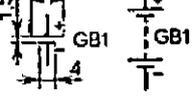
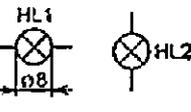
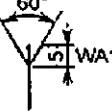
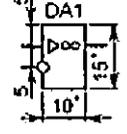
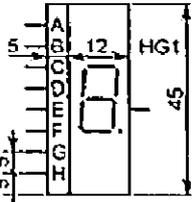
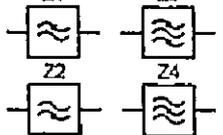
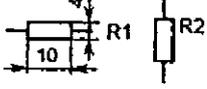
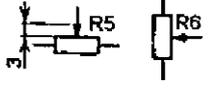
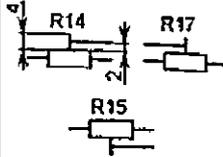
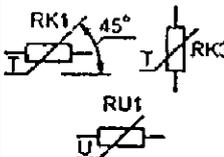
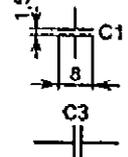
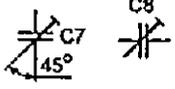
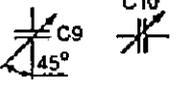
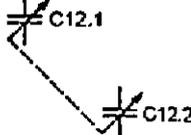
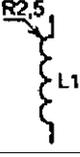
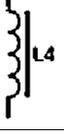
Таблица 2. Примеры двухбуквенных кодов элементов электрических схем

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
A	Устройство (общее обозначение)		
B	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель	BA
		Магнитострикционный элемент	BB
		Детектор ионизирующих элементов	BD
		Сельсин - приемник	BE
		Телефон (капсуль)	BF
		Сельсин - датчик	BC
		Тепловой датчик	BK

		Фотоэлемент	BL
		Микрофон	BM
		Датчик давления	BP
		Пьезоэлемент	BQ
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	BR
		Звукосниматель	BS
		Датчик скорости	BV
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	DA
		Схема интегральная, цифровая, логический элемент	DD
		Устройство хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
		Пиропатрон	ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Элементы индикаторные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	KA
		Реле указательное	KH
		Реле электротепловое	KK
		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели	-	-
P	Приборы, измерительное оборудование Примечание. Сочетание PE применять не допускается	Амперметр	PA
		Счётчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счётчик активной энергии	PI
		Счётчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR

		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени действия	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных. Примечание. Обозначение SF применяют для аппаратов не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	SL
		– от уровня	
		– от давления	SP
		– от положения (путевой)	SQ
		– от частоты вращения	SR
		– от температуры	SK
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Электромагнитный стабилизатор	TS
		Трансформатор напряжения	TV
U	Устройства связи. Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		Дискриминатор	UI
		Преобразователь частоты, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Линии и элементы СВЧ Антенны	Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK
		Вентиль	WS
		Трансформатор, неоднородность, фазовращатель	WT
		Аттенюатор	WU
		Антенна	WA
X	Соединения контактные	Токосъёмник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP

		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB
		Муфта с электромагнитным приводом	YC
		Электромагнитный патрон или плита	YH
Z	Устройства оконечные Фильтры. Ограничители	Ограничитель	ZL
		Фильтр кварцевый	ZQ

<p>Перемичка контактна</p> 	<p>Реле електронізне</p> 	<p>Реле поляризоване</p> 	<p>Мікрофон</p> 	<p>Телефон</p> 
<p>Динамік</p> 	<p>Гідрофон</p> 	<p>Резонатор кварцевий, п'єзокерамічний</p> 	<p>Вимірвальні прилади</p> 	<p>Елемент гальванічний, акумуляторний, батарея</p> 
<p>Лампи</p> 	<p>Антенa</p> 	<p>Мікросхема</p>  <p>* крокня 5 мм</p>	<p>Індикатор цифровий</p> 	<p>ФНЧ (Z1), ФВЧ (Z2), полосовий (Z3), режекторний (Z4)</p> 
<p>Резистор постійний</p> 	<p>Резистор змінний</p> 	<p>Резистор підстроєчний</p> 	<p>Терморезистори (RK1,3), варистор (RU1)</p> 	<p>Конденсатор постійної ємності</p> 
<p>Конденсатор підстроєчний</p> 	<p>Конденсатор змінної ємності</p> 	<p>Завоєний блок</p> 	<p>Катушка індуктивності</p> 	<p>Дросель</p> 

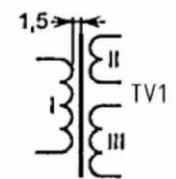
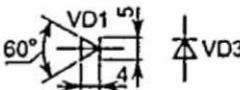
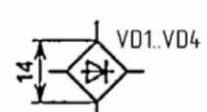
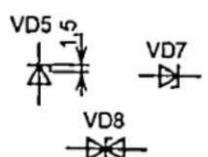
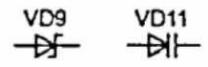
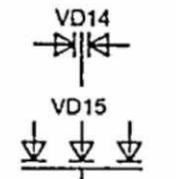
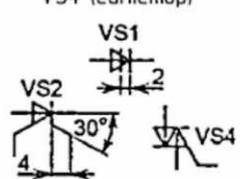
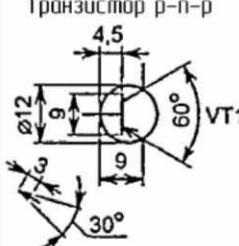
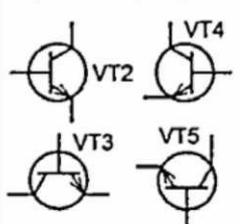
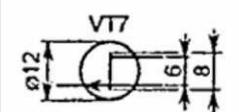
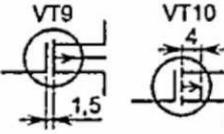
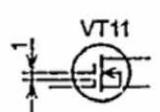
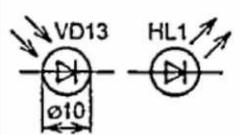
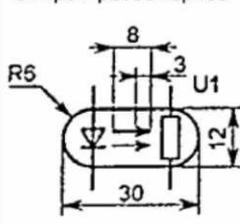
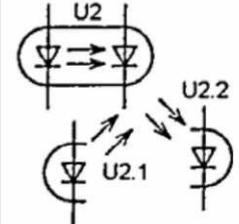
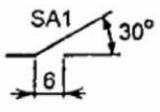
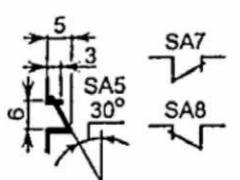
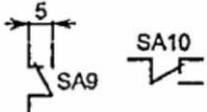
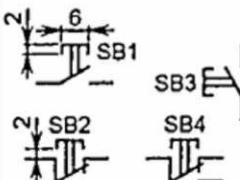
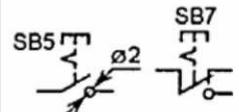
<p>Трансформатор</p> 	<p>Діод</p> 	<p>Діодний міст</p> 	<p>Стабілітрон VD8 (двоханодний)</p> 	<p>VD9 (діод Шоткі), VD11 (варіакон)</p> 
<p>Варіаконна матриця</p> 	<p>VS1 (диністор), VS2 (тиристор), VS4 (симістор)</p> 	<p>Транзистор р-п-р</p> 	<p>Транзистор п-р-п</p> 	<p>Транзистор польовий з р-каналом</p> 
<p>Транзистор польовий з ізолюваним затвором і р-каналом</p> 	<p>Транзистор польовий з двома ізолюваними затворами і п-каналом</p> 	<p>VD13 (фотодіод), HL1 (світлодіод)</p> 	<p>Оптрон резисторний</p> 	<p>Оптрон діодний</p> 
<p>Контакт замикаючий</p> 	<p>Контакт розмикаючий</p> 	<p>Контакт перемикаючий</p> 	<p>Перемикач кнопочний</p> 	<p>Перемикач кнопочний з поверненням до ісходного стану</p> 

Рисунок 24 – Основные условные графические обозначения на схемах

Для выполнения схемы ЭЗ необходимо открыть файл, созданный на первом этапе (рисунок 21).

С помощью кнопки «Р» заходим в элементную базу. За тем открыть окно Pick Devices., которое разделяется на несколько секций (рисунок 25).

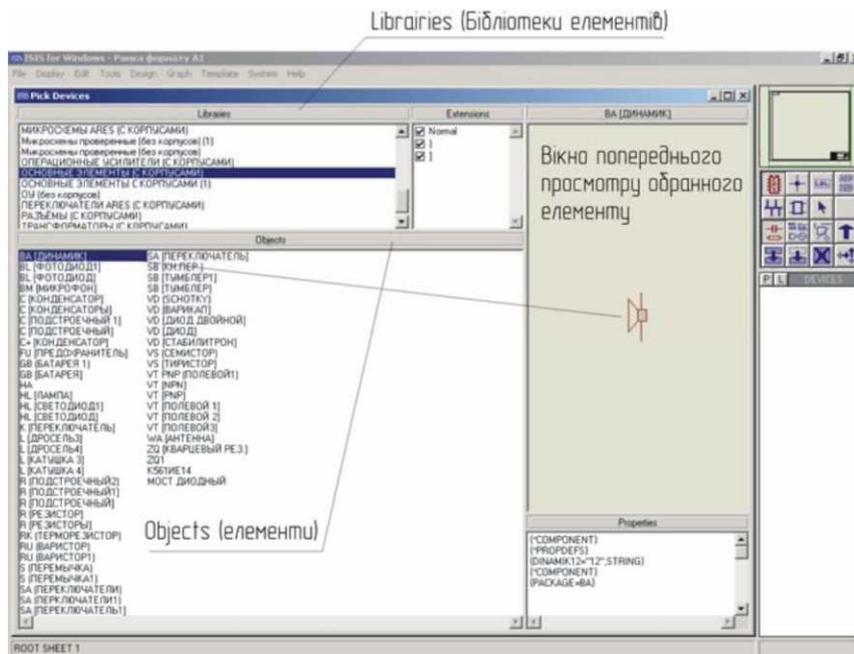


Рисунок 25 - Окно "Pick Devices"

Как правило, большинство необходимых элементов находятся в библиотеке с названием "ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (С КОРПУСАМИ)". После выбора библиотеки в секции окна "Objects" появятся все элементы, размещенные в ней. С правой стороны-окно предварительного просмотра выбранного элемента..

Теперь необходимо найти в библиотеке все элементы, которые есть на схеме. Элемент из библиотеки добавляется в список элементов двойным кликом левой кнопки мышки (Рисунок 26).

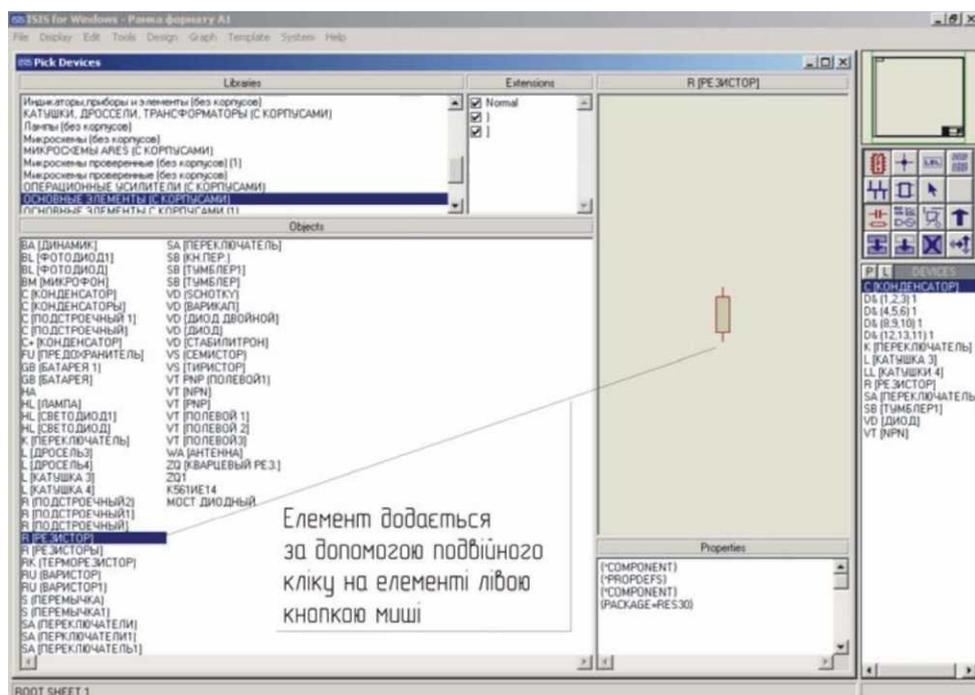


Рисунок 26 - Добавление элементов в список

Для правильного размещения элементов на любом формате необходимо сделать специальную разметку (с помощью компонента Line (линия) в 2D Graphics Mode), как показано на рисунках 27,28 - 4 одинаковых прямоугольника.. Это делается для более равномерного использования поля чертежа.(приблизительно – 70%)

