



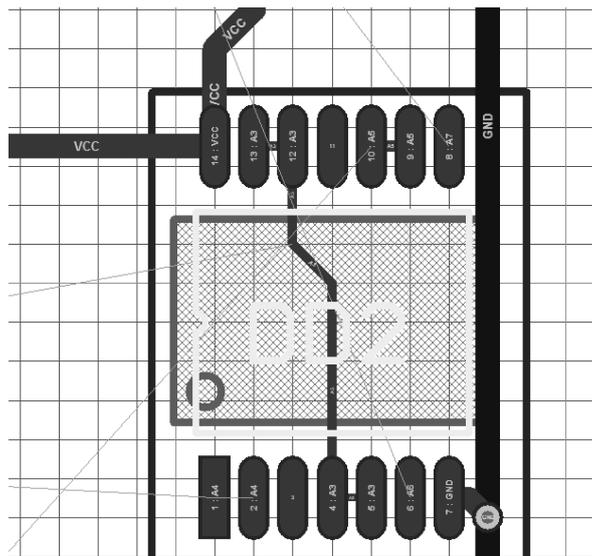
Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

Д.В.Озёркин

ALTIUM DESIGNER. SOLIDWORKS

Сборник практических заданий
по проектированию печатных узлов РЭС

Часть 3. Топологическое проектирование



ТОМСК 2012

Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой КИПР
В.Н. ТАТАРИНОВ

“ ____ ” _____ 20__ .

Д.В.Озёркин

ALTIUM DESIGNER. SOLIDWORKS

Сборник практических заданий
по проектированию печатных узлов РЭС

Часть 3. Топологическое проектирование

2012

Рецензент: доцент каф. КИПР, к.т.н. Ю.П.Кобрин

Технический редактор: доцент каф. КИПР, к.т.н. Д.В.Озёркин

Озёркин Д.В.

Altium Designer. SolidWorks. Сборник практических заданий по проектированию печатных узлов РЭС.

Часть 3. Топологическое проектирование. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 93 с.

Сборник практических заданий предназначен для получения навыков конструирования и проектирования печатных узлов с использованием современных САПР Altium Designer и SolidWorks.

Сборник практических заданий будет полезен для студентов специальностей радиотехнического профиля, а также для разработчиков РЭА, желающих повысить свою квалификацию в области новых информационных технологий.

© Озёркин Д.В., 2012

© Кафедра КИПР Томского

государственного университета систем
управления и радиоэлектроники, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАНИЕ №24. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В РЕДАКТОР ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	4
ЗАДАНИЕ №25. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОГО УЗЛА	8
ЗАДАНИЕ №26. ИНТЕРАКТИВНОЕ И АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ЭРИ	13
ЗАДАНИЕ №27. ИНТЕРАКТИВНАЯ ТРАССИРОВКА	18
ЗАДАНИЕ №28. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА	24
ЗАДАНИЕ №29. ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ.....	28
ЗАДАНИЕ №30. ТИПОВЫЕ ПРИЕМЫ ТРАССИРОВКИ	31
ЗАДАНИЕ №31. ПРОВЕРКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ	33
ЗАДАНИЕ №32. МНОГОВАРИАНТНЫЕ ПРОЕКТЫ.....	38
ЗАДАНИЕ №33. СРАВНЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ФИЗИЧЕСКОМ И ЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЯХ.....	41
ЗАДАНИЕ №34. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ЭТАПЫ К АНАЛИЗУ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛОВ.....	44
ЗАДАНИЕ №35. АНАЛИЗ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛОВ В ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ.....	51
ЗАДАНИЕ №36. СОБСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА ALTIUM DESIGNER, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	57
ЗАДАНИЕ №37. ИМПОРТИРОВАНИЕ И ЭКСПОРТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ	65
ЗАДАНИЕ №38. РАБОТА С БАЗОЙ ЭЛЕМЕНТОВ TOOLBOX.....	73
ЗАДАНИЕ №39. КОНФИГУРАЦИИ СБОРОК	81
ЗАДАНИЕ №40. АНАЛИЗ ГОТОВЫХ СБОРОК	85
САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ	90

ЗАДАНИЕ №24. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В РЕДАКТОР ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXF/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Создание печатной платы.

1. Кнопка System в нижней правой части экрана. Выбор пункта Files. Раздел New from Template (в самом низу). Выбор пункта PCB Board Wizard. Запуск мастера печатных плат.

2. Первое окно мастера. Кнопка Next.

3. Второе окно. Выбор метрической системы координат = Metric. Кнопка Next.

4. Третье окно. Выбор пункта Custom (пользовательский). Кнопка Next.

5. Четвертое окно. Установка размеров печатной платы.

Outline Shape = Rectangular.

Board Size. Width = 80 mm.

Height = 60 mm.

Boundary Track Width = 0.2 mm.

Dimension Line Width = 0.2 mm.

Keep Out Distance from Board Edge = 1 mm.

Кнопка Next.

6. Пятое окно. Установка количества слоев.

Signal Layers = 2.

Power Planes = 0.

Кнопка Next.

7. Шестое окно. Выбор сквозных переходных отверстий

Thruhole Vias only.

Кнопка Next.

8. Седьмое окно. Выбор преобладающих элементов.

Through-hole Components.

Количество печатных проводников между контактными площадками = One Track.

Кнопка Next.

9. Восьмое окно. Установим значения, характерные для третьего класса точности.

Minimum Track Size = 0.25 mm. Сотые доли программой *визуально* не воспринимаются.

Minimum Via Width = 0.8 mm.

Minimum Via Hole Size = 0.4 mm.

Minimum Clearance = 0.25 mm.

Кнопка Next.

10. Девятое окно. Кнопка Finish. В результате появится рабочее поле с печатной платой.

11. Вкладка Projects. Сохранение файла File/Save As = Печатная плата устройства аналого-цифрового. Расширение PcbDoc добавится автоматически.

12. Выбор в дереве проектов или загрузка проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Печатная плата устройства аналого-цифрового.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» входят два документа: «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc» и «Печатная плата устройства аналого-цифрового.PcbDoc».

13. Удаление размерных цепей. Выделить размерную цепь «78,00» и нажать клавишу Delete. Выделить размерную цепь «58,00» и нажать клавишу Delete.

II. Установка сеток, слоев и стеков.

1. Установка сеток. Design/Board Options.

Убедиться, что Unit = Metric.

Snap Grid. X = Y = 1.25 mm.

Component Grid. X = Y = 1.25 mm.

Electrical Grid = 1.25 mm.

Visible Grid 1 = 1.25 mm.

Visible Grid 2 = 12.5 mm.

2. Установка слоев. Design/Board Layers & Colors. Вкладка Board Layers And Colors.

Группа слоев Mechanical Layers. Переименовать слои Mechanical 2 ...Mechanical 7 в соответствии со списком:

Примечание: для переименования нужно сделать двойной размерный (небыстрый) щелчок на имени слоя.

Top Courtyard – зона запрета установки других элементов сверху

Top Assy – изображение ЭРИ для сборочного чертежа сверху

Top Component Body – слой для размещения трехмерного изображения сверху

Bottom Courtyard – зона запрета установки других элементов снизу

Bottom Assy – изображение ЭРИ для сборочного чертежа снизу

Bottom Component Body – слой для размещения трехмерного изображения снизу

Для каждого из переименованных слоев включить опции Show и Enable. Остальные слои Mechanical 8 ...Mechanical 16 можно выключить.

Назначение пар слоев. Кнопка Layer Pairs слева внизу. Кнопка Add.

Layer 1 = Top Courtyard

Layer 2 = Bottom Courtyard

Аналогично составить пары: Top Assy и Bottom Assy; Top Component Body и Bottom Component Body.

Включить для показа следующие группы слоев:

Top Layer, Bottom Layer – сигнальные слои;

Top Paste, Bottom Paste, Top Solder, Bottom Solder – слои защитной и паяльной масок;

Top Overlay, Bottom Overlay – слои шелкографии;

Drill Guide, Keep-Out Layer, Drill Drawing, Multi-Layer – прочие слои.

В разделе System Color убедиться, что включены:

Connections and From Tos, DRC Error Markers, Visible Grid 1, Visible Grid 2, Pad Holes, Via Holes.

3. Проверка стека слоев печатной платы. Design/Layer Stack Manager. На рисунке должно быть представлено два сигнальных слоя: Top Layer и Bottom Layer. Изменим значение толщины печатной платы. Выделим с помощью мыши значение Core на рисунке. Кнопка Properties (справа). В поле Thickness введем значение 1.5 mm. Закроем оба диалоговых окна.

4. Сохранение результатов. File/Save All.

III. Прорисовка внешнего контура печатной платы.

1. Выбор слоя Mechanical Layer 1 (вкладка внизу рабочего поля). Установка шага сетки 0.025 mm. Горячая клавиша G.

2. Команда Place/Line. Наведем указатель мыши на левый нижний угол черного поля платы и выполним щелчок левой кнопкой мыши.

3. Последовательным нажатием сочетания клавиш Shift+Spacebar установить режим рисования 90°.

4. Переместить указатель мыши в левый верхний угол платы и щелчком левой кнопки мыши завершить рисование первого сегмента контура.
5. Аналогично п. 4 нарисовать все остальные сегменты замкнутого контура платы.
6. Нажатием на клавишу Esc выйти из режима рисования.
7. Установка точки привязки. Edit/Origin/Set. Кнопкой PgUp приблизить левый нижний угол.левой кнопкой мыши сделать щелчок в левый нижний угол печатной платы. В результате точка привязки (кружок с перекрестьем) окажется в левом нижнем углу. Кнопкой G выбрать сетку в 1 мм.

IV. Передача информации об электрической схеме в редактор печатных плат.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Печатная плата устройства аналого-цифрового.SchDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Передача информации*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Передача информации.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» входят три документа: «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc», «Печатная плата устройства аналого-цифрового.PcbDoc» и «Передача информации.PcbDoc».
4. Сделать активным документ «Передача информации.PcbDoc». Запуск мастера передачи информации. Design/Import Changes from Устройство аналого-цифровое.PrjPcb. Появление диалогового окна Engineering Change Order.
5. Кнопка Validate Changes (слева внизу). В правой части таблицы должен появиться столбик из зеленых галочек.
6. Кнопка Execute Changes (слева внизу). В правой части таблицы должен появиться второй столбик из зеленых галочек.
7. Кнопка Close для закрытия диалогового окна. В результате на рабочем поле в редакторе печатных плат должны появиться посадочные места элементов, входящих в схему (обычно появляются в правой части за пределами видимой области экрана). Между элементами протянуты *виртуальные* линии электрической связи. Пока эти линии *не являются* печатными проводниками.
8. Сохранение результатов. File/Save All.

IV. Размещение монтажных отверстий на печатной плате.

1. С помощью горячей клавиши G установить шаг сетки 2.5mm. Команда Place/Pad. Уточнение свойств. Клавиша Tab на клавиатуре.
 - Hole Size = 2.4 mm. Соответствуют 2 ряду отверстий для винта M2.
 - Designator = Otv.
 - Layer = Multi-Layer
 - Net = GND. Означает, что монтажные отверстия будут иметь контакт с общим проводником.
 - Electrical Type = Load.
 - Plated выключить. Металлизацию крепежного отверстия делать не рекомендуется.
 - Locked включить. Означает, что монтажное отверстие имеет фиксированные координаты.
 - Size and Shape = Simple.
 - X Size = Y Size = 4.5 mm. Соответствует диаметру шайбы для винта M2.
 - Shape = Round.
2. Разместить монтажное отверстие в левый нижний угол с координатами $X = Y = 7.5$ mm.

3. Размещение переходных отверстий на ободке крепежного отверстия. С помощью горячей клавиши G установить шаг 0.25 мм. Place/Via. Уточнение свойств. Клавиша Tab на клавиатуре.

Hole Size = 0.4mm

Diameter = 0.8mm

Net = GND

Опцию Locked включить

Установить переходное отверстие на ободке крепежного отверстия в позиции «12 часов».

Аналогично установить еще три переходных отверстия в позициях «3 часа», «6 часов», «9 часов». Вернуться к шагу 2.5 мм.

4. Создание юниона (объединенное множество элементов). Протянуть мышью воображаемый прямоугольник над крепежным отверстием. В результате крепежное отверстие и все переходные отверстия будут выделены. Щелчок правой клавишей мыши на выделенных объектах. Выбор пункта Unions/Create Union from selected object.

5. Копирование юнионов. С помощью протягивания выделить юнион. Щелчок правой клавишей мыши. Выбор пункта Unions/Select All In Union. Edit/Copy. Щелчок левой клавишей мыши в центре юниона. Edit/Paste Special. Включить опцию Keep net name. Разместить юнионы в координатах: (7.5 mm, 52.5 mm); (72.5 mm, 52.5 mm); (72.5 mm; 7.5 mm).

6. Убедиться, что каждое монтажное и переходное отверстие имеет параметр Net = GND. В результате на экране от каждого монтажного отверстия должна появиться виртуальная электрическая связь.

7. Сохранение результатов. File/Save All.



ЗАДАНИЕ №25. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdf) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Ручное размещение элементов.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Передача информации.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Ручное размещение*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Ручное размещение.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» входят четыре документа: «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc», «Печатная плата устройства аналого-цифрового.PcbDoc», «Передача информации.PcbDoc» и «Ручное размещение.PcbDoc».
4. Сделать активным документ «Ручное размещение.PcbDoc». Горячая клавиша G. Установка шага сетки 0.25 mm. Щелчок внутри области размещения элементов «Электрическая схема устройства аналого-цифрового». Перетащить за маркеры границы области так, чтобы они совпадали с внутренним контуром на печатной плате. Убедиться, что в результате внутренний контур печатной платы закрыт полупрозрачной областью, по центру которой написано «Электрическая схема...».
- Двойной щелчок в любом месте полупрозрачной области. Диалоговое окно Edit Room Definition. Включить опцию Room Locked. Это предотвратит случайное смещение области.
5. Горячая клавиша G. Установка шага сетки 2.5 mm. Выделим левым щелчком мыши разъем X1. Нажав левую кнопку мыши, перетащим разъем на место, согласно рисунка (см. отдельный лист). Если во время перетаскивания нажать кнопку «Пробел», то элемент поворачивается на 45°. При размещении разъема нетрудно заметить, что его длина превосходит длину печатной платы. Оставим пока эту ошибку без исправления.
6. Аналогично п. 5 проведем размещение остальных элементов в ручном режиме. Местоположение и ориентацию элементов сверяем с рисунком (см. отдельный лист). При перемещении элементов на экране появляются две связанные линией цветные точки, показывающие геометрические центры старой и новой позиции элемента (точки приклеивания). Если точки имеют зеленый цвет, то система считает текущее положение элемента удачным по совокупности признаков. В противном случае точки отображаются красным цветом.

Примечание 1. Если во время работы с печатной платы мешает полупрозрачное информационное окно, прикрепленное к указателю мыши, то его можно отключить сочетанием клавиш Shift + H.

Примечание 2. Заметим, что, несмотря на установку шага сетки в 2.5 мм, размещение компонентов проводится по сетке 1.25 мм. Связано это с тем, что в диалоговом окне Board Option нами было установлено значение Component Grid = 1.25mm (см. задание 24, п. II.1).

7. Сохранение результатов работы. File/Save.
8. Исследуем очевидное нарушение, замеченное нами в п. 5. Для этого щелкнем мышью внутри области размещения элементов. Затем нажмем сочетание клавиш Shift + V. В результате появится информационное окно Board Insight с подробной информацией о выявленном нарушении. В нашем случае суть нарушения в том, что элемент на слое Top Layer выходит за границы области размещения элементов на этом же слое. Закроем окно Board Insight.

II. Замена элемента в проекте.

1. Вкладка Projects. Выбор документа «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc». Работа в редакторе схем.
2. Выделим щелчком мыши секцию X1:1, а затем нажмем на Del для ее удаления. Текст «Выход А» остается без изменения.
3. Аналогично п. 2 удалим секции X1:2, X1:3, X1:4.
4. Раскрытие боковой панели Libraries. Выбор из первого выпадающего списка библиотеки «Проектная библиотека.IntLib». Выбор из списка элементов разъема PLS-2. Кнопка PLS-2.
5. Размещение разъема PLS-2. Клавиша Tab клавиатуры. Поле Designator = X1. При размещении контакты разъема должны присоединиться к проводникам А6, А7. Клавиша Esc для прекращения ввода новых элементов.
6. Выделить позиционное обозначение X1 и переместить направо от УГО разъема.
7. Аналогично п. 4...6 разместить на поле чертежа разъем X2 типа PWL-2 М.
8. Выбор документа «Ручное размещение.PcbDoc». Работа в редакторе плат.
9. Выделим щелчком мыши элемент X1, а затем нажмем на Del для его удаления. Заметим, что с момента удаления разъема X1 исчезла также зеленая штриховка. Эта штриховка в редакторе плат в интерактивном режиме показывает конфликтные области.
10. Поиск разъема PLS-2. Place/Component. Выбор типа размещения. Placement Type = Component. В поле Lib Ref нажмем на кнопку ... справа. В появившемся диалоговом окне Browse Libraries в выпадающем списке Libraries выбрать библиотеку «Проектная библиотека.IntLib». В списке компонентов выбрать разъем PLS-2. Кнопка ОК. В диалоговом окне Place Component укажем Designator = X1. Кнопка ОК.

Примечание. Если п. 10 не получается, то следует удалить из проекта библиотеку «Проектная библиотека.IntLib», а затем подключить ее к проекту заново (см. задание 12, п. II).

11. Размещение разъема PLS-2 в верхней правой части печатной платы. Клавиша Esc для отмены дальнейших действий.
12. Аналогично п. 10, 11 разместить разъем X2 типа PWL-2 М в верхней левой части печатной платы.
13. Сопоставление УГО и посадочных мест. Project/Component Links. Диалоговое окно Edit Component Links. Выбрать в левом списке элемент X1. Выбрать в среднем списке элемент X1. Нажать кнопку > справа от среднего списка для перемещения пары в правый список. Оставшиеся элементы X2 в левом и среднем списках также переместить в правый список.
14. Подтверждение сопоставления. Кнопка Perform Update. Появление информационного окна. Кнопка ОК.
15. Выбор документа «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc». Обновление информации. Design/Update PCB Document Ручное размещение.PcbDoc.
16. Внесение изменений. В диалоговом окне Engineering Change Order нажать кнопку Validate Changes (слева внизу). В результате справа должен появиться столбик зеленых галочек. Кнопка Execute Changes. В результате справа должен появиться второй столбик зеленых галочек. Кнопка Close. В результате на печатной плате должны появиться виртуальные электрические связи к разъемам PLS-2 и PWL-2 М.
17. Сохранение результатов. File/Save.

III. Объединение в классы цепей.

1. Выбор документа «Ручное размещение.PcbDoc». Команда Design/Classes.
2. Диалоговое окно Object Class Explorer. Выбор раздела Net Classes в дереве слева. Убедиться, что в разделе присутствуют классы цепей «Силовые», «Шина». Заметим, что эти классы были назначены на этапе проектирования электрической схемы (см. задание 13, п. II.1 – II.5).
3. Добавление цепи в класс цепей. Выделить пункт «Силовые» в разделе Net Classes. С помощью кнопки > переместить цепь GND из списка слева в список справа.

4. Завершение работы. Кнопка Close.

IV. Задание правил проектирования.

1. Команда Design/Rules. Работа в диалоговом окне PCB Rules and Constraints Editor.
2. Задание унарных правил «Ширина проводника». Выбор в дереве слева раздела Routing. Раскрытие значка +. Раскрытие подраздела Width. Убедиться, что в подразделе присутствует правило Schematic Width Constraint. Это правило было задано нами на этапе проектирования электрической схемы (см. задание 13, п. II.6 – II.8).
3. Изменение названия правила проектирования. Выбрать в дереве слева название правила Schematic Width Constraint. В правой части окна в поле Name изменить название на более понятное – «Ширина Шина». В поле Comment введем пояснение – «Ширина проводников, входящих в шину».
4. Изменение названия класса цепей. Группа Where the First object matches. В выпадающем списке выбрать класс цепей «Шина». В результате в области справа будет сформирован запрос InNetClass('Шина'). По сравнению с предыдущим запросом, который тоже являлся правильным, новый запрос более понятен. Для сохранения правила «Ширина Шина» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).
5. Выбор в дереве слева *подчиненного* имени Width. Работа в правой части диалогового окна.

Name = Ширина Силовые.

Comment = Ширина силовых цепей.

Where the First object matches = Net Class. В активном выпадающем списке выбрать класс «Силовые». В результате справа появится запрос InNetClass('Силовые').

Max Width = 0.9 mm.

Preferred Width = 0.8 mm.

Min Width = 0.7 mm.

Для сохранения правила «Ширина Силовые» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

6. Выбор в дереве слева *подраздела* Width. Правая кнопка мыши. Выбор пункта New Rule. Выбор появившегося подчиненного имени Width.

7. Работа в правой части диалогового окна.

Name = Прочие.

Comment = Ширина проводников, не входящих в классы цепей.

Where the First object matches = All. В результате справа появится запрос All.

Max Width = 0.6 mm.

Preferred Width = 0.6 mm.

Min Width = 0.6 mm.

Для сохранения правила «Прочие» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

8. Расстановка приоритетов. Выбор в дереве слева подраздела Width. Кнопка Priorities (слева внизу). Появление диалогового окна Edit Rule Priorities. Выделить в списке правило «Ширина Силовые». С помощью кнопки Increase Priority переставить правило в списке на первое место. Это означает, что правило имеет наивысший приоритет.

9. Аналогично п. 8 поставить на второе место в списке правило «Ширина Шина». Заккрытие окна кнопкой Close.

10. В диалоговом окне PCB Rules and Constraints Editor в списке справа нажать на поле Priority. В результате правила проектирования будут отсортированы по степени приоритета – от 1 до 3. Сохранение результатов. Кнопка Apply.

11. Задание унарного правила «Скачок ширины проводника». Выбор в дереве слева раздела SMT. Раскрытие значка +. Выбор подраздела SMD Neck-Down. Правый щелчок мыши. Выбор пункта New Rule. Раскрытие подраздела SMD Neck-Down. Выбор подчиненного имени SMDNeckDown.

12. Работа в правой части диалогового окна.

Name = Скачок.

Comment = Скачок ширины проводника для планарных контактных площадок.

Where the First object matches = All. В результате справа появится запрос All.

Neck-Down = 100%.

Для сохранения правила «Скачок» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

13. Задание унарного правила «Переходное отверстие». Выбор в дереве слева раздела Routing. Раскрытие значка +. Выбор подраздела Routing Via Style. Выбор пункта Routing Vias.

14. Работа в правой части диалогового окна.

Via Diameter. Minimum = Maximum = Preferred = 0.8mm

Via Hole Size. Minimum = Maximum = Preferred = 0.4mm

Для сохранения правила «Переходное отверстие» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

15. Задание бинарных правил «Зазоры между проводниками». Выбор в дереве слева раздела Electrical. Раскрытие значка +. Раскрытие подраздела Clearance. Выбор подчиненного имени Clearance.

16. Работа в правой части диалогового окна.

Name = Зазор Силовые.

Comment = Зазор между силовыми цепями.

Where the First object matches = Net Class. В активном выпадающем списке выбрать класс «Силовые». В результате справа появится запрос InNetClass('Силовые').

Where the Second object matches = Net Class. В активном выпадающем списке выбрать класс «Силовые». В результате справа появится запрос InNetClass('Силовые').

В группе Constraints выбрать параметр Different Nets Only.

Minimum Clearance = 1 mm.

Для сохранения правила «Зазор Силовые» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

17. Выбор в дереве слева подраздела Electrical. Правая кнопка мыши. Выбор пункта New Rule. Выбор появившегося подчиненного имени Clearance.

18. Работа в правой части диалогового окна.

Name = Зазор Прочие.

Comment = Зазор между цепями, не являющимися силовыми.

Where the First object matches = All. В результате справа появится запрос All.

Where the Second object matches = All. В результате справа появится запрос All.

В группе Constraints выбрать параметр Different Nets Only.

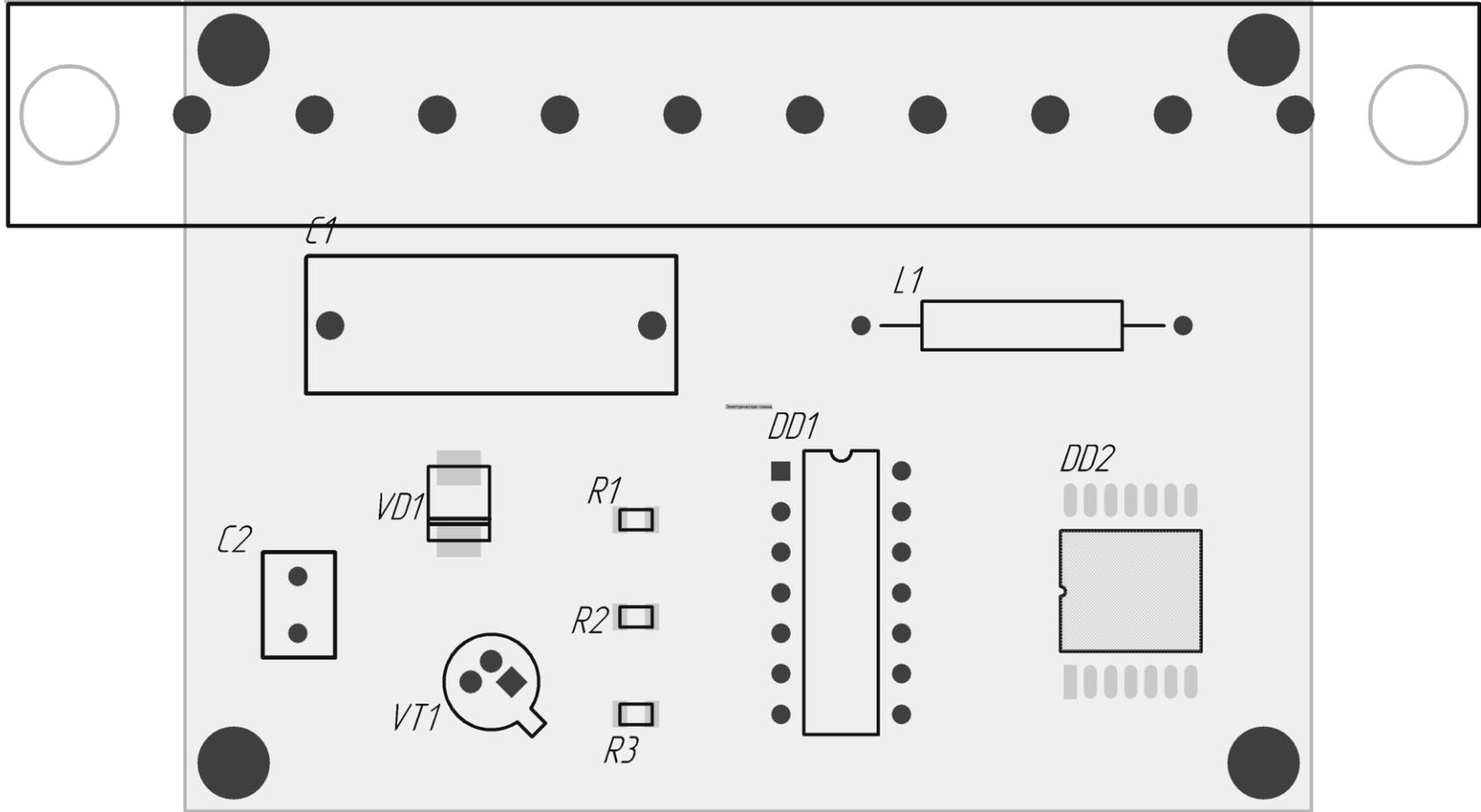
Minimum Clearance = 0.3 mm.