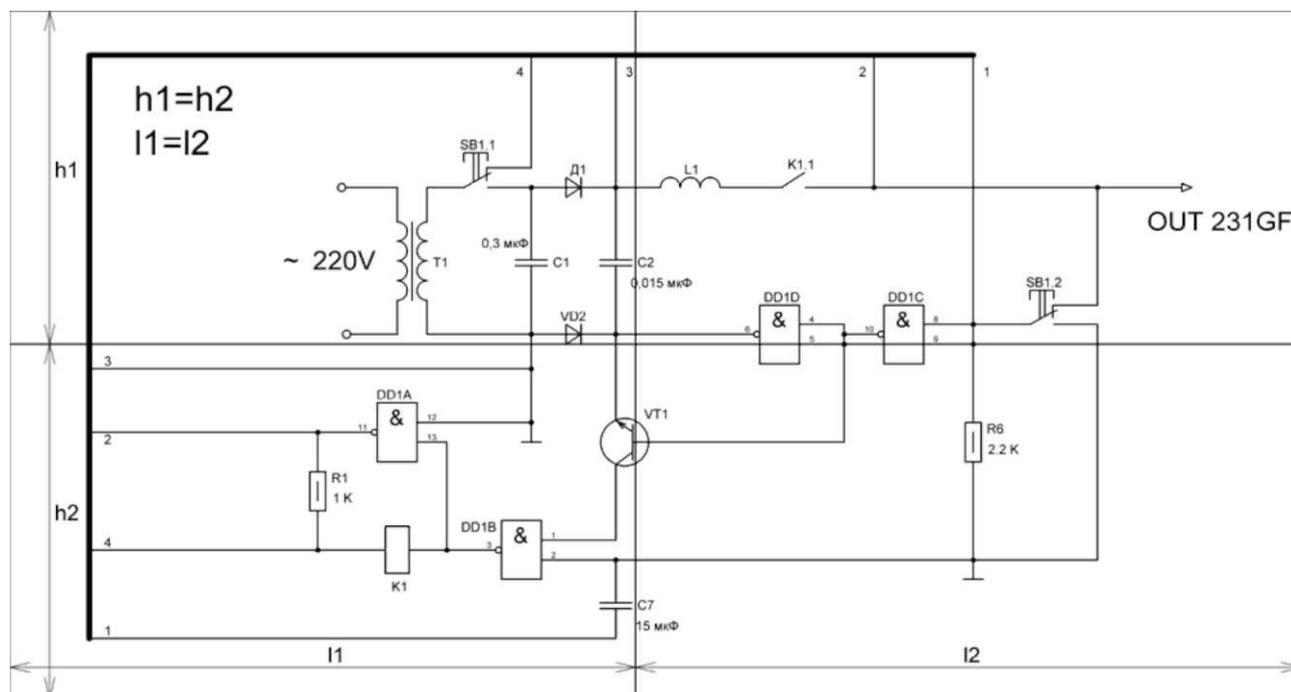
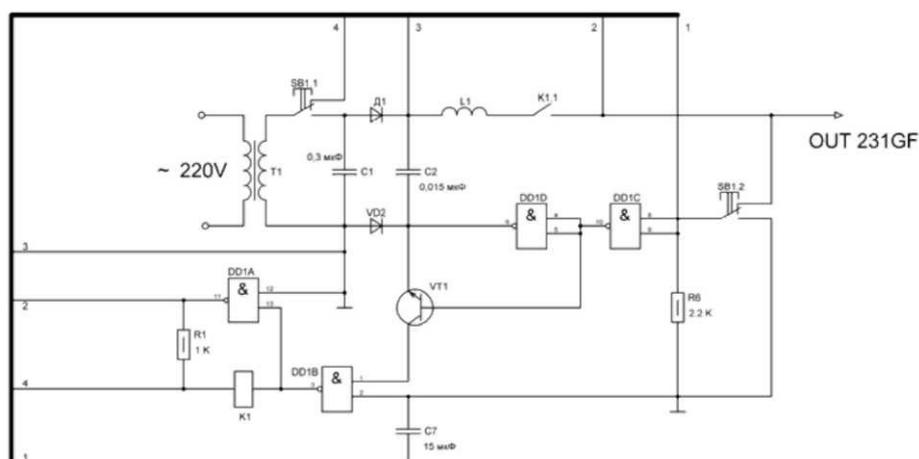


Рисунок 27 - Специальная разметка схемы



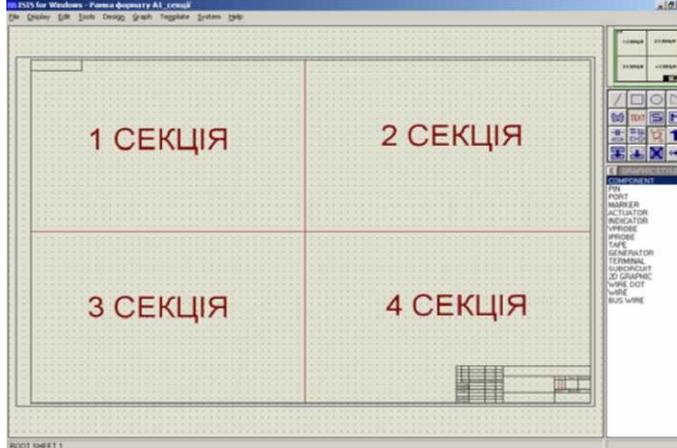


Рисунок 28 - Спеціальна розмітка аркушу з рамкою

Начинать чертить схему лучше из верхнего левого угла. Основные особенности создания схемы и размещения элементов показаны на рисунке 29.

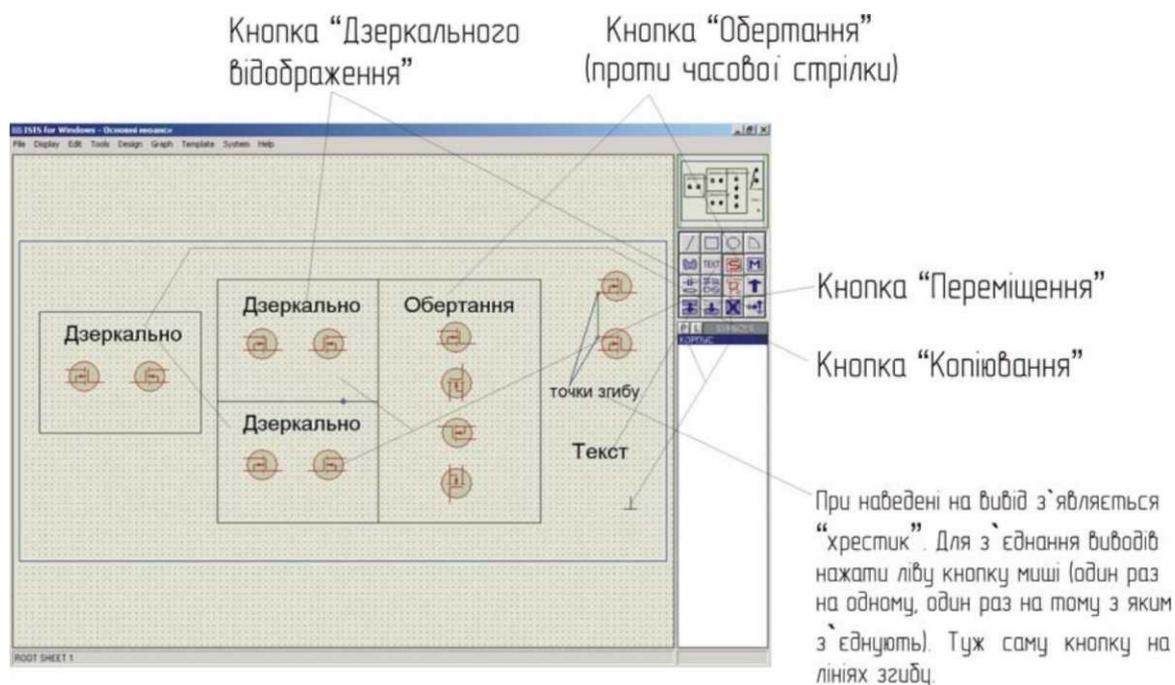


Рисунок 29 – Особенности набора схем.

Для добавления элемента на рабочее поле необходимо:

- выбрать необходимый элемент из списка;
- нажать левую кнопку мышки и отпустить ее в нужном месте схемы.

Перемещение элемента в другое место схемы:

- установить курсор на элемент;
- нажать правую кнопку мышки один раз, элемент изменит цвет;
- нажать левую кнопку мышки и переместить в нужное место;
- за тем нажать один раз правую кнопку мышки один раз.

Перемещение/копирование блока,секции,узла:

- нажать правую кнопку мышки в левом верхнем углу над блоком и провести к противоположному углу блока, секции, узла. Указанные элементы изменят цвет. После этого необходимо кнопку, если надо скопировать или переместить в нужное место чертежа и нажать левую кнопку мышки (один раз), переместить копию в нужное место и нажать левую кнопку мышки (один раз). После того, как появится нужное количество копий, нажмите правую кнопку мышки на свободном поле чертежа два раза;
- для перемещения – переместить в нужное место чертежа и нажать левую кнопку мышки (один раз), после чего нажмите правую кнопку мышки на свободном поле чертежа два раза;
- для удаления – нажать кнопку «Удалить».

Нумерация элементов схемы:

- во время создания схемы позиционные обозначения автоматически не проставляются;
- буквенно-цифровая нумерация элементов выполняется сверху вниз и слева направо после полного выполнения схемы.

Важным является вопрос создание новых и редактирование уже имеющихся в библиотеке элементов.

Создать элемент можно двумя способами:

- 1) с помощью элементов 2D Graphics Mode и Gadgets Mode создать элемент "с нуля" и занести его в библиотеку;
- 2) создать элемент путем редактирования имеющегося элемента в библиотеке.

- Выбираем необходимый шаг сетки. Доступны следующие градации сетки (**Snap**): 10 th = 0,25 мм (только из меню **Display**), 50 th = 1,25 мм [F2], 100 th = 2,5 мм [F3], 500 th = 12,5 мм [F4].

- Необходимый масштаб выбираем также из меню **Display** или [F5]...[F11] соответственно 200%...10%.

- На панели пиктограмм команд выбираем (**Graphic Mode**), после чего становятся доступны графические примитивы: линия, прямоугольник, эллипс, круг и др.

Комбинируя данными примитивами можно создать изображение любого элемента электрической схемы. После создания элемента необходимо присоединить и обозначить выводы. Для этого выбираем (**Gadgets Mode**) и из доступных кнопок выбираем - (**Devise pin**), после чего в перечне компонентов доступны типы выводов: **Default** – обыкновенный (по умолчанию), **invert** – инвертирующий, **posclk** – счётный по положительному перепаду, **negclk** – счётный по отрицательному перепаду, **short** – укороченный обыкновенный. Выделив нужный тип вывода, щелчком левой кнопки мыши располагаем его согласно условному графическому обозначению (УГО) элемента на рабочей области. Крестик на внешней стороне вывода указывает на место подключения проводника. Щелчком левой кнопки мыши на рабочей области доступно меню **Edit Pin**, где в строке **Pin Name** – вводится имя вывода, в строке **Pin Number** – номер вывода. Метки **Draw body**, **draw name** и **draw number** определяют видимость соответственно вывода, имени и номера вывода.

При определении выводов питания в разделе **Electrical Type** обязательно ставить метку **Power**, а в разделе **Pin Name** для обозначения вывода питания от положительного источника – ему присваивается имя **VCC**, а для обозначения вывода питания от общего источника – имя **GND**. Эти имена позволяют в дальнейшем задавать стратегию и трассировать цепи питания **Power** отдельно от сигнальных цепей **Signal**. Если в схеме имеется несколько питающих напряжений, в частности двухполярное, то **VCC** и **GND**. присваиваются цепям питания с наибольшим подключением элементов, а остальные цепи питания трассируются либо как цепи **Signal** с последующей ручной корректировкой толщины дорожек (если потребуется), либо трассируются вручную перед автотрассировкой. После того как элемент создан, правой кнопкой мыши используем выделение окном всего элемента (засвечивается красным цветом) и в меню **Edit** выбираем **Make device**. В раскрывшемся окне **Make device** в

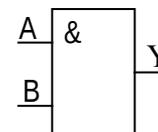
строке **Device Name** набираем библиотечное название элемента латинскими буквами (например K561LN2), в строке **Reference Prefix** вводим префикс позиционного обозначения, например DD – для цифровых микросхем, VT – для транзисторов и т.д.

В правой части окна **Make device** из перечня выбираем библиотеку, в которую будем помещать созданный нами элемент. Если корпус элемента содержит несколько однотипных функциональных элементов, то необходимо создание атрибута описания **-Pinout**. Для этого в строке с вопросом **Generate pinout script ?** обязательно ставится метка, а в строке **Use Pinout Script** вводится имя, совпадающее с библиотечным названием элемента. После создания элемента на рабочей области появляется текстовое описание **Pinout**, описывающий пока что только один функциональный элемент и имеющий следующий вид (для примера возьмём K561ЛА7):

```
*PINOUT K561LA7
ELEMENTS = 1
PINS = 3
IP A = 1
IP B = 2
OP Y = 3
```

Теперь для того, чтобы описать все 4 функциональных элемента 2И-НЕ, входящих в состав K561ЛА7, необходимо отредактировать **Pinout**. Для этого наводим курсор мыши на текст **Pinouta** на рабочей области и щёлкаем левой кнопкой мыши. Появляется окно редактирования **Edit Script Block**, в котором производим редактирование **Pinout**. Окончательный вариант **Pinout** для K561ЛА7 должен иметь следующий вид:

```
*PINOUT 561LA7 – заголовок *PINOUT_ библиотечное имя 561LA7
- пустая строка-разделитель;
ELEMENTS=4 - кол-во функциональных элементов в корпусе;
PINS=14 - общее кол-во выводов в корпусе;
- пустая строка-разделитель;
IP A = 1,5,8,12 - тип вывода IP(input pin)_A=_номера выводов всех входов А;
IP B = 2,6,9,13 - тип вывода IP(input pin)_B=_номера выводов всех входов В;
OP Y = 3,4,10,11 - тип вывода OP(output pin)_Y=_номера выводов выходов Y;
PP (VCC) = 14 - тип вывода PP(power pin)_ (VCC)_=_номер вывода +Ui.п.;
PP (GND) = 7 - тип вывода PP(power pin)_ (GND)_=_номер вывода -Ui.п.;
- пустая строка-разделитель;
PINSWAP=A,B - разрешение менять местами входы А и В при автотрассировке;
GATESWAP=TRUE - разрешение менять местами функциональные элементы
внутри корпуса при автотрассировке.
```



Если в корпусе есть “пустые”(незадествованные) выводы то необходимо в после строки **PP (GND) = 7** перед строкой-разделителем

написать **NC = x, x, x**. Где **NC** (no connected) – директива, обозначающая для выводов, отсутствие подключений,

x – номера “пустых” выводов. После того как **Pinout** отредактирован, его нужно сохранить. Для этого закрываем окно **Edit Script Block** и на рабочей области правой кнопкой мыши выделяем текст созданного **Pinouta**. Необходимо обратить внимание на то, что повторный щелчок правой кнопкой мыши по уже выделенному элементу, приведёт к его удалению, поэтому необходимо повышенное внимание при работе с выделенными элементами. При случайном удалении необходимо воспользоваться командой меню **Edit – Undo** либо клавишей [U]. Снятие выделения с элемента производится щелчком правой кнопки мыши за пределами элемента. Вернёмся к **Pinouty**. После его выделения выбираем команду меню **Edit – Make Pinout**. В появившемся окне в строке **Pinout name** вводится библиотечное имя элемента, которому принадлежит данный **Pinout** (например K561LA7), а из списка **Library** выбираем ту же библиотеку, где находится сам элемент. В библиотеках **Pinouty** имеют те же имена, что и элементы, но заключены в квадратные скобки. Например [K561LA7].

При необходимости отредактировать УГО элемента, он извлекается из библиотеки нажатием курсором мыши на кнопку, затем в перечне компонентов в левой части строки-заголовка **DEVICES** появятся кнопки **P** (Pick Devices) и **L** (Devices Libraries Manager). Нажав на кнопку **P** мы получаем доступ к окну **Pick Devices** (выбор устройства), где в списке **Libraries** выбираем необходимую библиотеку, а в списке **Objects** – искомый элемент, изображение которого показано в окне просмотра справа. Выбранный элемент появляется в перечне компонентов **DEVICES**. Затем, закрыв окно **Pick Devices**, и выбрав элемент в перечне компонентов **DEVICES**, щелчком левой кнопки мыши на рабочей области помещаем туда элемент. Выделив его щелчком правой кнопки мыши выбираем из меню **Edit** команду **Decompose** (разложить на составные части). Эта команда по своему действию обратна команде **Make device** и возвращает выбранный элемент на уровень графических примитивов, позволяя его редактировать. Этот режим особенно полезен для редактирования УГО зарубежных элементов- аналогов в соответствии с отечественными ГОСТами.

Система Electronics Labcenter (Proteus 4.73) укомплектована обширными библиотеками элементов зарубежного производства. Поэтому, зная отечественные аналоги, при минимуме редактирования можно легко создавать библиотеки отечественных элементов, к тому же работа с **Pinoutами** сводится к простому переименованию. Единственное на что нужно обратить внимание – в некоторых сериях зарубежных КМОП-микросхем выводы питания(Power)

вместо имён VCC и GND имеют соответственно - VDD и VSS. В этом случае в меню **Edit Pin** в строке **Pin Name** надо переименовать на VCC или GND. Если корпус многоэлементный - то также необходимо в **Pinoute** отредактировать строки PP(VDD) = x на PP(VCC) = x, а PP(VSS) = x на PP(GND) = x, где x – номер вывода питания.

Работа с менеджером библиотек

Для вызова менеджера библиотек нажимаем курсором мыши на кнопку , затем в перечне компонентов в левой части строки-заголовка **DEVICES** нажимаем на кнопку **L** после чего открывается окно **Devices Libraries Manager** – это и есть менеджер библиотек. Справа и слева расположены два равнозначных окна со списками библиотек и содержимым выбранной библиотеки. Любое из этих окон может быть как источником информации (**Source**) так и приёмником (**Dest'n**). Направление от источника к приёмнику указывает большая чёрная стрелка посередине между ними. Так же между окнами **Source** и **Dest'n** расположены следующие кнопки для работы внутри библиотек:

Order – ручная сортировка порядка расположения библиотек в списке;

Select All – выбор всего содержимого библиотеки

Unselect All – отмена выбора всего содержимого библиотеки;

Copy Items – копирование выбранных элементов из источника в приёмник;

Move Items – перемещение выбранных элементов из источника в приёмник;

Delete Items – удаление выбранных элементов из источника;

Rename Item – переименование выбранного элемента в источнике;

Information – краткая информация о выбранном элементе;

Prefixes редактирование префикса.

В нижней части менеджера библиотек расположены кнопки для работы с самими библиотеками:

Dump Library – информация о библиотеке;

Create Library – создание новой библиотеки;

ADI Library (ASCII Data Import) – импорт данных, описанных в текстовом виде;

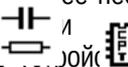
Delete Library – удаление библиотеки;

Backup Library – резервная копия библиотеки, имеет расширение .bak;

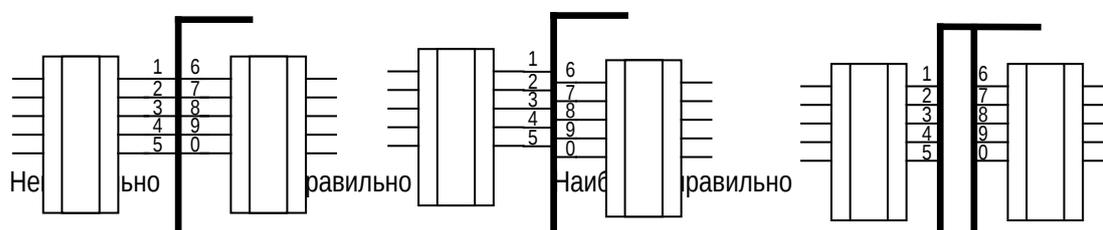
Pack Library – упаковка библиотеки;

File Attribute – “закрывает” библиотеку (делает доступной только для чтения), либо “открывает” её (снимает ограничение на запись). “Закрытая” библиотека всегда является только источником информации.

Создание схемы электрической принципиальной

В первую очередь выбираем формат рабочего листа (по умолчанию – A4). Для этого в меню **System** выбираем **Set Sheet Sizes** и в появившемся окне **Sheet Size Configuration** выбираем один из форматов **A4, A3, A2, A1, A0** или **User**. Практика показывает, что лучше сразу выбирать **A3**, чтобы не испытывать нехватку рабочего пространства, потому что за пределами формата, очерченного синей рамкой, система не производит никаких действий. Изменить формат можно также на любом этапе проекта. Далее необходимо выбрать сетку с наиболее практичным шагом $50 \text{ th} = 1,25 \text{ мм}$ **[F2]**. Затем нажав на кнопки  и  а потом – на **P** (в левом верхнем углу перечня компонентов), входим в окно **Pick Devices** (выбрав  и открывая библиотеки, извлекаем в локальную библиотеку нашего проекта необходимые элементы двойным щелчком левой кнопки мыши по ним. Эти элементы будут добавляться в список под строкой-заголовком **DEVICE** перечня компонентов. Набрал в проект необходимый список элементов, приступаем к размещению элементов на рабочей области в пределах выбранного формата. Для этого щелчком левой кнопки мыши выбираем из списка нужный элемент, изображение которого появляется на дисплее-навигаторе. После чего щелчком левой кнопки мыши в нужном месте на рабочей области, размещаем выбранный элемент. Для перемещения элемента, его нужно выделить щелчком правой кнопки мыши, затем нажав левую кнопку мыши и удерживая её, производим перемещение элемента. Для удаления элемента нужно два раза щёлкнуть правой кнопкой мыши. Поворот выбранного элемента на 90° осуществляется нажатием курсором мыши на кнопку . Зеркальное отображение выбранного элемента относительно осей X и Y осуществляется нажат  или на кнопку

Кнопки  предназначены для работы с блоками, т. е. с группой выбранных элементов курсором мыши  позволяет скопировать и размножить выбранный блок. Нажатие курсором мыши на кнопку  позволяет переместить выбранный блок. Нажатие курсором мыши на кнопку  позволяет удалить выбранный блок. Быстро перемещаться в нужную точку поможет дисплей-навигатор  которым при нахождении курсора мыши на рабочей области, изображено в миниатюре всё то, что на данный момент нарисовано на рабочем формате, а зелёная рамка показывает участок, который мы видим на рабочей области. Оперирова клавишами изменения масштаба **[F5]...[F12]** и щёлкая левой кнопкой мыши в нужном месте изображения на дисплее-навигаторе, можно эффективно перемещаться по самым громоздким проектам, реализованных на форматах A0 и A1. После того как элементы будут размещены, приступаем к прокладке соединительных проводников между элементами. Для этого курсор мыши подводим к выводу элемента, от которого будет брать начало соединительный проводник и наблюдаем за появлением крестика на конце курсора мыши. После чего щёлкаем левой кнопкой мыши  в нужном направлении. Изгиб проводника осуществляется щелчком левой кнопкой мыши. При приближении к выводу элемента, где будет оканчиваться проводник  появления  крестика курсора мыши и щёлкаем левой кнопкой мыши. Прокладка завершена. Прокладка завершена имеет следующие возможности, т. е. соединяет более двух выводов элементов. То при наведении курсора мыши на проводник появляется такой же крестик, как и на выводе элемента, а значит, в любой точке проводника по всей его длине можно как начинать ответвление цепи, так и присоединять другой проводник в одну цепь. При этом в данном месте формируется электрический узел и ставится . При создании проекта с наличием цифровых микросхем очень удобно применять линии групповой шины – шины. Для прорисовки шины нажимаем курсором мыши на кнопку  (**Bus**) и прокладываем шины на схеме, которые отображаются утолщёнными линиями. Подключение проводников к шине производить по правилам, указанным на рисунке.



Подключение к шине производится также как к проводнику (на шине появляется крестик на конце курсора мыши), но электрический узел при этом не формируется.

Очень удобно подключать выводы одной микросхемы к шине следующим приёмом. Воспользуемся вышеприведённым рисунком. Дело в том, что система запоминает траекторию последнего проложенного проводника. Поэтому проложив проводник с меткой 1 (см. рис.) от вывода микросхемы к шине, остальные проводники (2,3,4,5) проложатся автоматически. Для этого необходимо стать курсором мыши на конец вывода микросхемы (пока не появится крестик) и два раза щёлкнуть левой кнопкой мыши. После всех необходимых подключений к шине не наступает этап, требующий повышенного внимания – это маркировка цепей, т. е. присвоению каждой цепи уникального буквенно-цифрового имени (метки) **Label**. Для этого курсором мыши

нажимаем на кнопку **Wire Label** и далее подводя курсор мыши к маркируемому проводнику до тех пор пока не появится крестик, прои́зводим щелчок левой кнопки мыши. После чего появляется диалоговое окно **Edit Wire Label**, где в строке **String** набираем в буквенно-цифровой форме название маркируемой цепи. Переключатели **Rotate** и **Justify** задают ориентацию и выравнивание текста относительно проводника. Маркировать можно также «оборванные» проводники, которые с одной стороны подключены к выводу элемента, а другая сторона оборвана. Тем не менее если этот проводник имеет метку т. е. промаркирован, то система подключает его к цепи, имеющей такую же метку (имя). Это бывает полезно при отсутствии возможности вести проводник на большое расстояние из-за высокой степени заполнения схемы, а также удобно таким способом подключать к источнику питания выводы дискретных элементов, задавая им метки **VCC** и **GND**. Чертить «оборванные» проводники очень просто – начать его нужно как обычный проводник, а в месте обрыва нужно щёлкнуть сначала левой потом правой кнопкой мыши, при этом в месте обрыва формируется точка, затем вышеописанным способом промаркировать. Ещё одна замечательная особенность состоит в том, что позиционные обозначения элементов и метки маркированных цепей можно перемещать отдельно от самих элементов и цепей. Это позволяет рационально использовать рабочее пространство, избегая «наплывов» друг на друга позиционных обозначений или позиционного обозначения одного элемента на изображение другого элемента.

Если возникла необходимость изменить позиционное обозначение и номер элемента, следует выделить этот элемент правой кнопкой мыши затем нажать на левую кнопку мыши. После чего откроется окно редактирования свойств **Edit Component**, где в строке **Component Reference** вводим новое позиционное обозначение и номер (например, V10 изменяем на VT10 или C25 – на C18). **Внимание! Категорически запрещается** заменять в позиционных обозначениях микросхем, имеющих многоэлементный корпус двоеточие с буквой на точку с цифрой (например DD1:A - на DD1.1 или DA2:B - на DA2.2). Все остальные изменения допускаются.

На этапе рисования схемы текущему проекту необходимо задать имя командой меню **File – Save Design As** и периодически сохранять проект командой меню **File – Save Design**, либо клавишей **[S]**, причём ранее сохранённая копия сохраняется под новым именем – Backup of _имя проекта, и к ней в любой момент можно вернуться и продолжить работу.

После того как схема полностью начерчена, необходимо передать список цепей **Netlist** в редактор печатных плат **ARES** для дальнейшей работы с проектом.

Для этого необходимо каждому элементу на схеме указать соответствующий ему корпус на печатной плате, что позволит в дальнейшем произвести упаковку **Packaging** элементов в **ARES** на печатной плате. Упаковка элементов – это перенос элементов электрической схемы в соответствующие корпуса на печатной плате со всеми электрическими связями между ними. Упаковку элементов можно осуществить тремя способами:

а) методом ручной упаковки в ISIS. Для этого в окне редактирования свойств элемента **Edit Component** в текстовом поле **Other Properties** (другие свойства) необходимо набрать **PACKAGE**=[библиотечное имя корпуса в ARES]. Например, для 561LA7 нужно набрать **PACKAGE=DIL14**, для резистора - **PACKAGE=RES30**, для транзистора KT814 - **PACKAGE=ELINE100** и.т.д.;

б) методом автоматической упаковки. Для этого нужно создать текстовый **ADI-файл (ASCII Data Import)** т.е файл перекрёстных ссылок. Создать **ADI-файл** можно в любом текстовом редакторе (Notepad(Блокнот), WordPad, Word). **ADI-файл** должен иметь содержать следующий текст:

```
DATA DEVICE : PACKAGE-                - заголовок блока 1
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] : [Библиотечное имя элемента 1 в ARES]
[Библиотечное имя элемента 2 в ISIS] : [Библиотечное имя элемента 2 в ARES]
.
.
.
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] : [Библиотечное имя элемента n в ARES]
END                                     - конец блока.
```

```
DATA DEVICE + VALUE : PACKAGE-        - заголовок блока 2
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 1 в ARES]
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 2 в ARES]
.
.
.
[Библиотечное имя элемента 1 в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента n в ARES]
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 1 в ARES]
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента 2 в ARES]
.
.
.
[Библиотечное имя элемента n в ISIS] [Значение] : [Библиотечное имя элемента n в ARES]
END
```

Например наш проект содержит следующие элементы: DD1, DD2 – K561ЛА7, DD3 - K561IE10, R1, R2 – МЛТ-0,125, R3 – МЛТ-0,5, С1 – К10-17, С2 – К50-6 10 мкФ х 16В, С3 – К50-6 470 мкФ х 25В, С4 – К50-6 2200 мкФ х 25В, VD1 – КД522, VD2 – КС515А, VD3 – КЦ405А, VT1 – КТ315, VT2 – КТ814, VT3 – МП42Б.