Для сохранения правила «Зазор Прочие» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

19. Расстановка приоритетов. Выбор в дереве слева подраздела Clearance. Кнопка Priorities (слева внизу). Появление диалогового окна Edit Rule Priorities. Выделить в списке правило «Зазор Силовые». С помощью кнопки Increase Priority переставить правило в списке на первое место. Это означает, что правило имеет наивысший приоритет. Кнопка Close.

20. В диалоговом окне PCB Rules and Constraints Editor в списке справа нажать на поле Priority. В результате правила проектирования будут отсортированы по степени приоритета – от 1 до 2. Сохранение результатов. Кнопка Apply. Завершение работы с диалоговым окном. Кнопка ОК.

21. Сохранение результатов работы. File/Save All.

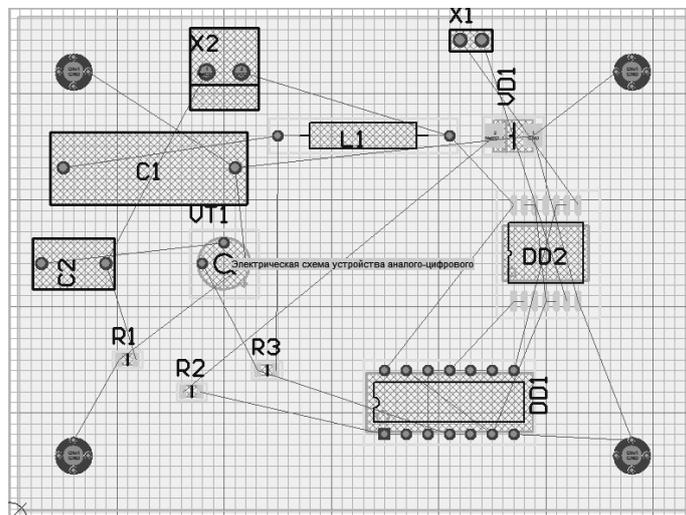


ЗАДАНИЕ №26. ИНТЕРАКТИВНОЕ И АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ЭРИ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXF/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Интерактивное размещение ЭРИ.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Ручное размещение.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Интерактивное размещение*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Интерактивное размещение.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Интерактивное размещение.PcbDoc». Сделать активным этот документ.
4. Удаление ЭРИ за пределы платы. Выделить любой ЭРИ на плате. Щелчок правой клавишей мыши. Выбор из контекстного меню Find Similar Objects. Диалоговое окно Find Similar Objects. Раздел Kind. Пункт Component. Установить значение Same. Кнопка Apply. Кнопка OK. Закрыть появившиеся панели PCB Filter и PCB Inspector. Edit/Move/Move Selection. Перетащить выделенные ЭРИ за пределы платы. Снять выделение кнопкой Clear (правый нижний угол).
5. Предварительное ручное размещение ЭРИ на печатную плату. Используя приемы ручного размещения (см. задание 25, п. I.5 – I.6), расставить ЭРИ согласно рисунка. Особое внимание уделить размещению резисторов – они образуют вершины треугольника.



6. Фиксация некоторых ЭРИ. Предположим, что разъемы X1 и X2 имеют заранее определенное местоположение на плате – так, как они в данный момент расположены. Двойной щелчок на разъеме X1. Диалоговое окно свойств Component X1. Группа Component Properties. Включить опцию Locked.
7. Повторить п. 6 для разъема X2.
8. Выравнивание ЭРИ по верхней границе. С помощью нажатой клавиши Shift выделить три резистора R1, R2, R3. Edit/Align/Align Top. В результате резисторы выстроятся в одну горизонтальную линию, причем выравнивание произошло по местоположению самого верхнего ЭРИ – резистора R1.

9. Выравнивание зазоров между ЭРИ. Убедиться, что три резистора по-прежнему выделены. Заметим, что зазоры между ними неодинаковые. Edit/Align/Distribute Horizontally. В результате расстояние между резисторами стало одинаковым.

10. Упорядочивание местоположения позиционных обозначений ЭРИ. Заметим, что первоначально позиционные обозначения расположены по-разному: внутри ЭРИ, сверху ЭРИ. Используя прием, рассмотренный в п. 4, выделить все ЭРИ. Edit/Align/Position Component Text. Диалоговое окно Component Text Position. Левый рисунок Designator. Поставить точку внизу контура. Закрыть диалоговое окно. Снять выделение с ЭРИ кнопкой Clear. В результате все позиционные обозначения стали располагаться под контуром ЭРИ по центру.

11. Увеличение зазоров между ЭРИ. С помощью нажатой клавиши Shift выделить три резистора R1, R2, R3. Edit/Align/Increase Horizontal Spacing. В результате расстояние между резисторами увеличилось.

12. Выравнивание ЭРИ относительно узлов координатной сетки. Используя прием, рассмотренный в п. 4, выделить все ЭРИ. Edit/Align/Align To Grid. Система предупреждает, что на плате есть два ЭРИ (разъемы), которые являются зафиксированными. Заметим, что резистор R2 переместился к ближайшим узлам координатной сетки. Остальные ЭРИ изначально были размещены в узлах координатной сетки.

13. Сохранение результатов. File/Save.

II. Автоматическое размещение ЭРИ программой Cluster Placer.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Ручное размещение.PcbDoc».

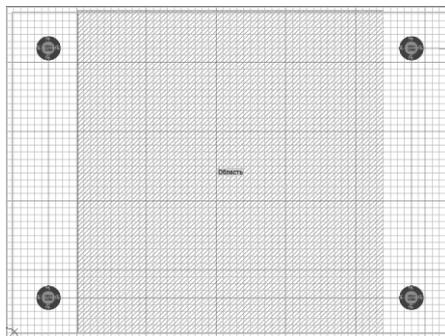
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Cluster Placer*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.

3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Cluster Placer.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Cluster Placer.PcbDoc». Сделать активным этот документ.

4. Удаление ЭРИ за пределы платы. См. п. I.4.

5. Удаление области размещения компонентов «Электрическая схема устройства аналого-цифрового». Щелкнуть на любом месте области. Нажать на кнопку Del.

6. Построение новой области размещения компонентов (Room). Горячая клавиша G. Установка шага сетки 2.5 mm. Design/Rooms/Place Rectangular Room. Щелкнуть в левом верхнем, а затем правом нижнем углу будущей области (см. рисунок). В результате появилась новая область размещения компонентов, в которую не входят крепежные отверстия.



7. Уточнение свойств области. Двойной щелчок в любом месте области. Диалоговое окно Edit Room Definition.

Name = Область

Comment = Область для размещения ЭРИ

Where the First object matches = All

Опцию Room Locked включить

В нижнем выпадающем списке выбрать Keep Objects Inside.

8. Задание правил размещения компонентов. Design/Rules. Диалоговое окно PCB Rules and Constraints Editor. В дереве слева найти раздел Placement. Выбор пункта Component Clearance. Правый щелчок мышью на пункте. Выбор New Rule. Выбор появившегося подпункта ComponentClearance. Работа с правой частью экрана.

Name = Зазор Компонент

Comment = Зазор между компонентами

Where the First object matches = All

Where the Second object matches = All

Check Mode = Quick Check

Minimum Horizontal Gap = 1mm

Для сохранения правила «Зазор Компонент» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

9. В дереве слева найти раздел Placement. Выбор пункта Component Orientations. Правый щелчок мышью на пункте. Выбор New Rule. Выбор появившегося подпункта ComponentOrientations. Работа с правой частью экрана.

Name = Ориентация Компонент

Comment = Ориентация компонентов на плате

Allowed Orientations = 90 Degrees. Вариант 0 Degrees выключить.

Для сохранения правила «Ориентация Компонент» необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу).

10. Запуск программы Cluster Placer. Tools/Component Placement/Auto Placer. Диалоговое окно Auto Place. Выбор программы Cluster Placer. Выключить опцию Quick Component Placement. Кнопка ОК для запуска.

11. После окончания авторазмещения нажать сочетание горячих клавиш V, F для того, чтобы вписать печатную плату с ЭРИ на экран. Заметим, что в соответствии с правилами проектирования зазор между ЭРИ составляет 1 мм, причем все ЭРИ повернуты на 90 градусов.

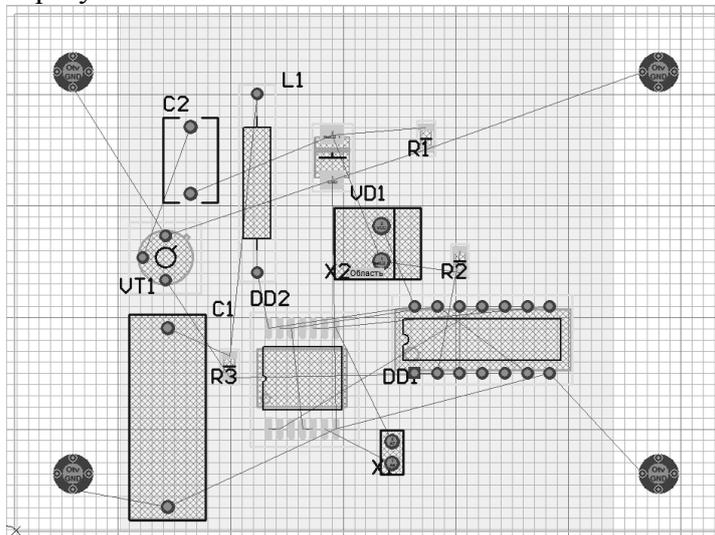
12. Расталкивание компонентов. Tools/Component Placement/Set Shove Depth. Диалоговое окно Shove Depth. Ввести значение 5. Это коэффициент расталкивания ЭРИ.

13. Запуск расталкивания. Tools/Component Placement/Shove. Щелкнуть на какое-либо ЭРИ (например, VD1). В результате соседние с ним ЭРИ должны переместиться на некоторое расстояние (произошло расталкивание).

Примечание 1. Применение расталкивания может привести к тому, что ЭРИ выйдут за пределы области размещения.

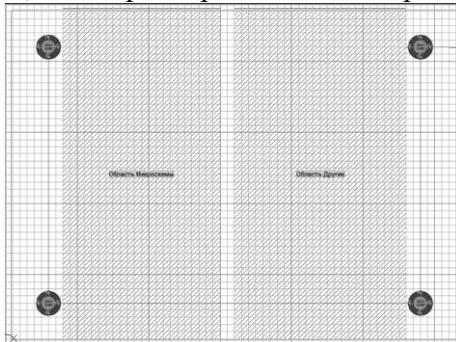
Примечание 2. Расталкивание действует не на все ЭРИ. Если после применения п. 13 никаких изменений не произошло, значит следует щелкнуть какое-либо другое ЭРИ.

14. Сохранение результатов. File/Save.



III. Автоматическое размещение ЭРИ программой Cluster Placer в две области.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Cluster Placer.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Две области*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Две области.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Две области.PcbDoc». Сделать активным этот документ.
4. Удаление ЭРИ за пределы платы. См. п. I.4.
5. Удаление области размещения компонентов «Область». Щелкнуть на любом месте области. Нажать на кнопку Del.
6. Создание классов компонентов. Design/Classes. Выбор в дереве слева раздела Component Classes. Щелчок правой клавишей мыши на названии раздела. Выбор в контекстном меню Add Class. Выбор вновь появившегося пункта New Class. Щелчок правой клавишей мыши на названии New Class. Выбор в контекстном меню Rename Class. Переименовать как «Микросхемы». Работа в правой части экрана. Выделить в первом списке позиционные обозначения микросхем DD1 и DD2. С помощью клавиши > переместить эти компоненты во второй список.
7. Аналогично п. 6 создать класс компонентов «Кроме микросхем» и занести в него все ЭРИ, кроме DD1 и DD2.
8. Построение первой области размещения ЭРИ. Горячая клавиша G. Установка шага сетки 2.5 mm. Design/Rooms/Place Rectangular Room. Щелкнуть в левом верхнем, а затем правом нижнем углу будущей области (см. рисунок, область слева). В результате появилась новая область, в которой предполагается разместить микросхемы.



9. Уточнение свойств первой области. Двойной щелчок в любом месте области. Диалоговое окно Edit Room Definition.
 - Name = Область Микросхемы
 - Comment = Область для размещения микросхем
 - Where the First object matches = Advanced (Query). Кнопка Query Builder. Диалоговое окно Building Query from Board.
 - Открыть выпадающий список Add First Condition и выбрать вариант Belongs To Component Class. В списке справа All Components выбрать «Микросхемы». При этом в области справа сформируется запрос In-ComponentClass('Микросхемы'). Кнопка ОК для возврата.
 - Опцию Room Locked включить.
 - В нижнем выпадающем списке выбрать Keep Objects Inside.
10. Построение второй области размещения ЭРИ. Design/Rooms/Place Rectangular Room. Щелкнуть в левом верхнем, а затем правом нижнем углу будущей области (см. рисунок, область справа). В результате появилась новая область, в которой предполагается разместить прочие ЭРИ.

11. Уточнение свойств второй области. Двойной щелчок в любом месте области. Диалоговое окно Edit Room Definition.

Name = Область Другие

Comment = Область для размещения любых ЭРИ, кроме микросхем

Where the First object matches = Advanced (Query). Кнопка Query Builder. Диалоговое окно Building Query from Board.

Открыть выпадающий список Add First Condition и выбрать вариант Belongs To Component Class. В списке справа All Components выбрать «Кроме микросхем». При этом в области справа сформируется запрос InComponentClass('Кроме микросхем'). Кнопка ОК для возврата.

Опцию Room Locked включить.

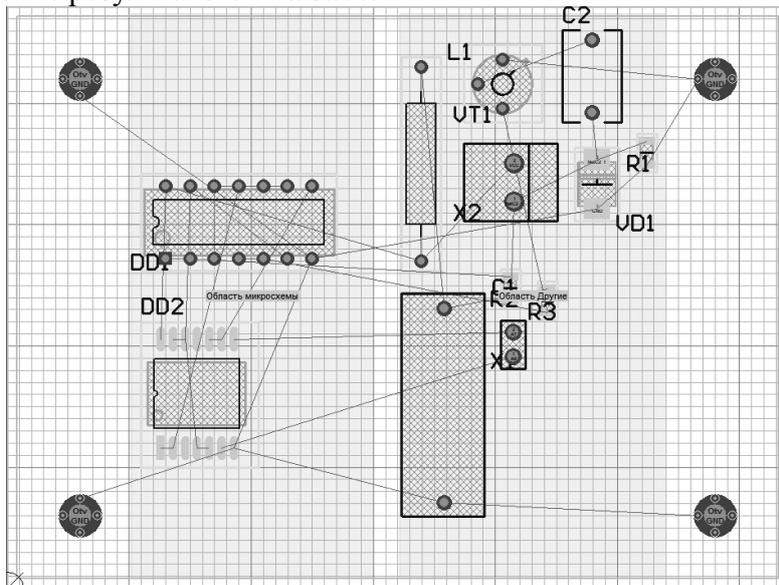
В нижнем выпадающем списке выбрать Keep Objects Inside.

Примечание. Поскольку текущий документ был создан нами как копия предыдущего документа «Cluster Placer» (см. п. II), то все правила проектирования были унаследованы. Поэтому заново задавать правила проектирования нет необходимости.

12. Запуск программы Cluster Placer. Tools/Component Placement/Auto Placer. Диалоговое окно Auto Place. Выбор программы Cluster Placer. Выключить опцию Quick Component Placement. Кнопка ОК для запуска.

13. После окончания авторазмещения нажать сочетание горячих клавиш V, F для того, чтобы вписать печатную плату с ЭРИ на экран. Заметим, что в соответствии с правилами проектирования ЭРИ распределены между двумя областями: микросхемы размещены в левой области, остальные элементы – в правой области. Зазор между ЭРИ составляет 1 мм, причем все ЭРИ повернуты на 90 градусов.

14. Сохранение результатов. File/Save.

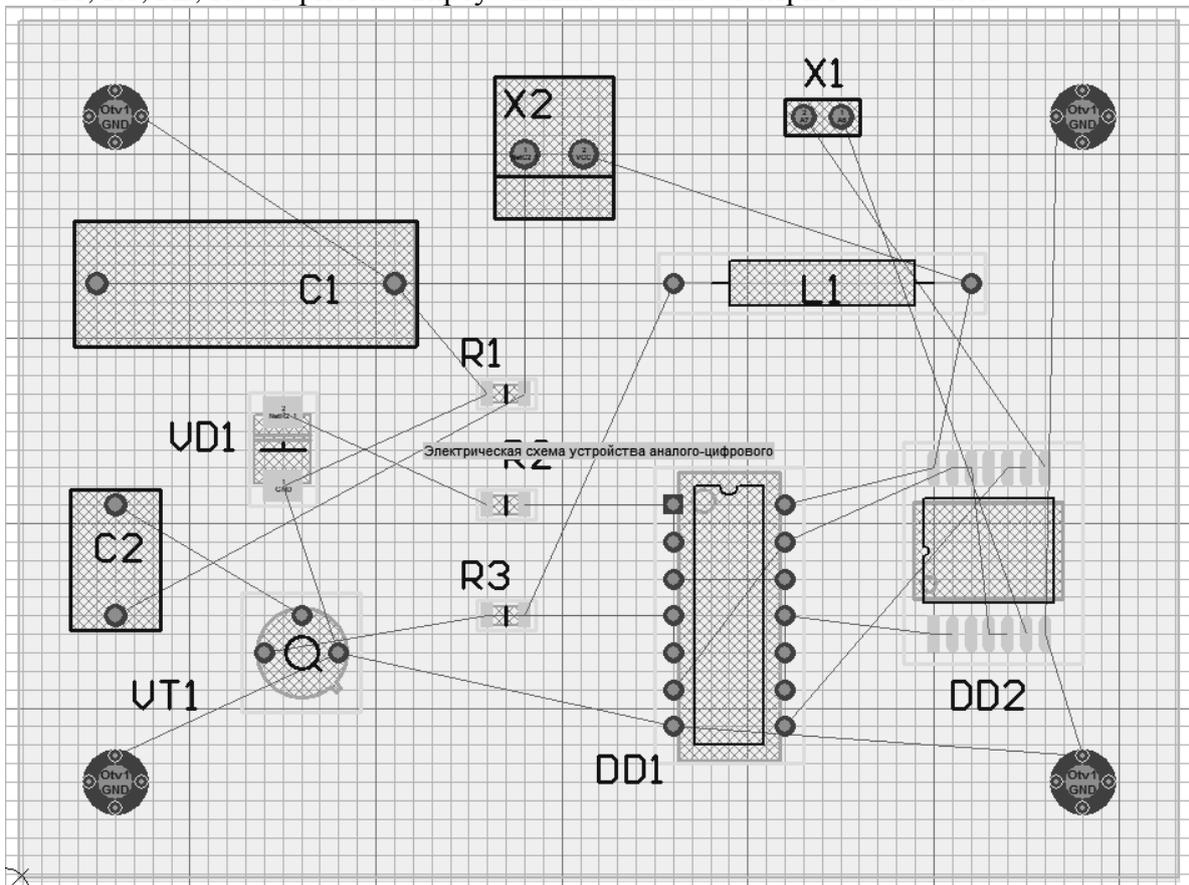


ЗАДАНИЕ №27. ИНТЕРАКТИВНАЯ ТРАССИРОВКА

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdf) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Проверка правил проектирования.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Ручное размещение.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Интерактивная трассировка*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Интерактивная трассировка.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Интерактивная трассировка.PcbDoc». Сделать активным этот документ.
4. Новое размещение ЭРИ. Согласно рисунку разместить ЭРИ по-новому. Ориентацию ЭРИ VD1, X2, VT1, DD1, DD2 сверить по ключам. Ориентацию ЭРИ C1, C2, X1, L1, R1, R2, R3 сверить по виртуальным линиям электрической связи.



5. Убедиться в том, что нарушения (Violations) в проекте отсутствуют. Щелчок левой кнопкой мыши внутри области размещения, а затем нажатие сочетания клавиш Shift+V. Если нарушений нет, то ничего не произойдет. Если нарушения есть, то появится специальное информационное окно Board Insight с указанием и описанием замеченных нарушений.
6. Запуск мастера проверки правил проектирования. Tools/Design Rule Check. В диалоговом окне убедиться, что включены все опции. Кнопка Run Design Rule Check (внизу слева). В результате появится информационное окно Messages с описанием

всех ошибок в проекте. Закроем информационное окно Messages. На экране присутствует отчет «Design Rule Check – Интерактивная трассировка». Система информирует нас, что имеются 4 предупреждения и 14 ошибок. Все предупреждения (Unplated multi-layer pad(s) detected) однотипные и касаются того, что крепежные отверстия неметаллизированные. Напомним, что крепежные отверстия мы намеренно сделали без металлизации (см. задание 24, п. IV.1). Все 14 ошибок (Broken-Net Constraint) также однотипные и свидетельствуют об отсутствии разведенных трасс.

Закроем этот отчет. Замеченные системой ошибки устранятся путем трассировки.

Примечание. Если по результатам выполнения п. 5, 6 выявились какие-то дополнительные нарушения и/или ошибки, то необходимо сначала их устранить, а затем двигаться дальше.

II. Интерактивная трассировка с помощью инструмента Interactive Routing.

1. Установка шага сетки. Design/Board Option. Диалоговое окно Board Options. Убедиться, что опция Electrical Grid включена и выставлен шаг 1.25 мм. Установить шаг сетки привязки (Snap Grid X, Snap Grid Y) также 1.25 мм.

2. Установка слоев трассировки. Design/Board Layers & Colors. Диалоговое окно View Configurations. Вкладка Board Layer And Color. Убедиться, что трассировочные слои Top Layer и Bottom Layer включены.

3. Установка активного слоя. С помощью клавиши * (цифровая часть клавиатуры) установить активным слой Bottom Layer.

4. Настройка параметров интерактивной трассировки. Tools/Preferences. Диалоговое окно Preferences. В дереве слева выбрать раздел PCB Editor, а затем Interactive Routing.

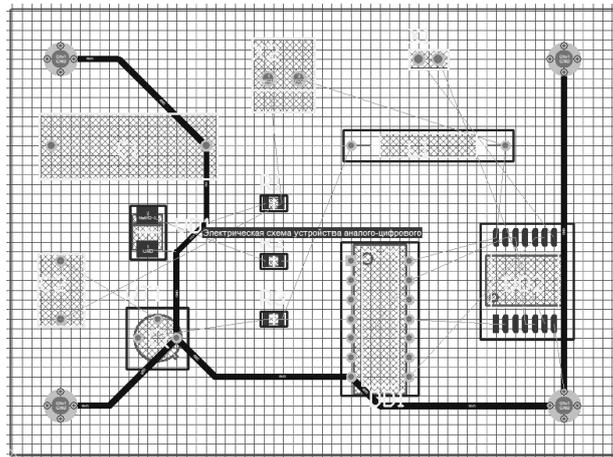
Убедиться, что выбран вариант Stop at First Conflicting Object в группе слева и справа.

Убедиться, что включена опция Auto Complete.

Убедиться, что включена опция Automatically Remove Loops.

Выпадающий список Track Width Mode = Rule Preferred

5. Прокладывание трассы GND. Напомним, что все крепежные отверстия входят в цепь GND. Place/Interactive Routing. Щелчок левой клавишей мыши на левом верхнем крепежном отверстии (см. рисунок). Отвести указатель мыши немного вправо и вниз. С помощью сочетания клавиш Shift + Spacebar установить режим прокладки трасс Line 45 End. Текущий режим отображается в строке статуса. С помощью клавиши Spacebar установить желаемый подрежим – в нашем случае трасса от крепежного отверстия должна пойти сначала горизонтально. Щелчок левой клавишей мыши на контактной площадке конденсатора C1. Второй щелчок на контактной площадке для фиксации. В результате будет проложен сегмент трассы. Действуя аналогичным образом и изменяя при необходимости подрежимы клавишей Spacebar, проложить сегменты к транзистору VT1 и к левому нижнему крепежному отверстию (см. рисунок). Для завершения прокладки ветви нажать клавишу Esc, либо щелчок правой клавишей мыши.

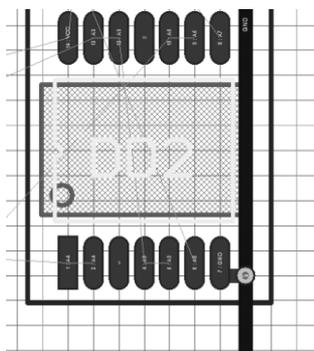


6. Добавление сегментов к трассе. Используя приемы прокладки трасс из п. 5, добавить ветвь, начиная от контактной площадки транзистора VT1, и далее к микросхеме DD1, правому нижнему и правому верхнему крепежному отверстию (см. предыдущий рисунок).

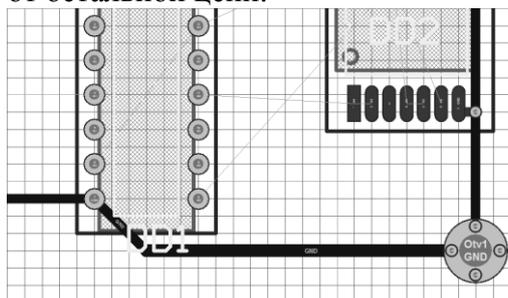
7. Генерация переходного отверстия. Place/Interactive Routing. Щелчок на планарном выводе 7 микросхемы DD2. Заметим, что автоматически установился слой Top Layer. Отвести указатель вправо, так чтобы он находился на вертикальном ранее проложенном сегменте (см. рисунок). Нажать на клавишу 2 (основная клавиатура). Щелчок левой клавишей мыши. Для завершения нажать клавишу Esc, либо щелчок правой клавишей мыши. В результате будет сгенерировано переходное отверстие со слоя Top Layer на слой Bottom Layer.

Аналогично проложить трассу и добавить переходное отверстие от резистора R1 к цепи GND.

Аналогично проложить трассу и добавить переходное отверстие от диода VD1 к цепи GND.



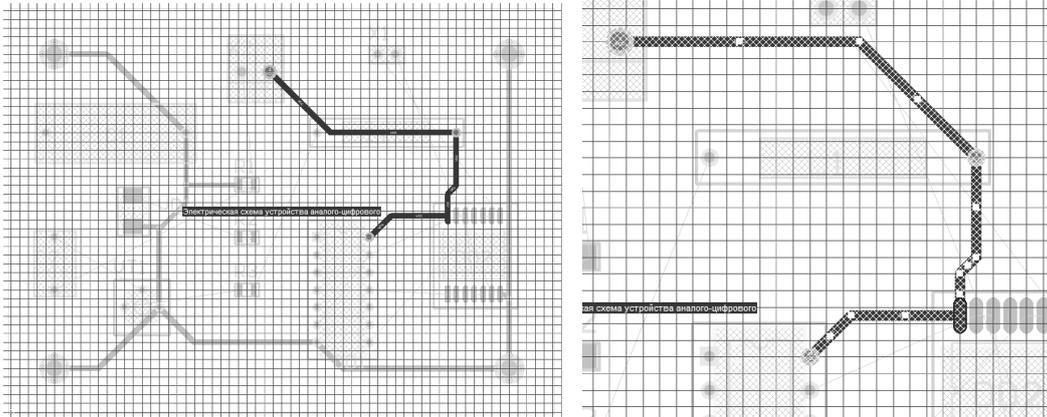
8. Увеличение ширины сегмента. С помощью мыши выделить и приблизить горизонтальный сегмент трассы, соединяющий правое нижнее крепежное отверстие (см. рисунок). Двойной щелчок на выделенном сегменте. Диалоговое окно Track. Заметим, что значение Width = 0.8 мм соответствует правилам проектирования, согласно которым номинальная ширина силовых цепей 0.8 мм (см. задание 25, п. IV.5). Изменим значение Width на 1 мм и закроем диалоговое окно. В результате сегмент будет окрашен в зеленый цвет, что говорит о нарушении правил проектирования – максимальная ширина силовой цепи должна быть 0.9 мм. Снова зайдем в диалоговое окно Track и изменим ширину трассы на допустимое значение 0.9 мм. В результате сегмент будет отличаться на 0.1 мм от остальной цепи.