В этом случае **ADI**-файл будет выглядеть следующим образом:

```
DATA DEVICE : PACKAGE-
561LA7      : DIL14          (K561ЛА7)
561IE10     : DIL16          (K561IE10)
CAP         : CAP20         (K10-17)
R0125       : RES20         (МЛТ-0,125)
R05         : RES30         (МЛТ-0,5)
VD          : DIODE25       (КД522)
VDZEN       : DIODE40       (КС515)
BRIDGE      : MOST405       (КЦ405)
VTNPN       : ELINE100      (КТ315)
END
```

```
DATA DEVICE + VALUE : PACKAGE-
CAP_ELEC 10u   : ELECRAD10   (K50-6 10 мкФ х 16В)
CAP_ELEC 470u  : ELECRAD13   (K50-6 470 мкФ х 25В)
CAP_ELEC 2200u : ELECRAD20   (K50-6 2200 мкФ х 25В)
VTPNP KT814   : TO126        (КТ814)
VTPNP MP42    : TO5          (МП42Б)
END
```

После того как **ADI**-файл создан, его можно назвать любым именем (лучше именем проекта), например **Primer.txt**, после чего в файловом менеджере (FAR, Norton Commander) необходимо расширение **.txt** заменить на **.adi** (Primer.adi). Созданный **ADI**-файл необходимо импортировать в наш проект. Для этого в **ISIS** в меню **Tools** выбираем команду **ASCII Data Import** и в открывшемся окне указываем путь к **ADI**-файлу (Primer.adi). Затем элементам электрической схемы, которым в **ADI**-файле необходимо было для выбора корпуса указывать значения, в окне редактирования свойств **Edit Component** в строке **Component Value** необходимо ввести такое же значение как и в **ADI**-файле (для С2 – 10ц, С3 – 470ц, С4 – 2200ц, VT2 – КТ814, VT3 – МП42).

в) методом комбинированной упаковки. Этот метод является наиболее удобным для упаковки элементов и заключается в том, что сначала редактируется при необходимости **ADI**-файл **Device.adi** (загружаемый по умолчанию) для групп элементов (резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов и т.д), имеющих при разных значениях одинаковые корпуса. А затем для элементов, имеющих при разных значениях разные корпуса, а также для элементов, не вошедших в перечень **ADI**-файла **Device.adi**, применяется метод ручной упаковки, описанный выше.

После того как упаковка элементов произведена в меню **Tools**, выбираем команду **Netlist to ARES**, либо нажимаем комбинацию клавиш **[Alt]+[A]**. На

этом работа по проекту в редакторе **ISIS** заканчивается за исключением вывода на печать.

3 Выполнение сборочного чертежа электронного узла на компьютере

Размещение корпусов элементов на рабочем поле согласно конструкторским требованиям.

При размещении корпусов элементов необходимо учитывать что:

1. Расстояние между элементами-минимально, но достаточно для прокладки проводников;
2. Из-за существенных отличий аналоговой схемотехники от цифровой, аналоговая часть схемы должна быть отделена от остальной части, а при ее разводке должны соблюдаться особые методы и правила. Эффекты, возникающие из-за паразитных эффектов на печатной плате, становятся особенно заметными в высокочастотных аналоговых схемах, но погрешности общего вида, могут оказывать воздействие на

качественные характеристики устройств, работающих даже в звуковом диапазоне частот. Лишь в исключительных случаях печатная плата аналоговой схемы может быть спроектирована так, чтобы вносимые ею воздействия не оказывали никакого влияния на работу схемы. В то же время, любое такое воздействие может быть минимизировано так, чтобы характеристики аналоговой схемы устройства были близки к и характеристики модели или прототипа.

3. Шум и помехи являются основными причинами, ограничивающими качественные характеристики схем. Помехи могут как излучаться источниками, так и наводиться на элементы схемы. Аналоговая схема часто располагается на печатной плате вместе с быстродействующими цифровыми компонентами, включая цифровые процессоры. Высокочастотные логические сигналы создают значительные радиочастотные помехи. Количество источников излучения шума огромно: импульсные источники питания, мобильные телефоны, радио и телевидение, источники питания ламп дневного света, персональные компьютеры, грозовые разряды и т.д. Даже если аналоговая схема работает в звуковом частотном диапазоне, радиочастотные помехи могут создавать заметный шум в выходном сигнале.

Общие рекомендации по проектированию печатных плат

Общие:

- печатная плата это компонент электрической схемы;
- имейте представление и понимание об источниках шума и помех;
- моделируйте и макетируйте схемы.

Печатная плата:

- используйте печатные платы только из качественного материала;
- схемы, выполненные на многослойных печатных платах, на 20 дБ менее восприимчивые к внешним помехам, чем схемы, выполненные на двухслойных платах;
- используйте разделенные, не перекрывающиеся полигоны для

различных земель и питаний;

- располагайте полигоны земли и питания на внутренних слоях печатной платы.

Компоненты:

- учитывайте частотные ограничения, вносимые пассивными компонентами и проводниками платы;
- старайтесь избегать вертикального размещения пассивных компонентов в высоко - скоростных схемах;
- для высокочастотных схем используйте компоненты, предназначенные для поверхностного монтажа;
- проводники должны быть чем короче, тем лучше;
- если требуется большая длина проводника, то уменьшайте его ширину;
- неиспользуемые выводы активных компонентов должны быть правильно подключены.

Разводка:

- размещайте аналоговую схему вблизи разъема питания;
- никогда не разводите проводники, передающие логические сигналы, через аналоговую область платы, и наоборот;
- проводники, подходящие к инвертирующему входу ОУ, делайте короткими;
- удостоверьтесь, что проводники инвертирующего и не инвертирующего входов ОУ не располагаются параллельно друг другу на большом протяжении;
- старайтесь избегать применения лишних переходных отверстий, т.к. их собственная индуктивность может привести к возникновению дополнительных проблем;
- не разводите проводники под прямыми углами и сглаживайте вершины углов, если это возможно.

Развязка:

- используйте правильные типы конденсаторов для подавления помех в цепях питания;
- для подавления низкочастотных помех и шумов используйте танталовые конденсаторы у входного разъема питания;
- для подавления высокочастотных помех и шумов используйте керамические конденсаторы у входного разъема питания;
- используйте керамические конденсаторы у каждого вывода питания микросхемы; если необходимо, используйте несколько

конденсаторов для разных частотных диапазонов;

- если в схеме происходит возбуждение, то необходимо использовать конденсаторы с меньшим значением емкости, а не большим;
- в трудных случаях в цепях питания используйте последовательно включенные резисторы малого сопротивления или индуктивности;
- развязывающие конденсаторы аналогового питания должны подключаться только к аналоговой земле, а не к цифровой.

Расстановку корпусов элементов удобнее начинать с центра рабочего поля. Для начала расстановки – нажать клавишу F7 (рисунок 30).

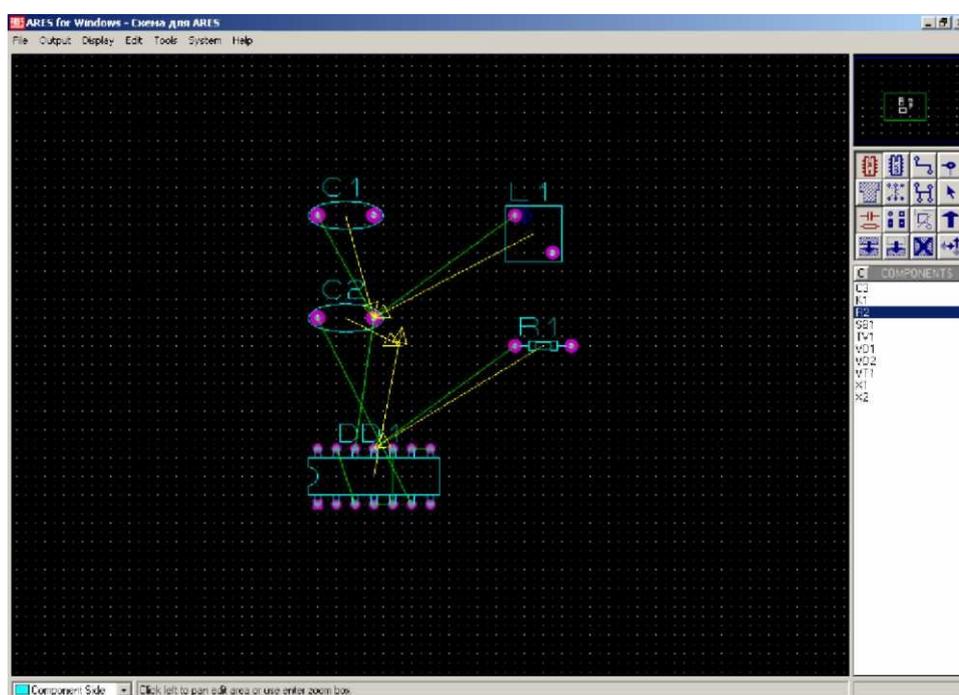


Рисунок 30 Размещение корпусов элементов на рабочем поле

При размещении корпусов на рабочем поле появляются линии связи различного цвета со стрелками в конце. Корпуса необходимо расставить так, чтобы длина линий связи была минимальной (рисунок 31).

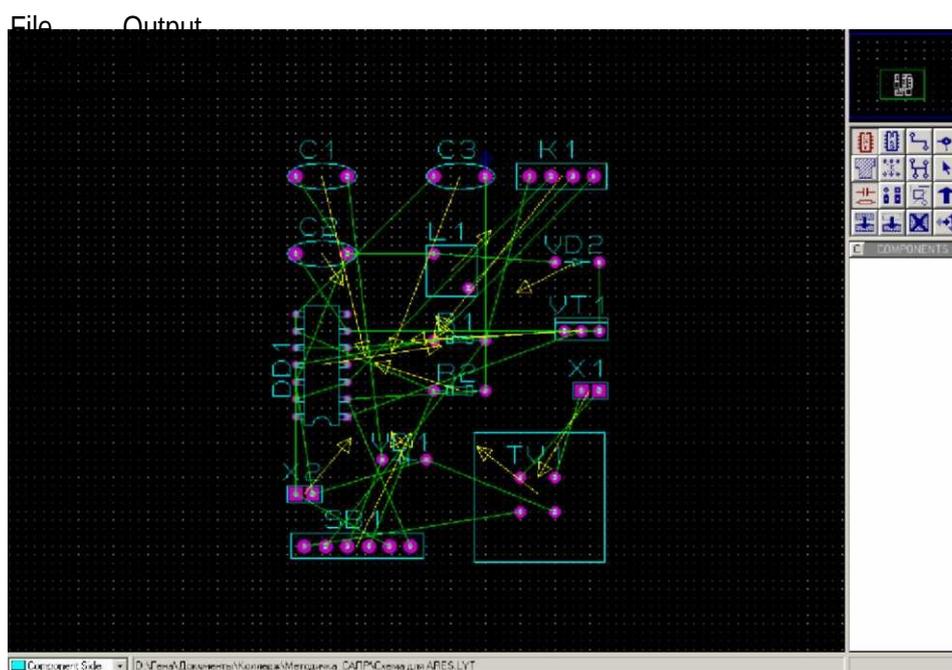


Рисунок 31

4 Выполнение чертежа печатной платы на компьютере

Для автоматизированной трассировки печатной платы необходимо на панели задач нажать Tools (Auto Router) (рисунок 32)

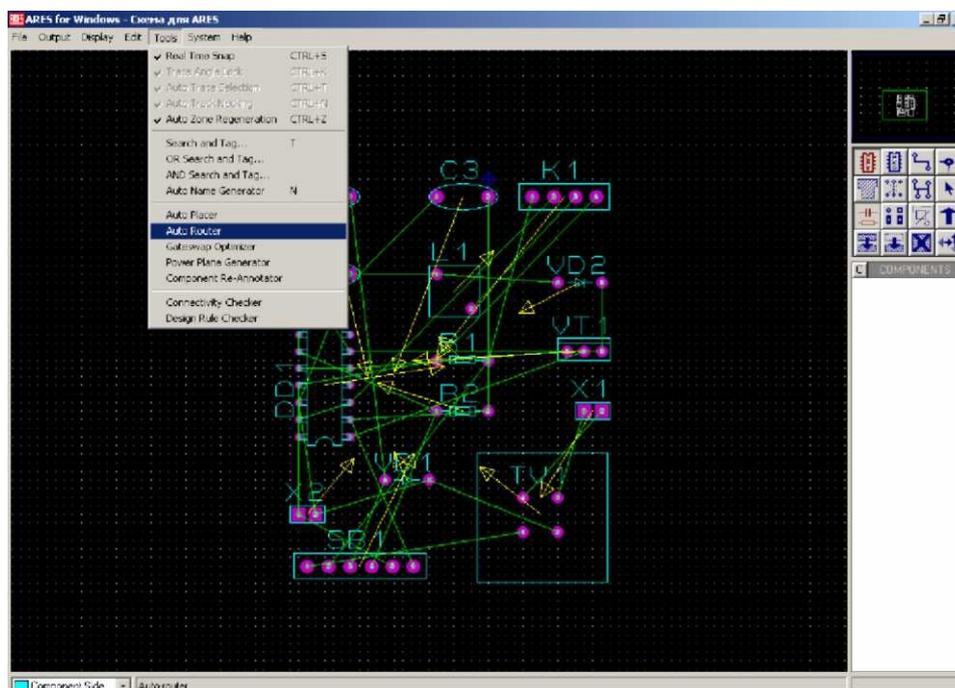


Рисунок 32

По команде Tools (Auto Router) откроется окно Auto Router (рисунок 33)

В этом окне задаются параметры трассировки:

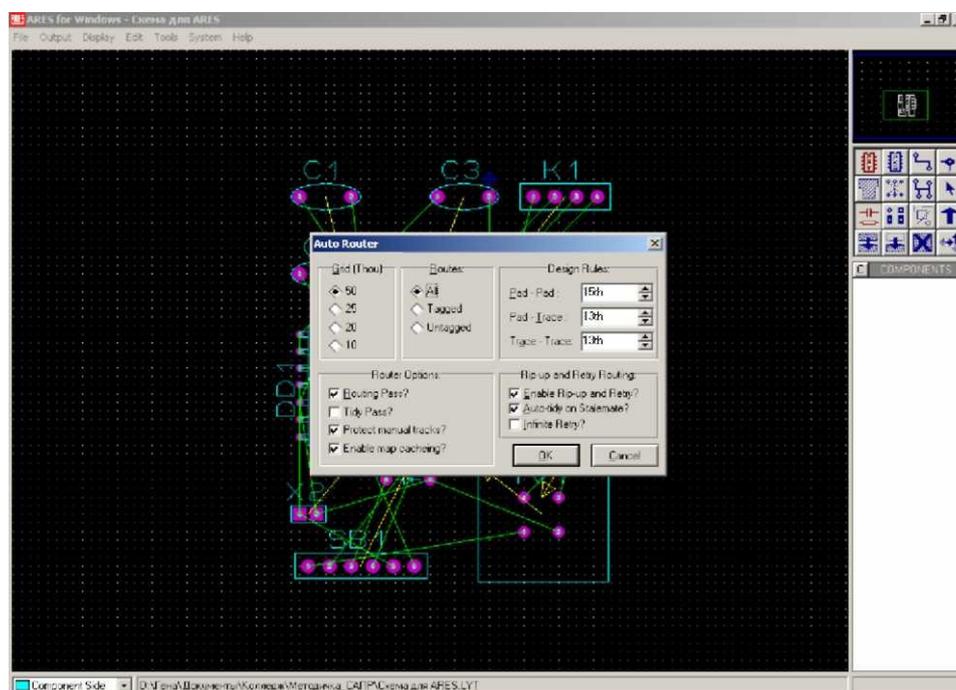


Рисунок 33 - Окно Auto Router

- поле Grid - шаг координатной сетки, в узлах которой размещаются центры проводников и переходных отверстий - 50th, 25th, 20th, 10 th;
- поле Routers - выбор трассируемых связей: All – все связи; Tagged – выделенные связи; Untagged – невыделенные связи;
- поле Design Rules - правила прокладки проводников: минимально возможные зазоры Pad - Pad ("контактная площадка - контактная площадка"), Pad - Trace ("контактная площадка - проводник"), Trace - Trace ("проводник - проводник");
- поле Router Options - параметры трассировки: Routing Pass - проходы трассировки (обязательный параметр); Tidy Pass - "подчищающие" проходы (не обязательно); Protect manual tracks- защита дорожек розведенных вручную (не обязательно); Enable map caching – активизация кеширования (обязательный параметр).
- поле Rip-up and Retry Routing - алгоритм трассировки "стирание - замена – дополнительный проход", необходимый для получения максимально возможного процента разведенных связей. Enable Rip-up and Retry – активизирование алгоритма "стирание - замена - дополнительный проход"; Auto-tidy on Stalemate – автоматическое завершение трассировки цепей, которые невозможно развести("тупик"); Infinite Retry – возврат до неразведенной связи до тех пор, пока не будет достигнут результат..