9. Устранение петель. Установить активным слой Top Layer. Используя приемы по прокладке трасс из п. 5, развести цепь VCC (питание) согласно левого рисунка. Цепь VCC на рисунке выделена жирным начертанием. Завершить прокладывание трассы. Прокладывание альтернативной ветви от индуктивности L1 к разъему X2. Place/Interactive Routing. Щелчок на контактной площадке индуктивности L1. Клавишей SpaceBar изменить режим изгиба сегмента. Щелчок на контактной площадке разъема X2. Завершение трассы. В результате старая нижняя ветвь автоматически исчезнет, а останется новая верхняя ветвь (см. правый рисунок).

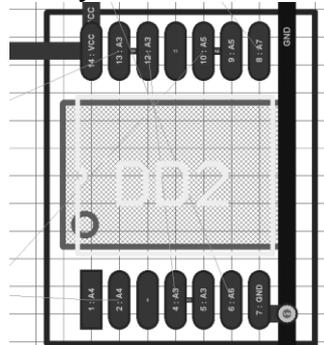
Примечание. В Altium Designer имеется возможность включать и выключать функцию удаления петель для каждой цепи в отдельности. Для этого нужно выделить цепь и сделать щел-

чок правой кнопкой мыши. В появившемся контекстном меню выбрать пункт Net Action/Properties. В появившемся диалоговом окне Edit Net сбросить или установить (в зависимости от требований) опцию Remove Loops. По умолчанию все цепи обладают установленной опцией Remove Loops.

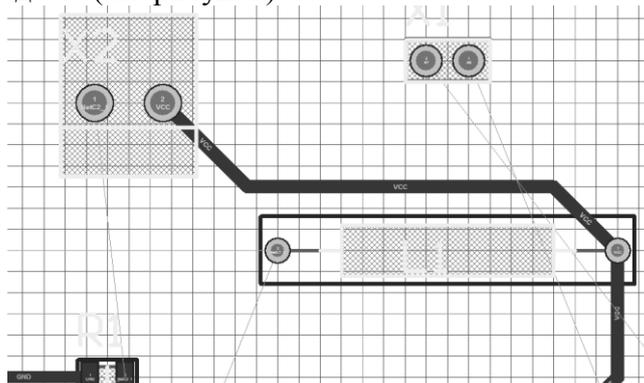


10. Интерактивный выбор ширины трассы. Подобрать текущий масштаб таким образом, чтобы на экране была видна только микросхема DD2 (см. рисунок). Напомним, что в правилах проектирования было указано: класс цепей «Шина» имеет номинальную ширину 0.3 мм; минимальную ширину 0.25 мм; максимальную ширину 0.35 мм. Проложим трассу между контактной площадкой 4 и 5 шириной 0.25 мм. Place/Interactive Routing. Щелчок на контактной площадке 4, затем переместить указатель на контактную площадку 5. Циклически нажимая на клавишу 3 основной клавиатуры, установить ширину сегмента 0.25 мм. Значения ширины отображаются в строке статуса. Завершение трассы.

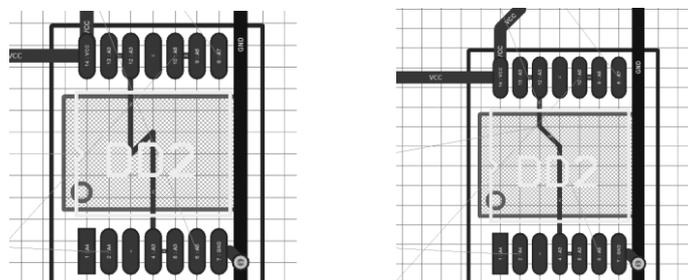
Аналогично проложить трассу между контактной площадкой 13 и 12 шириной 0.3 мм. Аналогично проложить трассу между контактной площадкой 10 и 9 шириной 0.35 мм.



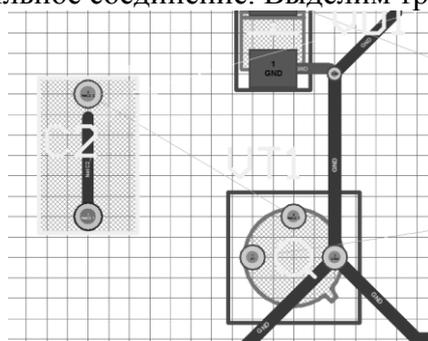
11. Перетаскивание сегментов трасс. Изменим конфигурацию трассы, соединяющей разъем X2 и индуктивность L1. Щелчок левой клавишей мыши в средней части горизонтального сегмента, отходящего от разъема X2. Не отпуская левой клавиши мыши потянуть сегмент вниз, а затем отпустить через четыре деления координатной сетки. В результате сегмент переместится, а вместе с ним появится новый сегмент слева, проложенный под 45° (см. рисунок).



12. Перемещение сегментов трасс. Используя приемы прокладки трасс из п. 5, соединим 4 и 12 контактные площадки микросхемы DD2, причем намеренно сделаем зигзаг (см. левый рисунок). Выделим наклонный сегмент. Edit/Move/Move/Resize Tracks. Захватим с помощью мыши нижний конец сегмента. Не отпуская левую клавишу мыши, передвинем нижний конец сегмента вверх на два деления координатной сетки. Выделим теперь вертикальный сегмент, идущий от контактной площадки №4. Захватив нижний конец этого сегмента, переместим его вверх на два деления (см. правый рисунок).



13. Предотвращение неправильных соединений. Попытаемся намеренно сделать неправильное соединение – например, замкнуть выходы конденсатора С2. Place/Interactive Routing. Щелчок на нижней контактной площадке, затем щелчок на верхней контактной площадке. В результате система проложит трассу только до окрестностей верхней контактной площадки (см. рисунок). Таким образом, будет предотвращено неправильное соединение. Выделим трассу, а затем удалим ее.



III. Интерактивная трассировка с помощью инструмента Smart Interactive Routing. От стандартной интерактивной трассировки инструмент Smart Interactive Routing отличается наличием функции поиска пути для печатного проводника на участках от стартового до ближайшего следующего контакта компонента и один дополнительный способ разрешения конфликтов – обход вокруг препятствий (Walkaround Obstacles).

1. Проведем трассу от конденсатора С2 до транзистора VT1. Place/Smart Interactive Routing. Щелчок на контактной площадке конденсатора. Отвести указатель мыши немного вправо и вниз. В результате система предложит вариант конфигурации трассы в виде пунктирного контура. Если перемещать указатель мыши, то можно оперативно увидеть несколько предлагаемых вариантов. Щелчок на контактной площадке транзистора. В итоге будет автоматически проложена трасса, состоящая из двух сегментов – горизонтального и под 45°. Щелчок левой клавишей мыши для фиксации трассы. Клавиша Esc или щелчок правой клавишей мыши для окончания трассировки.

2. Действуя аналогичным образом, развести все остальные трассы. Конфигурации трасс сверять с рисунком.

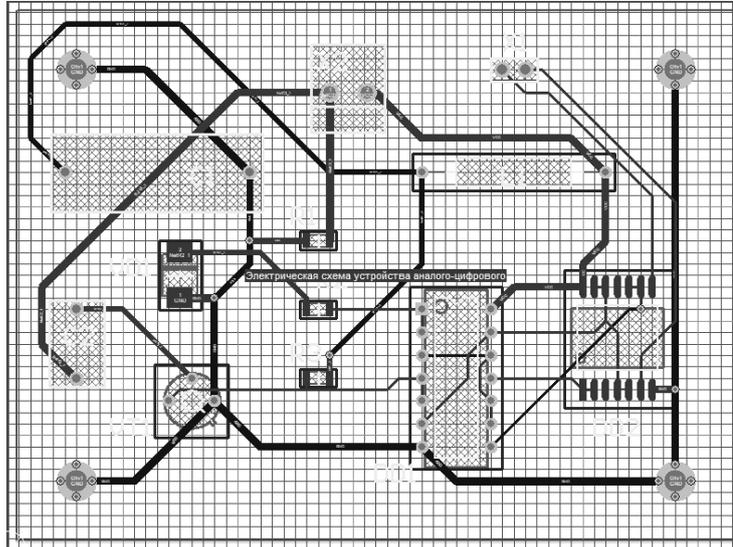
Примечание. В режиме интерактивной трассировки Smart Interactive Routing могут быть полезны горячие клавиши 1, 5 на основной клавиатуре. Их назначение таково:

1 – горячая клавиша для переключения режима отображения еще не проложенной трассы: либо пунктирный контур; либо закрашенная трасса;

5 – включение/выключение режима автозавершения. При включении режима автозавершения можно видеть контур трассы, проложенный до конечного пункта назначения.

Полный список горячих клавиш в режиме интерактивной трассировки можно увидеть, если нажать кнопку ~ (тильда).

3. Сохранение результатов. File/Save.



ЗАДАНИЕ №28. АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXР/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Подготовка файла.

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Интерактивная трассировка.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Автоматическая трассировка*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Автоматическая трассировка.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc». Сделать активным этот документ.
4. Удаление трасс. Tools/Un-Route/Room. Щелкнуть левой клавишей мыши в любое место области размещения ЭРИ «Электрическая схема устройства аналого-цифрового». Щелчок правой клавишей мыши для завершения режима. В результате все ранее проложенные трассы будут удалены.

II. Настройка вариантов стратегии трассировки.

1. Составим в рабочей тетради сводную таблицу следующего типа.

Название стратегии	Суммарная длина печатных проводников	Количество переходных отверстий
Default 2 Layers Board	<i>В книжке не писать!</i>	<i>В книжке не писать!</i>
Минимизации переходных отверстий	<i>В книжке не писать!</i>	<i>В книжке не писать!</i>
Ортогональные трассы	<i>В книжке не писать!</i>	<i>В книжке не писать!</i>
Задом наперед	<i>В книжке не писать!</i>	<i>В книжке не писать!</i>

2. Команда Auto Route/All. Выбор в списке стратегий варианта Default 2 Layers Board (двухслойная плата по умолчанию). Кнопка Route All. В результате на экране появится информационное окно Messages, а на экране будет происходить процесс трассировки. Убедиться, что последнее сообщение в информационном окне «Routing finished with 0 contention(s)» (Трассировка закончена с 0 конфликтов). Закроем информационное окно Messages. На рабочем поле будет представлена печатная плата с двухслойной трассировкой.

Примечание. Возможно, что в результате трассировки несколько связей останутся не разведенными. В этом случае нужно повторно применить команду Auto Route/All и воспользоваться выбранной ранее стратегией для завершения трассировки.

3. Команда Reports/Board Information. Вкладка General. Группа Primitives. В строке Vias будет сказано, каково количество переходных отверстий. Запишем это число в соответствующую ячейку таблицы.

Примечание. Напомним, что на печатной плате имеются крепежные отверстия, у каждого из которых на ободке по 4 переходных отверстия. Таким образом, минимальное количество переходных отверстий на плате будет составлять 16.

4. Команда Edit/Select/Room Connection. Щелчок левой кнопкой мыши в области размещения элементов. Трассы на обеих сторонах печатной платы выделяются. Клавиша Esc на клавиатуре для прекращения режима выделения.

5. Команда Reports/Measure Selected Objects. В результате появится информационное окно, в котором будет указана суммарная длина печатных проводников «Distance Measured = xxx.xxx mm». Запишем этот результат в соответствующую ячейку таблицы. Выделение печатных проводников снимается нажатием на кнопку Clear (справа внизу).

6. Проверка правил проектирования. Tools/Design Rule Check. В диалоговом окне убедиться, что включены все опции. Кнопка Run Design Rule Check (внизу слева). В результате появится информационное окно Messages. Кроме этого на экране присутствует отчет «Design Rule Check – Автоматическая трассировка». Следует проанализировать, сколько имеется предупреждений Warnings и сколько имеется нарушений Rule Violations. В идеальном случае нарушений правил проектирования должно быть 0, предупреждений – 4. Все предупреждения однотипные и касаются того, что крепежные отверстия не имеют металлизации (см. задание 27, п. I.6). Если предупреждений и нарушений выявлено больше, то их следует устранить. Закроем отчет. Закроем информационное окно Messages.

7. Удаление печатных проводников. Tools/Un-Route/Room. В результате на плате исчезнут печатные проводники, а вместо них появятся виртуальные электрические связи.

8. Новая стратегия трассировки. Auto Route/All. Выделим стратегию по умолчанию Default 2 Layers Board, а затем нажмем на кнопку Duplicate. Работа с диалоговым окном Situs Strategy Editor.

Strategy Name = Минимум ПО.

Strategy Description = Минимальное количество переходных отверстий.

Передвинуть движок в крайнюю правую позицию к значению Less Vias (Slower).

Кнопка ОК. Убедиться, что в списке стратегий трассировки появилась стратегия «Минимум ПО». Выделим вновь созданную стратегию в списке. Кнопка Route All. В результате на экране появится информационное окно Messages, а на экране будет происходить процесс трассировки. Убедиться, что последнее сообщение в информационном окне «Routing finished with 0 contention(s)» (Трассировка закончена с 0 конфликтов). Закроем информационное окно Messages. На рабочем поле будет представлена печатная плата с двухслойной трассировкой.

9. Повторить п. 3, 4, 5, 6, 7.

10. Новая стратегия трассировки. Auto Route/All. Выделим стратегию по умолчанию Default 2 Layers Board, а затем нажмем на кнопку Duplicate. Работа с диалоговым окном Situs Strategy Editor.

Strategy Name = Ортогональность.

Strategy Description = Ортогональная трассировка печатных проводников.

Движок не трогать.

Включить опцию Orthogonal.

Кнопка ОК. Убедиться, что в списке стратегий трассировки появилась стратегия «Ортогональность». Выделим вновь созданную стратегию в списке. Кнопка Route All. В результате на экране появится информационное окно Messages, а на экране будет происходить процесс трассировки. Убедиться, что последнее сообщение в информационном окне «Routing finished with 0 contention(s)» (Трассировка закончена с 0 конфликтов). Закроем информационное окно Messages. На рабочем поле будет представлена печатная плата с двухслойной трассировкой.

11. Повторить п. 3, 4, 5, 6, 7.

12. Новая стратегия трассировки. Auto Route/All. Выделим стратегию по умолчанию Default 2 Layers Board, а затем нажмем на кнопку Duplicate. Работа с диалоговым окном Situs Strategy Editor.

Strategy Name = Задом наперед.

Strategy Description = Перестановка в обратном порядке процедур трассировки.

Движок не трогать.

Опция Orthogonal выключена.

Список Passes in this Routing Strategy. С помощью кнопок Move Up и Move Down сделать обратную последовательность процедур трассировки:

Straighten (Чистка топологии).

Completion (Завершение трассировки).

Main (Главная процедура).

Layer Patterns (Трассировка с учетом преобладающего направления на слое).

Memory (Эвристический алгоритм).

Fan out to Plane (Генерация стрингеров у SMD контактных площадок).

Кнопка ОК. Убедиться, что в списке стратегий трассировки появилась стратегия «Задом наперед». Выделим вновь созданную стратегию в списке. Кнопка Route All. В результате на экране появится информационное окно Messages, а на экране будет происходить процесс трассировки. Убедиться, что последнее сообщение в информационном окне «Routing finished with 0 contention(s)» (Трассировка закончена с 0 конфликтов). Закроем информационное окно Messages. На рабочем поле будет представлена печатная плата с двухслойной трассировкой.

13. Повторить п. 3, 4, 5, 6, 7.

14. Остановимся на варианте стратегии Default 2 Layers Board, для чего еще раз повторим п. 2. В результате будет представлена двухслойная трассировка печатной платы по умолчанию.

15. Сохранение результатов. File/Save.

III. Заливка печатной платы областями металлизации (полигонами).

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Автоматическая трассировка.PcbDoc».

2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Полигоны*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.

3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Полигоны.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Полигоны.PcbDoc». Сделать активным этот документ.

4. Уточнение правил проектирования. Design/Rules. Работа с диалоговым окном PCB Rules and Constraints Editor. Раздел Plane. Подраздел Polygon Connect Style. Выбор подчиненного имени Polygon Connect.

5. Работа в правой части диалогового окна.

Connect Style = Direct Connect.

Для сохранения этого правила необходимо нажать кнопку Apply (справа внизу). Завершение работы с диалоговым окном. Кнопка ОК.

6. Уточнение свойств заливки. Place/Polygon Pour. Работа с диалоговым окном Polygon Pour.

Fill Mode = Solid (Copper Regions).

Name = Полигон нижний

Layer = Bottom Layer.

Connect to Net = GND. Означает, что заливка будет представлять собой экран «общий проводник».

Выпадающий список = Pour Over All Same Net Objects. Означает, что заливка будет поглощать одноименные печатные проводники.

Remove Dead Copper включить. Означает, что будут удаляться островки меди, не связанные с массивом цепи GND.

Кнопка ОК.

7. Указателем мыши последовательно щелкнем в четыре угла области размещения элементов (контур сиреневого цвета). Пятый щелчок – завершающий – в тот же угол, с которого начинали обход. В результате область размещения элементов на слое Bottom Layer будет залита массивом цепи GND. Снять выделение кнопкой Clear (справа внизу).

8. Повторить п. 6, 7. Name = Полигон верхний. Layer = Top Layer. Остальные параметры без изменения.

9. Проверка правил проектирования. Tools/Design Rule Check. В диалоговом окне убедиться, что включены все опции. Кнопка Run Design Rule Check (внизу слева). В результате появится пустое (если нет ошибок) информационное окно Messages. Закроем информационное окно Messages. Кроме этого на экране присутствует отчет «Design Rule Check – Печатный узел». Следует проанализировать, сколько имеется предупреждений Warnings и сколько имеется нарушений Rule Violations. В идеальном случае предупреждений – 4, нарушений – 0. Если это не так, то следует устранить предупреждения и нарушения. Закроем этот отчет.

IV. Маркировка печатной платы.

1. Простановка шифра изделия. Команда Place/String. Уточнение свойств. Клавиша Tab на клавиатуре.

Height = 2.5 mm.

Text = KIPR.758726.001.

Layer = Top Overlay.

Убедиться, что шрифт Stroke, Default.

2. Щелкнуть указателем мыши в нижней части печатной платы.

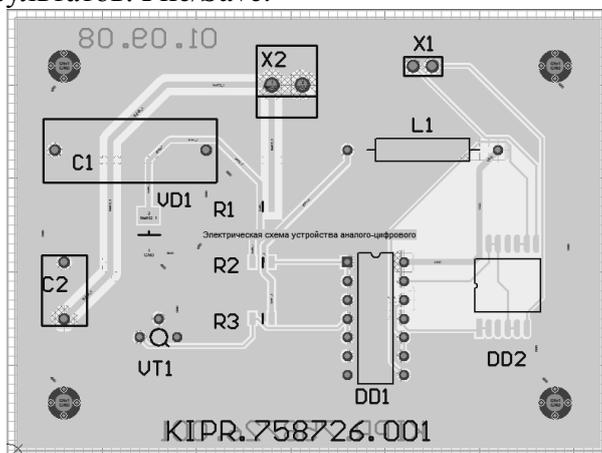
3. Повторить п. 1, 2. Отличие в том, что выбирается слой Bottom Overlay, а также включается опция Mirror.

4. Используя приемы из п. 1...2, разместить на слое Bottom Overlay дату изготовления платы: 01.09.08.

5. Размещение позиционных обозначений на печатной плате. Выделить позиционное обозначение конденсатора C1 и передвинуть его внутрь контура (см. рисунок).

6. Сверяясь с рисунком, передвинуть все остальные позиционные обозначения, так чтобы надписи не касались контактных площадок и печатных проводников.

7. Сохранение результатов. File/Save.



ЗАДАНИЕ №29. ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Интерактивная перестановка эквивалентных выводов и секций.

1. Проверка метода перестановки эквивалентных выводов. Вкладка Projects. В дереве проектов «Устройство аналого-цифровое.PrjPCB» найти и загрузить файл «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc». Project/Project Options. Диалоговое окно Options for PCB Project Устройство аналого-цифровое.PrjPCB. Вкладка Options. Группа Allow Pin-Swapping Using These Methods. Проконтролировать, что включена опция Changing Schematic Pins, а опция Adding/Removing Net-Labels – **выключена**.

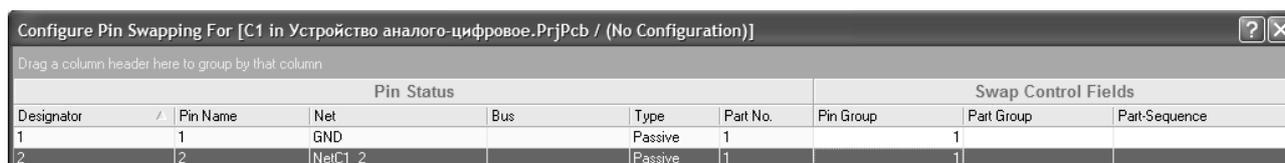
2. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Ручное размещение.PcbDoc».

3. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Оптимизация*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.

4. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Оптимизация.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Оптимизация.PcbDoc». Сделать активным этот документ.

5. Заполнение таблицы эквивалентности выводов. Tools/Pin/Part Swapping/Configure. Диалоговое окно Configure Swapping Information In Components. Выбор в списке ЭРИ конденсатора C1.

6. Параметры эквивалентности выводов. Кнопка Configure Component (слева внизу). Диалоговое окно Configure Pin Swapping For [C1 in Устройство аналого-цифровое.PrjPCB/(No Configuration)]. Заполнить таблицу согласно рисунка. Одинаковые цифры (буквы) в столбце Pin Group обозначают эквивалентность выводов. Кнопка ОК для возврата в предыдущее диалоговое окно.



Pin Status						Swap Control Fields		
Designator	Pin Name	Net	Bus	Type	Part No.	Pin Group	Part Group	Part-Sequence
1	1	GND		Passive	1		1	
2	2	NetC1_2		Passive	1		1	

7. Аналогично п. 6 укажем параметры эквивалентности для ЭРИ C2, L1, R1, R2, R3. Напомним, что для микросхем DD1 и DD2 параметры эквивалентности выводов и секций были указаны ранее на этапе создания электрической схемы (см. задание 13, п. I). Остальные ЭРИ не обладают эквивалентностью выводов. Щелкнуть на поле Pin Swap Data, чтобы произошла сортировка по этому полю.

8. Включение возможности перестановки эквивалентных выводов и секций. Диалоговое окно Configure Swapping Information In Components. Правая часть таблицы Enable PCB. Установить галочки согласно рисунка. Заметим, что возможность перестановки секций присутствует только у микросхем, поскольку у них имеется несколько секций.

Configure Swapping Information In Components									
Component Information						Configure in Schematic		Enable in PCB	
Designator	Comment	Footprint	Library Reference	Pins	Parts	Pin Swap Data	Part Swap Data	Pin Swap	Part Swap
VD1	MBRS120T3	MBRS120T3	MBRS120T3	2	1/1				
VT1	KT3102Г	T0-18	KT3102Г	3	1/1				
X1	PLS-02	PLS-2	PLS-2	2	1/1				
X2	PwL-02 M	PwL-2 M	PwL-2 M	2	1/1				
C1	K73-17-2.2мкФ-63В-5%	K73-17-23к19x8.5x20	K73-17	2	1/1	(2/2)		<input checked="" type="checkbox"/>	
C2	КМ6	9.5x6x7.5	КМ6	2	1/1	(2/2)		<input checked="" type="checkbox"/>	
L1	EC24-150K	EC24-150K	EC24	2	1/1	(2/2)		<input checked="" type="checkbox"/>	
R1	RC 05 103 J	0805	RC 05 103 J	2	1/1	(2/2)		<input checked="" type="checkbox"/>	
R2	RC 05 103 J	0805	RC 05 103 J	2	1/1	(2/2)		<input checked="" type="checkbox"/>	
R3	RC 05 103 J	0805	RC 05 103 J	2	1/1	(2/2)		<input checked="" type="checkbox"/>	
DD1	К511ПЧ2	201.14-7	К511ПЧ2	14	4/4	(6/14)	(12/14)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DD2	К133ЛА6	401.14-4	К133ЛА6	14	2/2	(10/14)	(10/14)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

9. Выборочная проверка параметров эквивалентности для ЭРИ. Выделить на печатной плате микросхему DD1. Двойной щелчок на микросхеме. Диалоговое окно Component DD1. Группа Swapping Options. Убедиться, что включены опции Enable Pin Swaps и Enable Part Swaps.

10. Интерактивная перестановка логически эквивалентных выводов. Tools/Pin/Part Swapping/Interactive Pin/Net Swapping. На плате останутся подсвеченными контактные площадки, пригодные для перестановки выводов. Щелчок левой кнопкой мыши на контактной площадке 13 микросхемы DD1. Щелчок левой кнопкой мыши на любой из оставшихся подсвеченных контактных площадок микросхемы (например, № 12). Завершение режима интерактивной перестановки щелчком правой клавиши мыши.

11. Просмотр результатов перестановки выводов. Нажать на кнопку Undo, затем Redo на панели инструментов. В результате можно видеть, что электрические связи между выводами изменяются в соответствии с параметрами замены эквивалентных выводов.

12. Интерактивная перестановка логически эквивалентных секций. Tools/Pin/Part Swapping/Interactive Part Swapping. На плате останутся подсвеченными контактные площадки, пригодные для перестановки секций. Щелчок левой кнопкой мыши на контактной площадке 1 микросхемы DD1. Щелчок левой кнопкой мыши на любой из оставшихся подсвеченных контактных площадок микросхемы (например, № 4). Завершение режима интерактивной перестановки щелчком правой клавиши мыши.

13. Аналогично п. 11 просмотреть изменения.

14. Внесение изменений в электрическую схему. Design/Update Schematics In Устройство аналого-цифровое.PrjPCB. Информационное окно Comparator Results. Кнопка Yes. Диалоговое окно Engineering Change Order. В диалоговом окне будет содержаться информация об обнаруженной разнице среди переставленных выводов и переставленных секций. Кнопка Validate Changes. В правой стороне должен появиться ряд зеленых галочек. Кнопка Execute Changes. В правой стороне должен появиться второй ряд зеленых галочек. Кнопка Close.

15. Просмотр результатов перестановки выводов и секций на электрической схеме. Сделать активным документ «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc». Приблизить фрагмент схемы, на котором изображена микросхема DD1. Нажать на кнопку Undo, затем Redo на панели инструментов. В результате можно видеть два изменения:

- эквивалентную перестановку выводов 12 и 13 секции DD1.4;
- эквивалентную перестановку секций DD1.1 и DD1.2 (старые позиционные обозначения записываются тусклым мелким шрифтом).

16. Сохранение результатов. File/Save.

II. Автоматическая перестановка эквивалентных выводов и секций (оптимизация длины соединений и количества пересечений).

1. Сделать активным документ «Оптимизация.PcbDoc».

2. Запуск оптимизатора. Tools/Pin/Part Swapping/Automatic Net/Pin Optimizer. В результате оптимизатор выполнит сначала быструю оптимизацию, о чем будет свидетельствовать информационное окно. Кнопка Yes для запуска итерационной оптими-

зации. В результате появится новое информационное окно с результатами оптимизации:

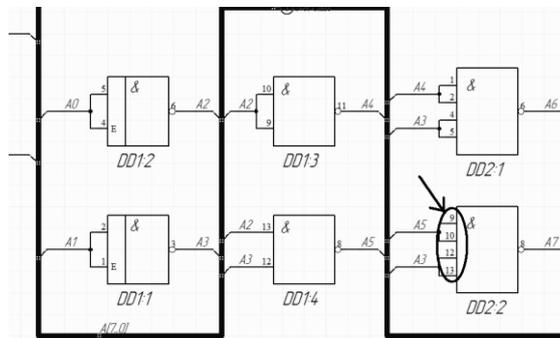
Length Reduced From xxx To xxx (Delta = xxx) mm.