После настройки всех режимов нажать кнопку ОК. Пример результата показан на рисунке 34.

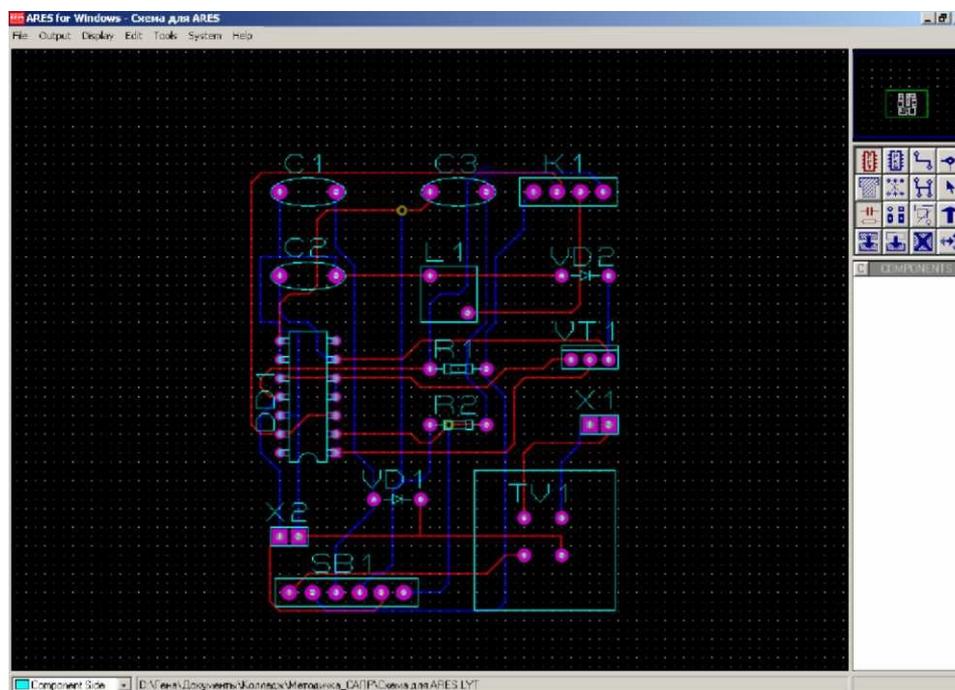


Рисунок 34

Теперь необходимо задать габаритные размеры печатной платы. Полученное изображение содержит три слоя выделенные цветом:

1. Красный (Top Copper) – вид платы со стороны установки элементов;
2. Синий (Bottom Copper) – вид платы снизу;
3. Голубой (Top Silk) - вид платы со стороны установки элементов (корпуса элементов).

Для задания габаритных размеров необходимо перейти в режим 2D Graphics Mode, выбрать компонент Box (прямоугольник/квадрат) и обвести контуры платы тремя цветами оставив место для крепежных отверстий. Цвет выбирается в нижнем левом углу в поле списка Selects current layer (рисунок 35)

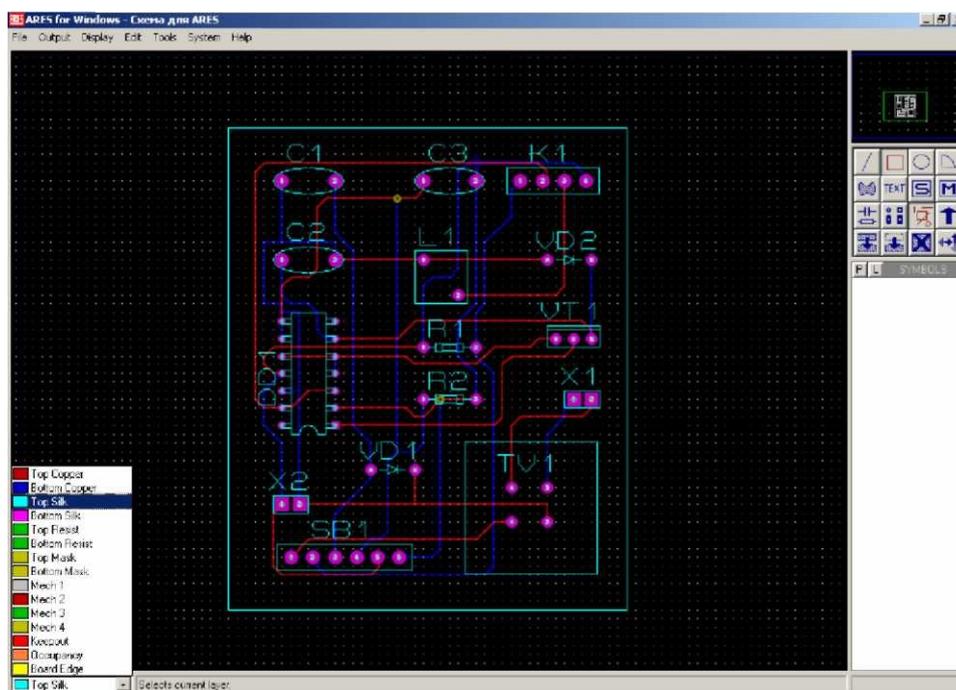


Рисунок 35 – Габариты платы

После этого необходимо в каждом из углов нарисовать отверстия крепления платы. Для этого выбираем компонент Circle (круг), и в каждом углу начертить тремя цветами крепежные отверстия, причем они должны обязательно совпадать по размеру. Первое крепежное отверстие необходимо выполнить там, где больше всего свободного места, чтобы при копировании отверстия не попадали на корпуса других элементов. Дальнейшая расстановка крепежных отверстий выполняется копированием. Результат – рисунок 36

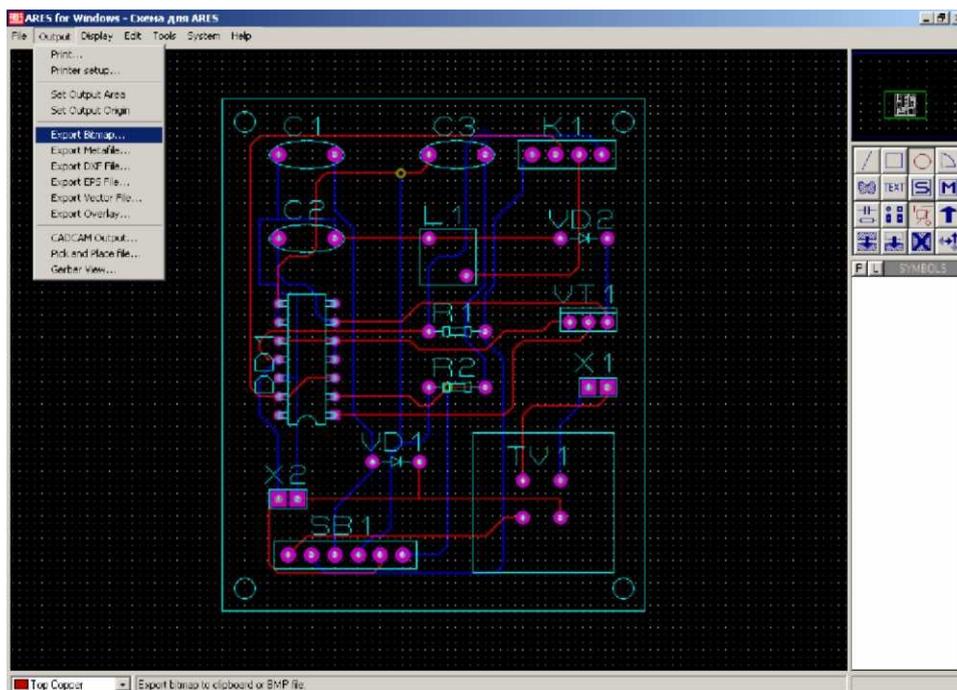


Рисунок 36

4 Выполнение чертежа печатной платы на компьютере

В данной практической работе выполняется разделение трех графических изображений печатного узла (формат BMP).

1. Печатная плата со стороны установки элементов
2. Печатная плата со стороны печатных проводников.
3. Сборочный чертеж.

На панели задач выбрать команду Output (Export Bitmap...) рисунок 36. После чего откроется диалоговое окно Export Bitmap. В нем представляют интерес поля:

- Layers - слои – выбрать каждый из 3-х слоев;
- Resolution – разрешающая способность – из доступных выбираем - 600 DPI;
- Reflection – изображение печатной платы (Normal - нормальное, Mirror - зеркальное).

Название файлу задается нажатием клавиши Filename.

Три раза необходимо открыть окно Export Bitmap и задать параметры каждого слоя.

На рисунках 37, 38, 39 показаны, какие из параметров необходимо выбрать для каждого слоя.



Рисунок 37 - Печатная плата со стороны установки элементов

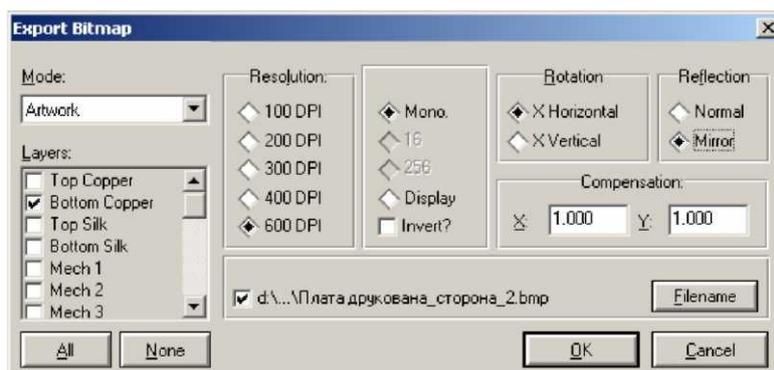


Рисунок 38 - Печатная плата со стороны проводников

Обязательно при формировании изображения (рисунок 38) установить в поле Reflection значок - Mirror, так как изображение слоя – проводники должно быть зеркально по отношению к слою установки элементов.

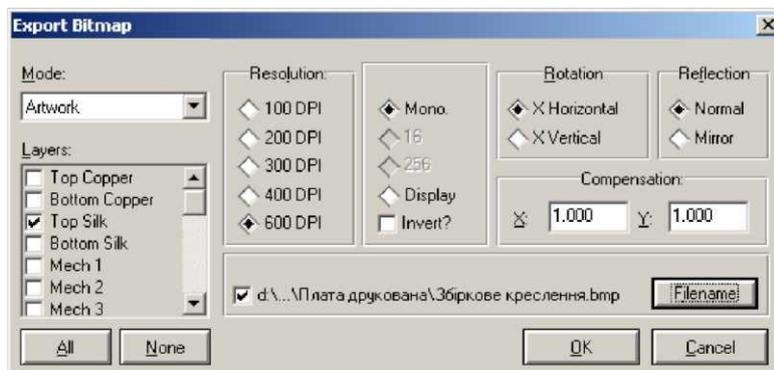


Рисунок 39 – Сборочный чертеж

Результат – три изображения (рисунки 40,41,42)

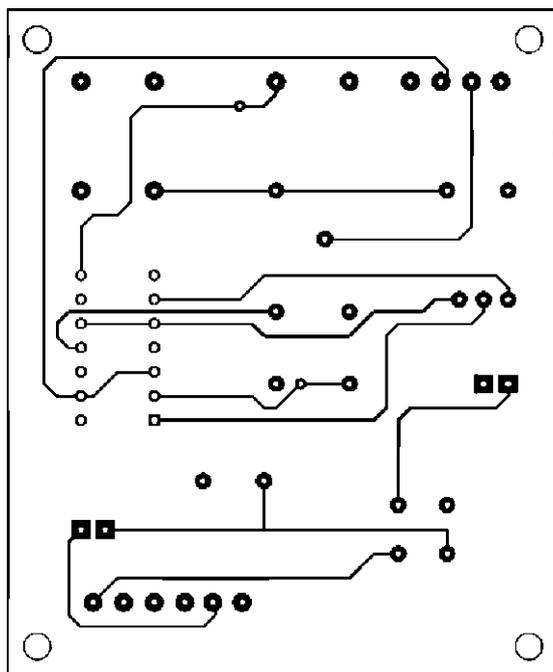


Рисунок 40 - Печатная плата со стороны установки элементов

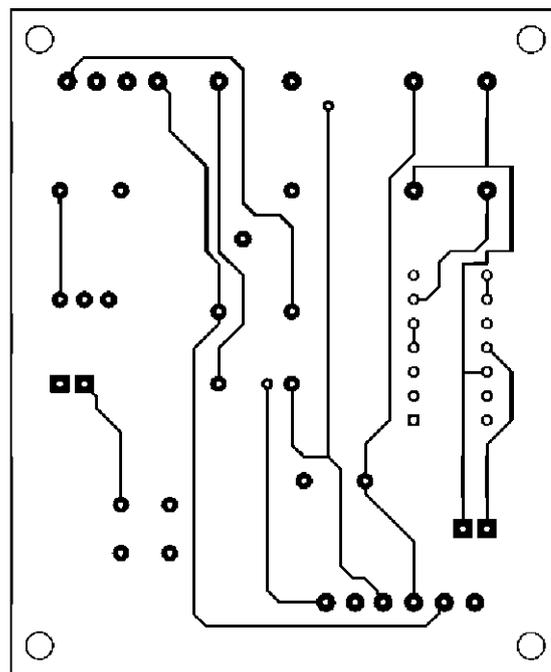


Рисунок 64 - Печатная плата со стороны проводников

Полученные изображения необходимо оформить в соответствии с

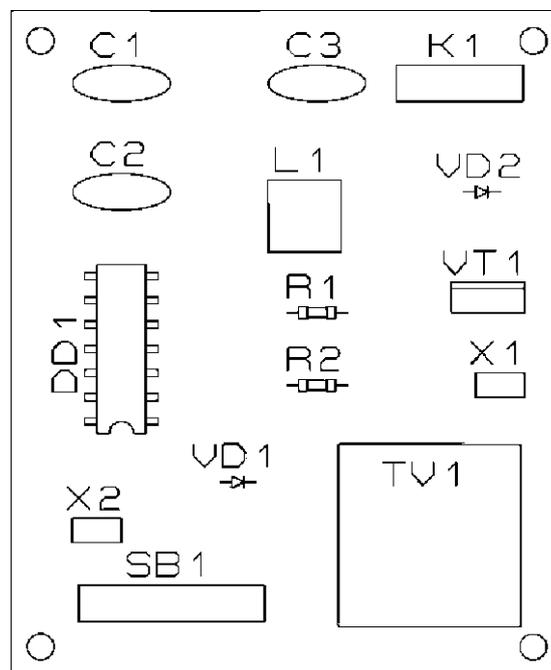


Рисунок 42 – Сборочный чертеж

ЕСКД. На отдельном листе должны быть оба изображения печатной платы, а на другом листе – сборочный чертеж.

5 Конструкторские расчеты электронного устройства

В соответствии с индивидуальным заданием студент обязан выполнить конструкторские расчеты необходимые для обеспечения работоспособности

разрабатываемого устройства.

Для выполнения расчетов запустите файл КР.exe. На экране появится главное меню



Нажмите интересующую вас кнопку.

РАСЧЁТ ЭКРАНИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт экранирования печатного узла», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 1.1

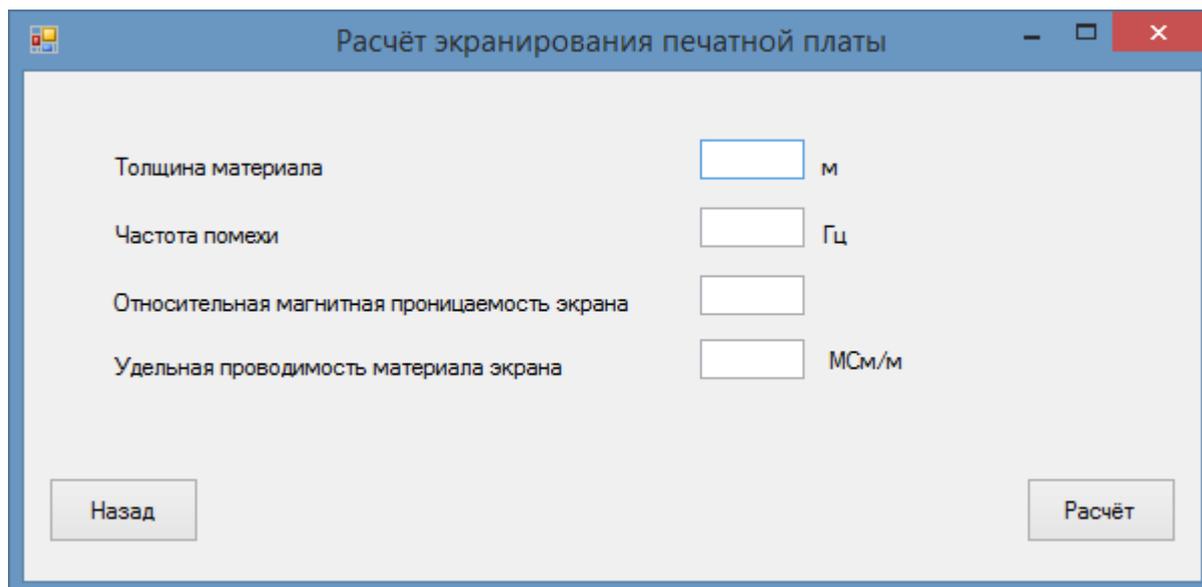


Рисунок 1.1 – Форма для ввода данных

В данную форму нужно ввести параметры помехи и материала экрана. (Данные могут содержать только: числа от 0 до 9, и запятую. Буквы и другие символы вводить в поля нельзя)

На рисунке 1.2 показан пример ввода данных (материал – сталь).

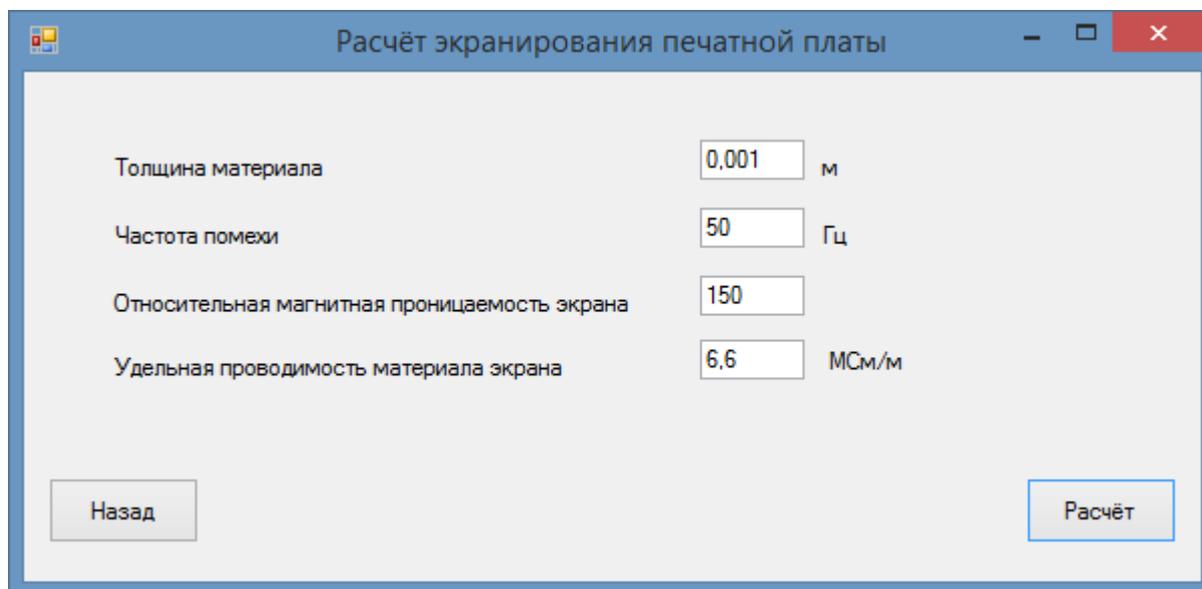


Рисунок 1.2 – Введенные данные для материала сталь

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - эффективность экранирования (рисунок 1. 3).

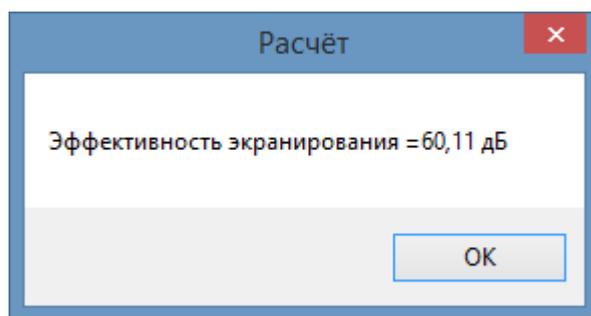


Рисунок 1.3 – Результат расчета

При нажатии кнопки «Назад», будет осуществлен переход в главное меню
Расчёт эффективности экранирования осуществляется по формулам (1.1-1.5).

Формула для расчёта эффективности экранирования .

$$K_e = K_{\pi} + K_{\sigma}, \quad (1.1)$$

где K_e – эффективность экранирования корпуса, дБ;

K_{π} – эффективность экранирования при поглощении, дБ ;

K_{σ} – эффективность экранирования при отражении, дБ .

$$K_{\sigma} = 20 * \lg \left(\frac{Z_m}{4 * Z} \right), \quad (1.2)$$

где K_{σ} – эффективности экранирования при отображении, дБ;

Z_m –эффективность отображения экрана (3);

Z – эффективность отражения металлического экрана .

$$Z_m = \sqrt{\mu_m}, \quad (1.3)$$

где Z_m – эффективность отображение экрана;

μ_m – относительная магнитная проницаемость экрана.

$$Z = \sqrt{\frac{2 \times \pi \times f \times \mu_M}{\sigma}}, \quad (1.4)$$

де Z – эффективность отражение металлического экрана;

f – частота помехи, Гц;

σ – удельная проводимость материала экрана, См/м.

$$K_{\Pi} = 0,13 \times d \times \sqrt{f \times \mu_M \times \sigma}, \quad (1.5)$$

де K_{Π} – эффективность экранирования при поглощении, дБ;

d – толщина материала экрана, м;

f – частота помехи, Гц;

μ_M – относительная магнитная проницаемость экрана;

σ – удельная проводимость экрана, См/м .

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт надёжности печатного узла», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 2.1

Рисунок 2.1 – Форма для ввода и выбора данных

В данной форме нужно сделать выбор элементов, которые есть на печатном плате и ввести количество элементов (вводятся числа от 0 до 9), и ввести интервал времени работы печатного узла с данными элементами (вводятся только числа от 0 до 9 и одна запятая).

На рисунке 2.2 показан пример ввода данных

Рисунок 2.2– Форма с исходными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ и среднее время восстановления устройства (рисунок 2.3).

Рисунок 2.3 – Результат расчета

При нажатии кнопки «Назад», осуществляется переход в главное меню.

Расчёт надёжности печатного узла осуществляется по формулам (2.1-2.6).
Формула для расчёта суммарной интенсивности отказа элемента .

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \lambda_i, \quad (2.1)$$

где λ_{Σ} – суммарная интенсивность отказа элемента;

λ_i – параметр экспоненциального распределения i -го элемента, численно равный интенсивности отказа элементов;

N – количество элементов на печатной плате.

Формула для расчёта коэффициента безотказной работы за определенное время .

$$P_{\Sigma}(t_3) = e^{-t_3 \lambda_{\Sigma}}, \quad (2.2)$$

где P_{Σ} – коэффициент безотказной работы

λ_{Σ} – суммарная интенсивность отказов устройства;

t_3 – интервал времени работы, час.

Формула для расчёта среднего времени восстановления устройства .

$$T_B \approx \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i \times \tau_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i}, \quad (2.3)$$

где T_B – среднее время восстановления устройства, час;

τ_i – среднее время восстановления i -го элемента, час;

λ_i – параметр экспоненциального распределения i -го элемента , численно равный интенсивности отказов данного элемента.

Формула для расчёта суммарной интенсивности отказа устройства с учётом электрического режима и условий эксплуатации

$$\lambda_{\text{е.р}} = K_{\text{об}} \times \sum_{j=1}^k \lambda_{\text{о}j} n_j, \quad (2.4)$$

где $\lambda_{\text{е.р}}$ – суммарная интенсивность отказа устройства с учётом электрического режима и условия эксплуатации, 1/час;

$K_{\text{об}}$ – обобщённый коэффициент эксплуатации;

$\lambda_{\text{о}j}$ – среднегрупповое значение интенсивности отказов элементов j -й группы, $j=1, \dots, k$, 1/год; k – число сформированных групп однотипных элементов;

n_j – количество элементов в j -й группе, $j=1, \dots, k$.

Формула для расчёта времени наработки на отказ .

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\text{е.р}}}, \quad (2.5)$$

где T_0 – наработка на отказ, час;

$\lambda_{\text{е.р}}$ – суммарная интенсивность отказа устройства с учётом электрического режима и условий эксплуатации, 1/час .

Формула для расчёта среднего времени безотказной работы устройства .

$$T_{\text{ср}} = T_0, \quad (2.6)$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее время безотказной работы устройства, час;

T_0 – наработка на отказ, час .

РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт технологичности» будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 – Форма для введения данных

В данной форме нужно ввести количество элементов, ввод осуществляется только числами от 0 до 9.

На рисунке 3.2 показан пример ввода данных

Рисунок 3.2 – Форма с введенными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - комплексный показатель технологичности (рисунок 3.3).

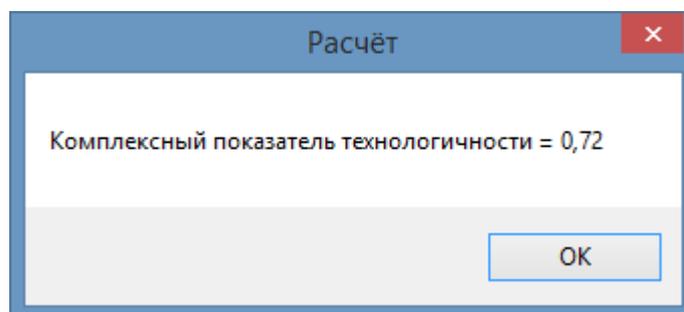


Рисунок 3.2 – Результат расчета

При нажатии кнопки «Назад», будет осуществлён переход в главное меню,

Расчёт технологичности печатного узла осуществляется по формулам (3.1-3.8).

Формула для расчёта комплексного показателя технологичности устройства (3.1).

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \times \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i}, \quad (3.1)$$

где K – комплексный показатель технологичности,

φ_i — весовая характеристика показателя;

K_i — коэффициенты, которые рассчитываются по формулам .

Формула для расчёта коэффициента автоматизации и механизации монтажа .

$$K_1 = \frac{H_{\text{к.м.э}}}{H_{\text{м}}}, \quad (3.2)$$

где K_1 – коэффициент автоматизации и механизации монтажа;

$H_{\text{к.м.э}}$ – количество монтажных соединений, которые количество монтажных соединений,

которые предполагается выполнять автоматизированным или механизированным способом;

H_m – общее количество монтажных соединений.

Формула для расчёта коэффициент автоматизации и механизации подготовки к монтажу .

$$K_2 = \frac{H_{e.p.a}}{H_n}, \quad (3.3)$$

где K_2 – коэффициент автоматизации и механизации подготовки к монтажу;

$H_{e.p.a}$ – количество ЭРЭ (электрорадиоэлементов) в штуках, подготовка которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов, что не нуждаются в определенной подготовки;

H_n – общее количество ЭРЭ, которые подготавливаются к монтажу, согласно с документацией.