Cross-Over Reduced From xxx To xxx (Delta = xxx)

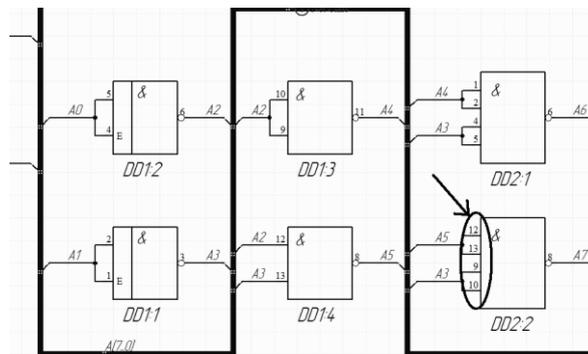
3. Внесение изменений в электрическую схему. Design/Update Schematics In Устройство аналого-цифровое.PrjPCB. Информационное окно Comparator Results. Кнопка Yes. Диалоговое окно Engineering Change Order. В диалоговом окне будет содержаться информация об обнаруженной разнице среди переставленных выводов и переставленных секций. Кнопка Validate Changes. В правой стороне должен появиться ряд зеленых галочек. Кнопка Execute Changes. В правой стороне должен появиться второй ряд зеленых галочек. Кнопка Close.

4. Просмотр результатов перестановки выводов и секций на электрической схеме. Сделать активным документ «Электрическая схема устройства аналого-цифрового.SchDoc». Нажать на кнопку Undo, затем Redo на панели инструментов. В результате можно видеть изменения (см. рисунки). Заметим, что в каждом конкретном случае изменения «до» и «после» могут быть разными.

5. Сохранение результатов. File/Save.



До оптимизации



После оптимизации

ЗАДАНИЕ №30. ТИПОВЫЕ ПРИЕМЫ ТРАССИРОВКИ

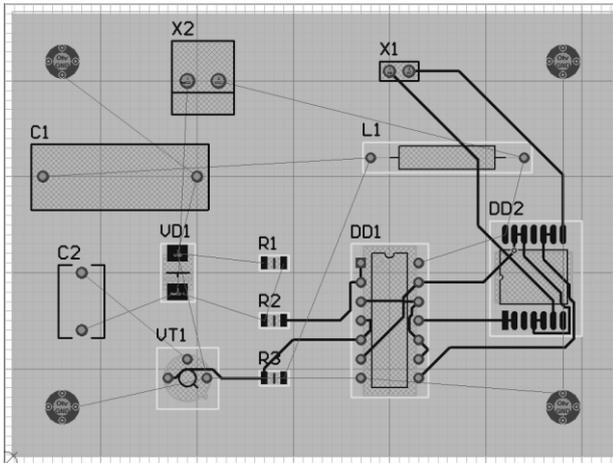
Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdf) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

1. Вкладка Projects. Выбор в проекте «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» документа «Ручное размещение.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа. File/Save Copy As. Имя файла = *Типовые приемы трассировки*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор в дереве проектов проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор пункта Add Existing to Project. Выбор и загрузка файла «Типовые приемы трассировки.PcbDoc». Убедиться, что в результате в проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb» добавился документ «Типовые приемы трассировки.PcbDoc». Сделать активным этот документ.
4. Составим в рабочей тетради сводную таблицу следующего типа.

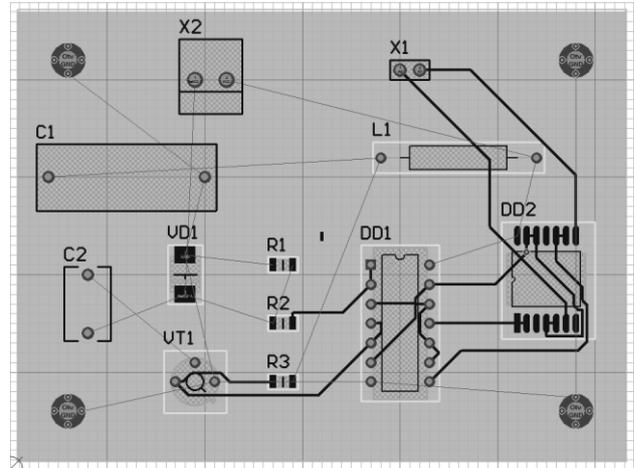
Название типового приема трассировки	Суммарная длина печатных проводников для класса цепей «Шина»
Shortest (кратчайший)	<i>В книжке не писать!</i>
Horizontal (преобладающий горизонтальный)	<i>В книжке не писать!</i>
Vertical (преобладающий вертикальный)	<i>В книжке не писать!</i>
Daisy-Simple (простая цепочка)	<i>В книжке не писать!</i>
Daisy-MidDriven (цепочка с источником внутри)	<i>В книжке не писать!</i>
Daisy-Balanced (сбалансированная цепочка)	<i>В книжке не писать!</i>
Starburst (звезда)	<i>В книжке не писать!</i>

4. Добавление правила проектирования. Design/Rules. Диалоговое окно PCB Rules and Constraints Editor. В дереве слева выделить раздел Routing. Выделить пункт Routing Topology. Выделить подчиненный подпункт Routing Topology.
5. Работа в правой части диалогового окна.
 - Name = Трассировка Шина
 - Comment = Трассировка цепей, входящих в шину
 - Where the First object matches = Net Class.
 В активном выпадающем списке выбрать «Шина». В окне справа появится запрос InNetClass('Шина').
 Topology = Shortest (название типового приема трассировки).
 Для сохранения настроек нажать кнопку Apply (справа внизу). Кнопка ОК.
6. Трассировка класса цепей. Auto Route/Net Class. Диалоговое окно Choose Net Classes to Route. Раскрыть дерево Net Classes. Выбрать класс «Шина». Кнопка ОК. В результате произойдет запуск трассировки. Закрыть кнопкой Cancel вновь возникшее окно.
7. Подсчет длины печатных проводников. Команда Edit/Select/Room Connection. Щелчок левой кнопкой мыши в области размещения элементов. Трассы на обеих сторонах печатной платы выделяются. Клавиша Esc на клавиатуре для прекращения режима выделения. Команда Reports/Measure Selected Objects. В результате появится информационное окно, в котором будет указана суммарная длина печатных проводников «Distance Measured = xxx.xxx mm». Запишем этот результат в соответствующую ячейку таблицы. Выделение печатных проводников снимается нажатием на кнопку Clear (справа внизу).
8. Удаление печатных проводников. Tools/Un-Route/Room. В результате на плате исчезнут печатные проводники, а вместо них появятся виртуальные электрические связи.

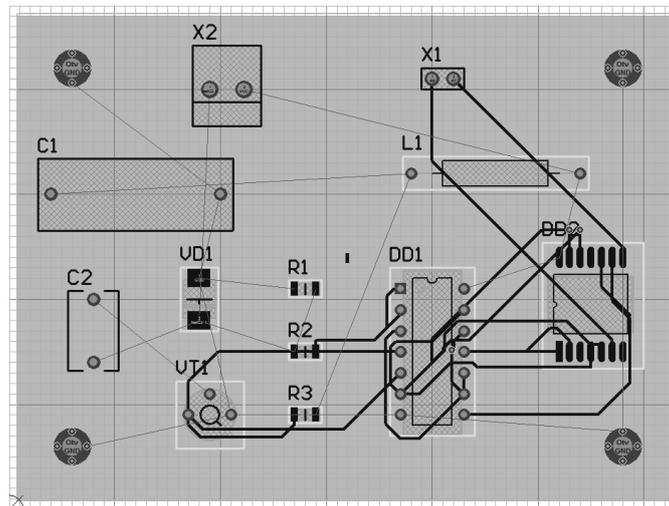
9. Повторить п. 4...8 для типовых приемов трассировки Horizontal, Vertical, Daisy-Simple, Daisy-MidDriven, Daisy-Balanced, Starburst. Последний вариант трассировки (Starburst) можно не удалять.



Shortest



Daisy-Simple



Starburst

ЗАДАНИЕ №31. ПРОВЕРКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Проверка печатной платы на соответствие правилам конструирования. Поставим цель: найти все нарушения на печатной плате, причем каждое нарушения найдем отдельным способом. Все найденные нарушения исправим, затем проверим печатную плату в пакетном режиме.

1. File/Open. Найти и загрузить файл «Нарушения.PcbDoc». Этот файл является самостоятельным, присоединять к какому-либо проекту его не требуется.
2. Способ 1 – «Визуальный поиск нарушения». Найдем на печатной плате наиболее заметное «на глаз» нарушение: окрашенный в зеленый цвет разъем X2. Щелчок правой кнопкой мыши на разъеме X2. Выбор в контекстном меню Violations. В подчиненном меню содержатся два однотипных нарушения Room Definition Between Component on Top Layer And Rule on Top Layer. Выберем любое из них. Информационное окно Violation Details. В окне приводится объяснение – выявлено нарушение между расположением разъема X2 и областью расположения элементов (Room) «Электрическая схема устройства аналого-цифрового». Разъем X2 расположен на границе области, что недопустимо. Кнопка ОК.
3. Исправление нарушения. С помощью нажатой левой кнопки мыши передвинем разъем X2 на одно деление координатной сетки ниже. Используя приемы по редактированию трасс (см. задание 27), изменим положение сегментов трасс так, чтобы они подходили в центры контактных площадок разъема X2. Заметим, что зеленый цвет исчез, в который была окрашена область размещения и разъем X2. Нарушение исправлено.
4. Способ 2 – «Информационное окно Board Insight». Приблизим на экране правую контактную площадку конденсатора C1. Наведем указатель мыши на любой из двух окрашенных в зеленый цвет объектов. Горячее сочетание клавиш Shift+V. Информационное окно Board Insight. В нижней части окна записано выявленное нарушение Clearance Constraint Between Pad on MultiLayer And Track on TopLayer. Нарушен минимальный зазор между контактной площадкой конденсатора C1 и трассой NetR2_1. Графическая кнопка  для детализации выявленного нарушения. Информационное окно Violation Details. В окне приводятся параметры правила, которое было нарушено. Кнопка ОК.
5. Исправление нарушения. Выделить горизонтальный сегмент трассы. С помощью нажатой левой клавиши мыши передвинуть горизонтальный сегмент на одно деление координатной сетки вверх. Нарушение исправлено.
6. Способ 3 – «Панель Board Insight». Приблизим на экране контактную площадку №7 микросхемы DD2. Объект исследования – переходное отверстие, расположенное ниже контактной площадки №7 – должна быть видна на экране. Кнопка PCB (правый нижний угол). Выбор пункта Board Insight. Панель Board Insight. Щелчком левой клавиши мыши выделить переходное отверстие. В появившемся дополнительном окне выбрать объект Via. В результате на панели Board Insight появится изображение переходного отверстия, а в нижней части панели – пункт Violation. Графическая кнопка  напротив пункта Violation для детализации выявленного нарушения. Информационное окно Violation Details. В окне приводятся параметры правила, которое было нарушено – превышен размер переходного отверстия. Кнопка ОК.
7. Исправление нарушения. Двойной щелчок на переходном отверстии. Диалоговое окно Via. Diameter = 0.8mm. Кнопка ОК. Нарушение исправлено.

8. Способ 4 – «Интерактивное сканирование указателем мыши». Приблизим на экране резистор R2 и микросхему DD1. Горячее сочетание клавиш Shift+N. В результате включится режим Heads-Up – интерактивное отображение информации о том объекте, на который направлен указатель мыши в данный момент. Навести указатель мыши на трассу, соединяющую резистор R2 и микросхему DD1. Указатель не двигать. В результате будет отображена вся информация о трассе, в том числе и выявленное нарушение Width Constraint: Track Для дополнительной информации нажать сочетание горячих клавиш Shift+V. Информационное окно Board Insight. В нижней части окна снова записано выявленное нарушение Width Constraint: Track Нарушена ширина трассы. Графическая кнопка  для детализации выявленного нарушения. Информационное окно Violation Details. В окне приводятся параметры правила, которое было нарушено. Кнопка ОК.

9. Исправление нарушения. Двойной щелчок на трассе, соединяющей резистор R2 и микросхему DD1. Диалоговое окно Track. Width = 0.3mm. Кнопка ОК. Нарушение исправлено.

10. Способ 5 – «Анализ применимости правил проектирования». Приблизим на экране правую контактную площадку индуктивности L1. Объект исследования – две трассы, расположенные выше контактной площадки – должны быть видны на экране. Выделить два параллельных горизонтальных сегмента трасс, проходящих выше контактной площадки. Щелчок правой клавишей мыши на любом из выделенных сегментов. Выбор в контекстном меню Applicable Binary Rules. Информационное окно Applicable Rules. В этом информационном окне нарушения не отображаются, здесь лишь указаны правила проектирования выделенных объектов. Заметим, что в группе Clearance Constraint имеется правило «Зазор Прочие = 0.25 мм». Кнопка Close.

11. Исправление нарушения. Измерим фактическое расстояние между выделенными сегментами трасс. Горячая клавиша G. Выбор самого малого шага сетки 0.025 мм. Reports/Measure Distance. Щелчок левой клавишей мыши на внутреннем крае одного из сегментов. Щелчок левой клавишей мыши на внутреннем крае другого из сегментов. Измерение проводится по кратчайшему расстоянию. В результате появится информационное окно, из которого следует, что расстояние между трассами 0.15 мм. Снова установить шаг координатной сетки 1.25 мм. С помощью левой клавиши мыши захватить верхний сегмент трассы и перетащить его на одно деление координатной сетки вверх. Зеленый цвет исчез. Нарушение исправлено.

12. Способ 6 – «Панель PCB». Приблизим на экране микросхему DD1. Объект исследования – две трассы, от контактной площадки 6 до контактной площадки 13 и от контактной площадки 10 до контактной площадки 12 – должны быть видны на экране. Кнопка PCB (правый нижний угол). Выбор пункта PCB. Панель PCB.

В верхнем выпадающем списке выбрать Rules.

Во втором выпадающем списке выбрать Dim.

Список Rule Classes – Short-Circuit Constraint (короткое замыкание).

Список Violations. Последовательно выбрать представленные в этом списке 4 трассы и убедиться на экране справа, что они образуют короткое замыкание.

Кнопка Clear (справа внизу).

13. Исправление нарушения. Выделить любой из сегментов трассы, соединяющей контактные площадки 10 и 12. Двойной щелчок на сегменте. Диалоговое окно Track. Layer = Top Layer. Кнопка ОК.

Аналогично сделать перенос на другой слой для двух оставшихся сегментов. В результате трасса будет на слое Top Layer. Нарушение исправлено.

14. Способ 7 – «Пакетная проверка правил проектирования». Tools/Design Rule Check. В диалоговом окне убедиться, что включены все опции. Выбор в дереве слева пункта Placement. В правой части окна установить опцию на пересечении строки Component Clearance и столбца Batch. Кнопка Run Design Rule Check (внизу слева). В результате

появится информационное окно Messages и отчет «Design Rules Check – Нарушения». Система информирует нас, что имеются 2 нарушения типа Component Clearance Constraint. Закроем отчет. В окне Message выделим любое из двух однотипных нарушений. Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор в контекстном меню Cross Probe. В результате на экране справа будет крупно представлен фрагмент с выявленным нарушением. В нашем случае, это зазор между компонентами C2, VT1 и VD1.

15. Исправление нарушения. С помощью нажатой левой клавиши мыши захватить конденсатор C2 и передвинуть его на одно деление координатной сетки влево. Используя приемы по редактированию трасс (см. задание 27), изменим положение сегментов трасс так, чтобы они подходили в центры контактных площадок конденсатора C2. Заметим, что зеленый цвет исчез. Нарушение исправлено.

16. Сохранение результатов. File/Save.

II. Контроль технологических параметров. Предположим, что для печатной платы (файл «Нарушения.PcbDoc») согласно технологии ее изготовления (3 класс точности) требуется установить:

- уменьшение размера паяльной маски в 0.1 мм для всех контактных площадок;
- увеличение размера защитной маски для контактных площадок планарных ЭРИ в 0.1 мм;
- увеличение размера защитной маски для остальных контактных площадок не требуется (контактные площадки штыревых ЭРИ и переходных отверстий).

1. Убедиться, что активен документ «Нарушения.PcbDoc».

2. Выключение части слоев. Design/Board Layers & Colors. Диалоговое окно View Configurations. Выключить все слои, за исключением Top Paste, Bottom Paste, Top Solder, Bottom Solder. Кнопка Apply. Кнопка ОК.

3. **Первоначально** установим, что увеличение размера защитной маски на 0 мм характерно для всех контактных площадок. Design/Rules. Диалоговое окно PCB Rules and Constraints Editor. Выделить в дереве слева раздел Mask. Выделить пункт Solder Mask Expansion. Выделить подчиненный подпункт SolderMaskExpansion (увеличение размера защитной маски). Работа в правой части диалогового окна. Expansion = 0mm. Кнопка Apply для сохранения настроек.

4. Установим уменьшение размера паяльной маски в 0.1 мм для всех контактных площадок. Выделить в дереве слева раздел Mask. Выделить пункт Paste Mask Expansion. Выделить подчиненный подпункт PasteMaskExpansion (увеличение размера паяльной маски). Работа в правой части диалогового окна. Expansion = 0.1mm. Кнопка Apply для сохранения настроек.

5. Выбор группы контактных площадок для планарных ЭРИ. Выделить любую контактную площадку для планарных ЭРИ (например, для диода VD1). Щелчок правой клавишей мыши на выделенной контактной площадке. Выбор в контекстном меню Find Similar Objects. Диалоговое окно Find Similar Objects. Раздел Object Specific. Строка Layer. Во втором столбце установить значение Same. Кнопка Apply. Убедиться, что на экране выделены только планарные контактные площадки. Убедиться, что внизу диалогового окна включена опция Run Inspector. Кнопка ОК.

6. Автоматический запуск панели PCB Inspector. Раздел Object Specific.

Включить опцию Solder Mask Tenting – Top.

Включить опцию Solder Mask Override.

Solder Mask Expansion = 0.1mm.

Щелчок левой клавишей мыши на рабочем поле. Кнопка Clear (справа внизу).

7. Исследование установленных параметров. Выделить любую штыревую контактную площадку (например, транзистора VT1). Двойной щелчок на контактной площадке. Диалоговое окно Pad. Обратим внимание, что в группе Paste Mask Expansion и Solder Mask Expansion установлены варианты Expansion values from rules. Следовательно,

для штыревой контактной площадки параметры будут браться из правил проектирования (см. п. 4 и 3), т.е. 0.1 и 0 мм, соответственно.

8. Повторить п. 7 для контактной площадки переходного отверстия. Переходное отверстие расположено в правом нижнем углу печатной платы. Убедиться, что в группе Solder Mask Expansion также установлен вариант Expansion values from rules.

9. Выделить любую планарную контактную площадку (например, микросхемы DD2). Двойной щелчок на контактной площадке. Диалоговое окно Pad. Обратим внимание, что в группе Paste Mask Expansion установлен вариант Expansion values from rules, а в группе Solder Mask Expansion установлен вариант Specify expansion value = 0.1mm. Следовательно, для планарной контактной площадки параметр Paste Mask Expansion будет взят из правил проектирования. Параметр Solder Mask Expansion установлен принудительно (не по правилам) в 0.1 мм, при этом включена опция Force complete tenting on top.

10. Сохранение результатов. File/Save.

III. Анализ целостности сигналов (поиск неразведенных трасс). Требуется проверить печатную плату на целостность сигнала – найти все неразведенные трассы, после чего устранить найденные недостатки.

1. File/Open. Найти и загрузить файл «Поиск неразведенных трасс.PcbDoc». Этот файл является самостоятельным, присоединять к какому-либо проекту его не требуется.

2. Заметим, что с визуальной точки зрения на печатной плате все трассы проведены, «на глаз» ничего незаметно.

3. Убедиться, что включена опция отображения названия трасс. Design/Board Layers & Colors. Диалоговое окно View Configurations. Вкладка View Options. Группа Other Options. Net Names On Tracks Display = Single and Centered. Кнопка ОК.

4. Запуск пакетной проверки. Tools/Design Rules Check. Диалоговое окно Design Rule Checker. Выбрать в дереве слева раздел Report Options. Работа в правой части диалогового окна. Снять опцию Create Report File. В данном случае генерация отчета не требуется.

5. Выбрать в дереве слева раздел Rules To Check. Выбрать пункт Electrical. Работа в правой части диалогового окна. Убедиться, что для правил Un-Routed Net и Un-Connected Pin включены опции в столбце Batch. Кнопка Run Design Rule Check.

6. В результате появится информационное окно Message, в котором будет представлено 4 нарушения Un-Routed Net Constraint, касающихся неразведенных трасс.

7. Выделить нарушение в списке под названием «Net VCC is broken into 2 sub-nets», что в переводе значит «Цепь VCC разорвана на две подцепи». Щелчок правой клавишей мыши на нарушении. Выбор в контекстном меню Cross Probe. В результате на экране будет приближен фрагмент с нарушением. Заметим, что цепь VCC на экране сначала была проложена на слое Top Layer, а потом – на слое Bottom Layer. При этом переходное отверстие отсутствует.

8. Исправление нарушения. Выделить сегмент «под 45°» цепи VCC на слое Top Layer. Двойной щелчок на сегменте. Диалоговое окно Track. Layer = Bottom Layer. Нарушение исправлено.

9. Аналогично п. 7 найти нарушение «Net GND is broken into 2 sub-nets». Выявленное нарушение заключается в том, что к планарной контактной площадке диода VD1, расположенной на слое Top Layer, подходит трасса на слое Bottom Layer.

10. Исправление нарушения. Выделить сегмент трассы GND, уходящий вниз и «под 45°» от контактной площадки. Двойной щелчок на сегменте. Диалоговое окно Track. Layer = Top Layer. Выделить второй сегмент трассы (вертикальный) и сделать аналогичные действия. Нарушение исправлено.

11. Аналогично п. 7 найти нарушение «Net A6 is broken into 2 sub-nets». Выявленное нарушение заключается в том, что к контактной площадке №1 разъема X1 трасса не

дошла. При детальном рассмотрении можно видеть, что имеется зазор в несколько десятых миллиметра.

12. Исправление нарушения. Выделить горизонтальный сегмент трассы A6. Захватить концевой квадратик сегмента и потянуть его в левую сторону. При этом трасса автоматически присоединится к контактной площадке. Нарушение исправлено.

13. Аналогично п. 7 найти нарушение «Net A4 is broken into 2 sub-nets». Выявленное нарушение заключается в том, что на трассе A4 (горизонтальный сегмент) имеется разрыв в несколько десятых миллиметра.

14. Исправление нарушения. Выделить любой из двух горизонтальных сегментов трассы A4. Захватить концевой квадратик сегмента и потянуть его в сторону разрыва. При этом трасса автоматически воссоединится. Нарушение исправлено.

15. Повторная пакетная проверка. Аналогично п. 4, 5 провести пакетную проверку печатной платы. По результатам проверки нарушений быть не должно.

16. Сохранение результатов. File/Save.

ЗАДАНИЕ №32. МНОГОВАРИАНТНЫЕ ПРОЕКТЫ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

Требуется разработать проект печатного узла в двух вариантах исполнения, но основанный на одной и той же печатной плате:

- вариант 1 – большой коэффициент разветвления по выходу (применяется микросхема K133ЛА6);
- вариант 2 – выход с открытым коллектором (применяется микросхема K133ЛА7) и отсутствует фильтрующий конденсатор С1.

Микросхемы K133ЛА6 и K133ЛА7 имеют одинаковый корпус, функциональное назначение, порядок и назначение выводов.

1. Найти и загрузить проект «Устройство.PrjPCB». В состав проекта входит два документа «Электрическая схема.SchDoc» и «Печатная плата.PcbDoc». Предполагается, что исходный вариант, представленный в этих двух документах, соответствует варианту №1 (применяется микросхема K133ЛА6, позиционное обозначение DD2.1 и DD2.2).

2. Размещение специальной строки на электрической схеме. Place/Text String. Клавиша Tab для уточнения свойств. В выпадающем списке Text выбрать вариант =VariantName. Кнопка ОК. Разместить строку в левом верхнем углу. Первоначально размещенная строка выглядит как «Variant name is not interpreted until output ...». Вместо этой надписи при выпуске конструкторской документации будет приведено название варианта исполнения.

3. Определение вариантов исполнения. Project/Assembly Variants. Диалоговое окно Assembly Variant Management. Первоначально в диалоговом окне представлен только базовый вариант – в нашем случае вариант №1. Кнопка Add Variant. Диалоговое окно Variant of [Устройство]. Name = Выход с открытым коллектором. Кнопка ОК. В результате в основном диалоговом окне добавится вариант «Выход с открытым коллектором», как в верхней, так и в нижней части. Заметим, что оба варианта пока ничем не отличаются.

Примечание. Нижняя часть окна – это детальная информация об ЭРИ, которое выделено в верхней части.

4. Замена микросхемы. В верхней части диалогового окна выделить строку DD2 K133ЛА6. Щелчок правой кнопкой мыши. В контекстном меню выбор Update Values From Library. Диалоговое окно Browse Library. В выпадающем списке Libraries выбрать «Проектная библиотека.IntLib». В списке Component Name выбрать K133ЛА7. Кнопка ОК.

5. Диалоговое окно Update Project Variants From Library. В левой части диалогового окна приведены параметры выбранной микросхемы. Оставим все опции включенными. Поставим галочку в правой части диалогового окна «Выход с открытым коллектором». Кнопка ОК. В результате в основном диалоговом окне Assembly Variant Management произошло изменение: в нижней части для варианта «Выход с открытым коллектором» появилась микросхема K133ЛА7. Для базового варианта, представленного слева, по-прежнему осталась микросхема K133ЛА6.

6. Удаление конденсатора. В верхней части диалогового окна выделить строку С1 K73-17-2.2мкФ-63В. Выключить опцию справа Fitted. Выключенная опция означает, что данный ЭРИ не будет применяться в варианте «Выход с открытым коллектором». Кнопка ОК.

7. Перезагрузка информации в диалоговом окне Assembly Variant Management. Снова открыть командой Project/Assembly Variants диалоговое окно. Щелчок правой кнопкой мыши в любом месте верхней части диалогового окна. Выбор в контекстном меню Only Show Varied Components. В результате в верхней части диалогового окна останутся элементы С1 и DD2,

т.к. только они видоизменяются в вариантах проекта. Можно расценивать применение пункта 7 как проверку.

8. Графическое изображение ЭРИ, удаленных из варианта проекта. Диалоговое окно Assembly Variant Management. Кнопка Menu (слева внизу). Выбор пункта Variant Drawing Style. Диалоговое окно Variant Options. Группа Schematic Drawing Options. Убедиться, что включена опция Use Graphics и выбран вариант Use Red Cross. В окне справа приводится пример изображения. Группа PCB Drawing Options. Включить опцию Display Not Fitted Components in Draft Mode. Включить опцию Use Graphics. Выбрать вариант Use Mesh Box. В окне справа приводится пример изображения. Кнопка ОК диалогового окна Variant Options. Кнопка ОК диалогового окна Assembly Variant Management.

9. Формирование выходного рабочего файла. File/New/Output Job File. Вкладка на рабочем поле экрана Job1.OutJob. File/Save As. Имя = Устройство. Расширение OutJob добавится автоматически. Предположим, что требуется в качестве конструкторской документации вывести три пары документов (парность документов обусловлена наличием двух вариантов исполнения):

- сборочный рисунок печатного узла;
- электрическую схему;
- ведомость материалов.

Раздел Assembly Outputs. В столбце Batch оставим галочку только напротив строки Assembly Drawings. Убедимся, что в столбце Variant присутствует значение No Variations.

Раздел Documentation Outputs. Строка Schematic Prints. Столбец Data Source. Щелкнуть на ячейке, образованной указанным пересечением строки и столбца. В появившемся выпадающем списке выбрать [Project Physical Documents]. Выключить галочки во всех остальных строках раздела Documentation Outputs.

Раздел Fabrication Outputs. Выключить галочки во всех строках раздела.

Раздел Netlist Outputs. Выключить галочки во всех строках раздела.

Раздел