Формула для расчёта коэффициента освоения ДСЭ (деталей и сборных элементов) .

$$K_3 = \frac{D_{т.р.}}{D_{з.т}}, \quad (3.4)$$

где K_3 – коэффициент освоения ДСЭ;

$D_{т.р.}$ – количество типоразмеров, взятых ДСЭ;

$D_{о.т.}$ – общее количество типоразмеров ДСЭ.

Формула для расчёта коэффициента использования микросхем .

$$K_4 = \frac{H_{e.m.c.}}{H_{e.m.c.} + H_{з.к.}}, \quad (3.5)$$

где K_4 – коэффициент использованных микросхем;

$H_{e.m.c.}$ – общее количество дискретных элементов, которые заменены микросхемами;

$N_{з.к.}$ – общее количество ЭРЭ, что не вошли в микросхемы.

Формула коэффициента повторений печатных плат .

$$K_5 = \frac{D_{к.т.п.}}{D_{п.п.}}, \quad (3.6)$$

где K_5 – коэффициент повторения печатных плат;

$D_{к.т.п.}$ – количество типоразмеров печатных плат РЭС (радиоэлектронные средства);

$D_{п.п.}$ – общее количество печатных плат РЭС.

Формула для расчёта коэффициента использования типовых технологических процессов .

$$K_6 = \frac{D_{д.г} + E_{з.г}}{D + E}, \quad (3.7)$$

где K_6 – коэффициент использование типовых технологических устройств;

$D_{д.г}$ та $E_{з.г}$ – количество деталей и сборных единиц, что изготавливаются с использованием

типовых и групповых технологических процессов соответственно;

D та E – общее количество деталей и сборных единиц РЭС, кроме крепления.

Формула для расчёта коэффициента автоматизации и механизации регулирования и контроля .

$$K_7 = \frac{N_{к.н.}}{N_{о.к.н.}}, \quad (3.8)$$

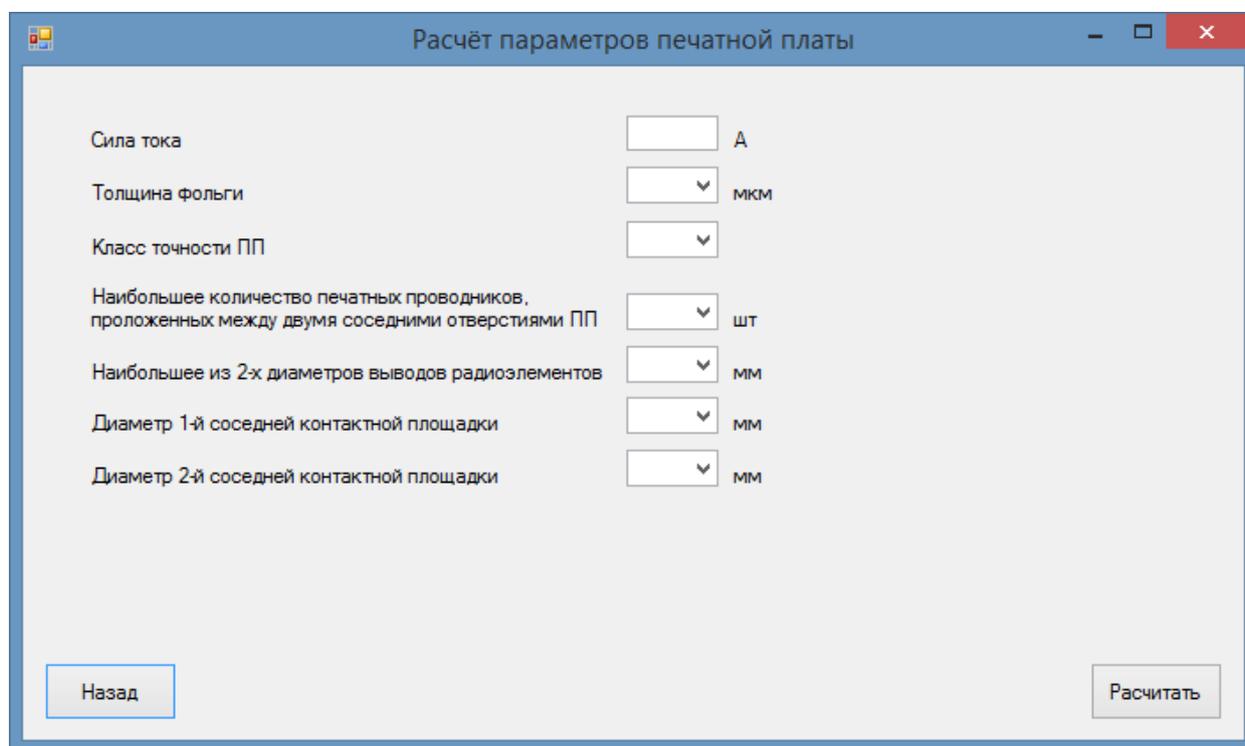
где K_7 – коэффициент автоматизации и механизации регулирования и контроля;

$N_{к.н.}$ – количество операций контроля и настроек, выполняемых на полуавтоматизированных и автоматизированных стендах;

$N_{о.к.н.}$ – общее количество операций контроля и настроек.

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт параметров печатной платы», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 4.1.



Сила тока	<input type="text"/>	А
Толщина фольги	<input type="text"/>	мкм
Класс точности ПП	<input type="text"/>	
Наибольшее количество печатных проводников, проложенных между двумя соседними отверстиями ПП	<input type="text"/>	шт
Наибольшее из 2-х диаметров выводов радиоэлементов	<input type="text"/>	мм
Диаметр 1-й соседней контактной площадки	<input type="text"/>	мм
Диаметр 2-й соседней контактной площадки	<input type="text"/>	мм

Назад Расчитать

Рисунок 4.1 – Форма для выбора и ввода данных

В данной форме нужно ввести силу тока, она вводится от 0 до 9, и одна запятая. Все остальные входные данные выбираются из предложенных данных.

На рисунке 4.2 показан пример с введенными данными

Сила тока	<input type="text" value="0.1"/>	А
Толщина фольги	<input type="text" value="35"/>	мкм
Класс точности ПП	<input type="text" value="3"/>	
Наибольшее количество печатных проводников, проложенных между двумя соседними отверстиями ПП	<input type="text" value="2"/>	шт
Наибольшее из 2-х диаметров выводов радиоэлементов	<input type="text" value="0.8"/>	мм
Диаметр 1-й соседней контактной площадки	<input type="text" value="2.5"/>	мм
Диаметр 2-й соседней контактной площадки	<input type="text" value="2.5"/>	мм

Назад Расчитать

Рисунок 4.2 – Форма с введенными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета - ширина проводника, наименьшее расстояние для прокладки n-го количества проводников и плотность тока

Ширина проводника=0,25 мм,
Наименьшее минимальное расстояние для прокладки n-го количества проводников: 2,9 мм,
Плотность тока: 11,43 А/мм²

OK

Рисунок 4.3 – Результат расчета

После нажатия кнопки «Назад», будет осуществлен переход в главное меню

Расчёт параметров печатной платы осуществляется по формулам (4.1-4.2).

$$l = \frac{D_1 + D_2}{2} + tn + S(n + 1) + T_1, \quad (4.1)$$

где l – наименьшее расстояние для прокладки n -й количества проводников;

D_1, D_2 – диаметры соседних контактных участков, мм;

T_1 – значение допуска печатного проводника, мм;

t – ширина печатного проводника, мм;

n – количество проводников.

$$j = \frac{I}{t \times h}, \quad (4.2)$$

где j – плотность тока, А/мм²;

I – сила тока, А;

t – ширина проводника, мм;

h – толщина фольги, мкм .

РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ПЕЧАТНОГО УЗЛА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

После выбора в главном меню соответствующей кнопки, будет осуществлён переход на форму, которая показана на рисунке 5.1.

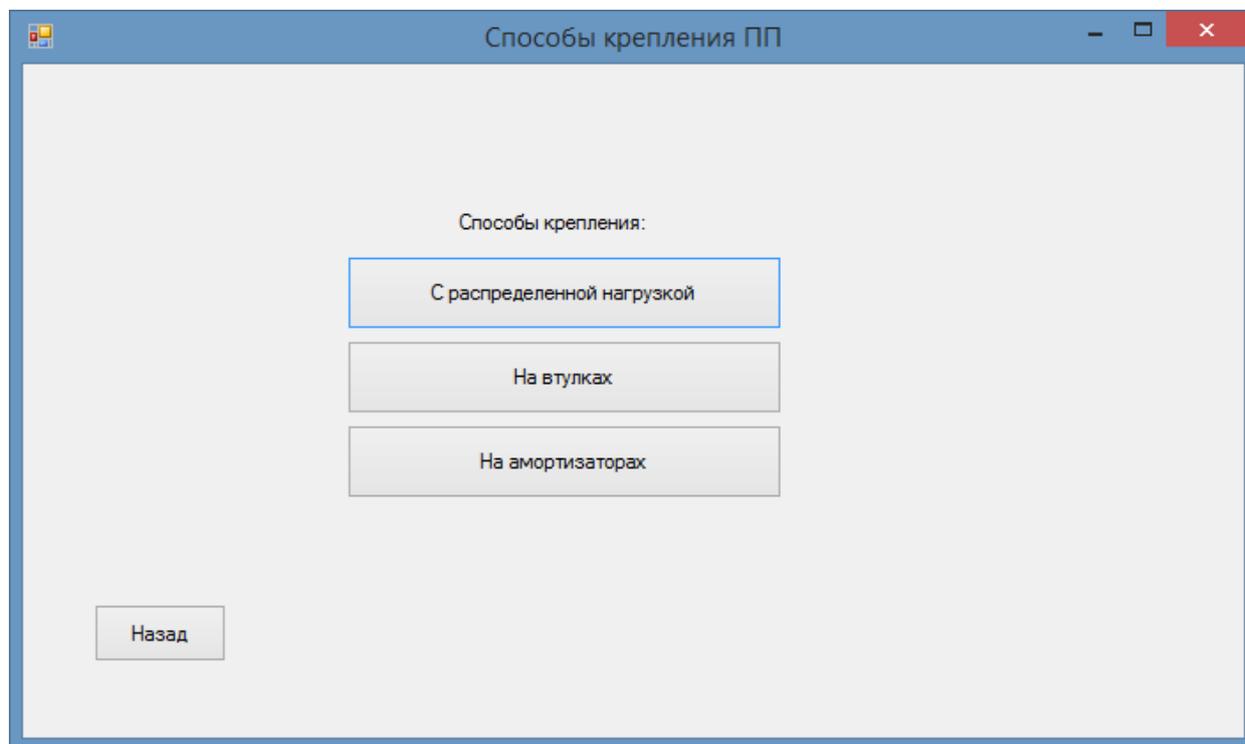


Рисунок 5.1 – Меню для выбора способа крепления

После выбора крепления с распределённой нагрузкой, будет осуществлен переход на форму для заполнения входных данных, для расчёта (рисунок 5.2).

С распределённой нагрузкой

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Модуль упругости 10¹⁰Па

Кoeffициент Пуассона

Номер крепления

Назад Расчёт

Рисунок 5.2 – Форма для введения и выбора информации

Кнопка помощи, нужна для выбора способа крепления и указания его в программе. Форма помощи показана на рисунке 5.3.

С распределённой нагрузкой

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Модуль упругости 10¹⁰Па

Кoeffициент Пуассона

Номер крепления

Эскиз	Эскиз	Эскиз	Эскиз
1	10	19	26
2	11	20	27
3	12	21	28
4	13	22	29
5	14	23	30
6	15	24	31
7	16	25	
8	17		
9	18		

Назад Расчёт

Рисунок 5.3 – Форма с открытой помощью

После выбора номера крепления необходимо ввести входные данные. Пример ввода данных для стеклотекстолита СТЭФ показан на рисунке 5.4.

Рисунок 5.4 – Форма с введенными данными

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета (рисунок 5.5).

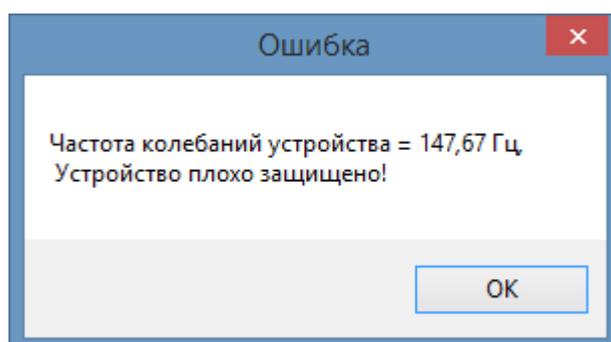


Рисунок 5.5 – Результат расчета

Расчёт защиты от механических влияний с распределенной нагрузкой, осуществляется по формуле (5.1)

$$f_p = \frac{K_\alpha}{2 \times \pi \times a^2} \times \sqrt{\frac{D}{m^*}}$$

где f_p – резонансная частота печатной платы с распределенной нагрузкой, Гц;

K_α – коэффициент, который зависит от способа крепления платы;

D – цилиндрическая жёсткость платы, Н/м;

a – длина платы, м;

m^* – распределенная масса печатной платы, кг/м.

Если выбран способ крепления на втулках, то будет осуществлен переход на форму, показанную на рисунке 5.6.

Рисунок 5.6 – Форма для ввода и выбора данных

Пример ввода данных для стеклотекстолита СТЭФ показан на рисунке 5.7.

На втулках

Нижняя частота внешних колебаний: 100 Гц

Верхняя частота внешних колебаний: 250 Гц

Длина платы: 0,3 м

Ширина платы: 0,2 м

Толщина платы: 0,001 м

Плотность материала: 1400 кг/м³

Масса деталей: 0,1 кг

Модуль упругости: 3,3 10¹⁰ Па

Коэффициент Пуассона: 0,278

Количество точек крепления: 4 шт

Назад

Расчёт

Рисунок 5.7

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета (рисунок 5.8).

Расчёт

Частота колебаний устройства = 5,67 Гц
Устройство защищено от механических воздействий!

ОК

Рисунок 5.8 – Результат после введения данных

Формула для расчёта резонансной частоты пластин закрепленных на втулках (5.2).

$$f_B = \left(A + \frac{1}{b^2} \right) \times \frac{1}{2 \times \pi} \times \sqrt{\frac{D}{m}} \quad (23)$$

где f_B – расчётная резонансная частота печатного узла, закрепленного на втулках, Гц;
 A – коэффициент, зависящий от количества точек крепления печатной платы;
 D – цилиндрическая жесткость платы, Н/м; 21);

b – длина платы, м.

Если выбран способ крепления на амортизаторах, будет осуществлен переход на форму, показанную на рисунке 5.9.

На амортизаторах

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Жесткость амортизатора Н/см

Количество амортизаторов шт

Назад Расчёт

Рисунок 5.9

Кнопка помощи, необходима для выбора жесткости амортизаторов (рисунок 5.10).

На амортизаторах

Помощь

Нижняя частота внешних колебаний Гц

Верхняя частота внешних колебаний Гц

Длина платы м

Ширина платы м

Толщина платы м

Плотность материала кг/м³

Масса деталей кг

Жесткость амортизатора Н/см

Количество амортизаторов шт

Название амортизаторов	Жёсткость амортизаторов (Н/см)
АН-6	91
АН-10	147
АН-15	245
АН-30	451
АН-50	785
АТ-8	245,3
АТ-13	441,5
АТ-13	441,5
АТ-10	686,7
АТ-40	981

Назад Расчёт

Рисунок 5.10 – Форма с открытой помощью

Пример ввода данных для стеклотекстолита СТЭФ показан на рисунке 5.11.

Название амортизаторов	Жесткость амортизаторов (Н/см)
АН-6	91
АН-10	147
АН-15	245
АН-30	451
АН-50	785
АТ-8	245,3
АТ-13	441,5
АТ-13	441,5
АТ-10	686,7
АТ-40	981

Рисунок 5.11

После нажатия кнопки «Расчёт», на экран выводится результат расчета (рисунок 5.12).

Рисунок 5.12 – Результат после введения данных

Формула для расчёта резонансной частоты пластин закрепленных на амортизаторах (5.3).

$$f_a = \frac{1}{2 \times \pi} \times \sqrt{\frac{K_{\Sigma}}{m^*}} \quad (5.3)$$

где f_a – расчёт резонансной частоты печатной платы закрепленной на амортизаторах, Гц;

K_{Σ} – суммарная жесткость системы, Н/см;

m_{Π} – распределенная масса печатной платы, кг.

РАСЧЁТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПЕЧАТНОГО УЗЛА

После выбора в главном меню кнопки «Расчёт теплового режима печатного узла», будет осуществлён переход на следующую форму, которая показана на рисунке 6.1.

Ширина корпуса	<input type="text"/>	м	Количество перфорированных отверстий	<input type="text"/>	шт
Длина корпуса	<input type="text"/>	м	Температура внешней среды	<input type="text"/>	°C
Высота корпуса	<input type="text"/>	м	Количество теплонагруженных элементов	<input type="text"/>	шт
Коэффициент заполнения корпуса	<input type="text"/>				
Мощность рассеивания в блоке	<input type="text"/>	Ватт			
Давление вне корпуса	<input type="text"/>	Па			
Давление в корпусе	<input type="text"/>	Па			
Площадь одного перфорированного отверстия	<input type="text"/>	м²			

Назад Далее

Рисунок 6.1 – Форма для введения входных данных

Пример ввода данных показан на рисунке 6.2.

Ширина корпуса	<input type="text" value="0.1"/>	м	Количество перфорированных отверстий	<input type="text" value="60"/>	шт
Длина корпуса	<input type="text" value="0.4"/>	м	Температура внешней среды	<input type="text" value="25"/>	°C
Высота корпуса	<input type="text" value="0.4"/>	м	Количество теплонагруженных элементов	<input type="text" value="1"/>	шт
Коэффициент заполнения корпуса	<input type="text" value="0.6"/>				
Мощность рассеивания в блоке	<input type="text" value="30"/>	Ватт			
Давление вне корпуса	<input type="text" value="11"/>	Па			
Давление в корпусе	<input type="text" value="12"/>	Па			
Площадь одного перфорированного отверстия	<input type="text" value="0.002"/>	м²			

Назад Далее

Рисунок 6.2

После нажатия кнопки «Далее», будет выведена на экран следующая форма, для заполнения данных теплонагруженных элементов (рисунке 6.3).

Название элемента	<input type="text"/>
Мощность, что рассеивается элементом	<input type="text"/> Вт
Площадь поверхности элемента	<input type="text"/> м ²
Максимальная температура элемента	<input type="text"/> °C
Количество элементов	<input type="text"/>

Назад Далее

Рисунок 6.3 – Форма для введения данных теплонагруженных

Пример ввода данных показан на рисунке 6.4.

Название элемента	<input type="text" value="Резистор"/>
Мощность, что рассеивается элементом	<input type="text" value="0,4"/> Вт
Площадь поверхности элемента	<input type="text" value="0,008"/> м ²
Максимальная температура элемента	<input type="text" value="25"/> °C
Количество элементов	<input type="text" value="5"/>

Назад Далее

Рисунок 6.4 – Форма с введенными данными теплонагруженного элемента

После нажатия кнопки «Расчёт», будет выведен на экран: результат расчета -название элемента, температуру нагретой зоны и максимальную температуру элемента (рисунок 6.5).

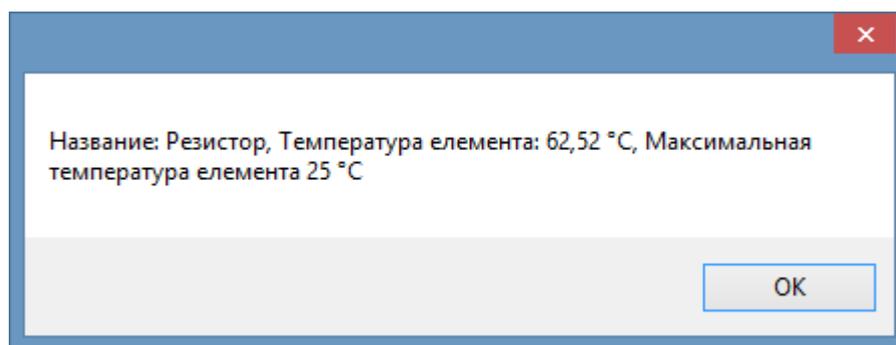


Рисунок 6.5 – Результат расчета

Формулы для расчёта теплового режима печатного узла (6.1-6.3).

Формула для розрахунку питомої потужності елемента (25).

$$q_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{ел}}}{S_{\text{ел}}}, \quad (6.1)$$

где $q_{\text{ел}}$ – удельная мощность элемента, Ватт/м²;

$P_{\text{ел}}$ – мощность, что рассеивается элементом, Ватт;

$S_{\text{ел}}$ – площадь поверхности элемента, м².

Формула для расчета перегрева поверхности элемента

$$\theta_{\text{ел}} = \theta_{\text{з}} \times \left(0,75 + 0,25 \times \frac{n_{\text{ел}} \times q_{\text{ел}}}{q_{\text{з}}} \right), \quad (6.2)$$

где $\theta_{\text{ел}}$ – перегрев поверхности элемента, °C;

$n_{\text{ел}}$ – количество соответствующих элементов,

$q_{\text{ел}}$ – удельная мощность элемента, Ватт/м²;

$q_{\text{з}}$ – удельная мощность нагретой зоны блока, Ватт/м².

Формула для расчета температуры поверхности элемента.

$$T_{\text{ел}} = \theta_{\text{ел}} + T_{\text{НС}}, \quad (6.3)$$

где $T_{\text{эл}}$ – температура поверхности элемента, °С;

$T_{\text{нс}}$ – температура окружающей среды, °С;

$\theta_{\text{эл}}$ – перегрев поверхности элемента, °С .

Список литературы

Основные источники:

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учеб. для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др.; ред. В. А. Шахнов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 528 с.
2. Сарафанов, А. В. Основы проектирования электронных средств: Техническое задание. Формирование и анализ: учеб. пособие / А. В. Сарафанов, С. И. Трегубов; Краснояр. гос. техн. ун-т. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. - 140 с.
3. Кофанов, Ю. Н. Автоматизация проектирования РЭС. Топологическое проектирование печатных плат: учеб. пособие / Ю. Н. Кофанов, А. В. Сарафанов, С. И. Трегубов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2001. - 220 с.
4. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат: учеб. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 560 с. (Высшее образование)

5. Ненашев, А. П. Конструирование радиоэлектронных средств: учеб. для радиотехнич. спец. вузов / А. П. Ненашев. - М.: Высш. шк., 1990. - 432 с.
6. Князев, А. Д. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А. Д. Князев, Л. Н. Кечнев, Б. В. Петров. - М.: Радио и связь, 1989. - 222 с.
7. Романычева Э.Т. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА, справ., М., Радио и связь, 1989, 445 с.
- 8 Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Под ред. Шахнова В.А., Из-во МГТУ им. Баумана, М., 2002, с.524.
- 9 Муромцев Д.Ю. Белоусов О.А. Компьютерные технологии для расчета тепловых режимов и механических воздействий, Из-во ТГТУ, Тамбов, 2012, с. 88.
- 10 3 Белянин Л.Н. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности, Из-во ТПУ, Томск, с.77.

i.

Дополнительные источники:

- 1 Панков Л.Н. Асланянц В.Р. Долгов Г.Ф. Основы проектирования Электронных средств, Владимир, 2007, с.236.
- 2 Домнич В.И. Конструирование РЭС. Теплозащита, Киев 1993, с.246.
- 3 Стандарты
ГОСТ 2.001-93 ЕСКД. Общие положения.
ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
ГОСТ 2.051-2006 ЕСКД. Электронные документы. Общие положения. ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД. Электронная модель изделия. Общие положения. ГОСТ 2.053-2006 ЕСКД. Электронная структура изделия. Общие положения. ГОСТ 2.101-68 ЕСКД. Виды изделий.
ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов. ГОСТ 2.103-68 ЕСКД. Стадии разработки.
ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам. ГОСТ 2.111-68 ЕСКД.

Нормоконтроль.

ГОСТ 2.113-75 ЕСКД. Групповые и базовые конструкторские документы. ГОСТ 2.114-95 ЕСКД.

Технические условия.

ГОСТ 2.115-70 ЕСКД. Технические условия. Порядок согласования, утверждения и государственной регистрации.

ГОСТ 2.118-73 ЕСКД. Техническое предложение. ГОСТ 2.119-73 ЕСКД.

Эскизный проект.

ГОСТ 2.120-73 ЕСКД. Технический проект.

ГОСТ 2.123-93 ЕСКД. Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании.

ГОСТ 2.124-85 ЕСКД. Порядок применения покупных изделий

ГОСТ 2.125-88 ЕСКД. Правила выполнения эскизных конструкторских документов

Общие правила выполнения чертежей

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД.

Форматы.

ГОСТ 2.302-68 ЕСКД.

Масштабы.

ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Линии.

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные.

ГОСТ 2.305-68 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.

ГОСТ 2.306-68 ЕСКД. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах. ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ГОСТ 2.308-79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей. ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей.

ГОСТ 2.310-68 ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий,

термической и других видов обработки.

ГОСТ 2.311-68 ЕСКД. Изображение резьбы.

ГОСТ 2.312-72 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. ГОСТ 2.313-82 ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений. ГОСТ 2.314-68 ЕСКД. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий. ГОСТ 2.315-68 ЕСКД. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей.

ГОСТ 2.316-68 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

ГОСТ 2.317-69 ЕСКД. Аксонометрические проекции.

ГОСТ 2.318-81 ЕСКД. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий. ГОСТ 2.319-81 ЕСКД. Правила выполнения диаграмм.

ГОСТ 2.320-82 ЕСКД. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов.

ГОСТ 2.321-84 ЕСКД. Обозначения буквенные.

Обозначения условные графические в схемах

ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ 2.703-68 ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем.

ГОСТ 2.704-76 ЕСКД. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.

ГОСТ 2.705-70 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками. ГОСТ 2.707-84 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем железнодорожной сигнализации, централизации и блокировки.

ГОСТ 2.708-81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.

ГОСТ 2.709-89 ЕСКД. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.

ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. ГОСТ 2.711-82 ЕСКД. Схема деления

изделия на составные части.

ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего при- менения.

ГОСТ 2.722-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические. ГОСТ 2.723-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.

ГОСТ 2.725-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие. ГОСТ 2.726-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Токосъемники.

ГОСТ 2.727-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители. ГОСТ 2.728-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. ГОСТ 2.729-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмеритель - ные.

ГОСТ 2.730-73 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводни- ковые.

ГОСТ 2.731-81 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные. ГОСТ 2.732-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.

ГОСТ 2.733-68 ЕСКД. Обозначения условные графические детекторов ионизирующих излучений в схемах.

ГОСТ 2.734-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Линии сверхвысокой частоты и их элементы.

ГОСТ 2.735-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Антенны и радиостанции. ГОСТ 2.736-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектриче - ские и магнитострикционные. Линии задержки.

ГОСТ 2.737-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства связи.

ГОСТ 2.739-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты, коммутаторы и станции коммутационные телефонные.

ГОСТ 2.740-89 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты и трансляции теле- графные.

ГОСТ 2.741-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические.

ГОСТ 2.743-91 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники. ГОСТ 2.744-68 ЕСКД. Обозначения условные

графические в схемах. Устройства электрозапаль - ные.

ГОСТ 2.745-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устрой- ства и установки электротермические.

ГОСТ 2.746-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Генераторы и усилители квантовые.

ГОСТ 2.747-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графиче - ских обозначений.

ГОСТ 2.749-84 ЕСКД. Элементы и устройства железнодорожной сигнализации, централизации и блокировки.

ГОСТ 2.752-71 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства телемеханики. ГОСТ 2.755-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.

ГОСТ 2.756-76 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть элек- тромеханических устройств.

ГОСТ 2.757-81 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы коммутационного поля коммутационных систем.

ГОСТ 2.758-81 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Сигнальная техника.

ГОСТ 2.759-82 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техни- ки.

ГОСТ 2.761-84 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Компоненты волоконно-опти- ческих систем передачи.

ГОСТ 2.762-85 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Частоты и диапазоны частот для систем передачи с частотным распределением каналов.

ГОСТ 2.763-85 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства с импульсно-кодовой модуляцией.

ГОСТ 2.764-86 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Интегральные оптоэлектронные элементы индикации.

ГОСТ 2.765-87 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Запоминаю- щие устройства.

ГОСТ 2.767-89 ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. Реле защиты. ГОСТ 2.768-90 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимиче - ские, электротермические и тепловые.

ГОСТ 2.770-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.

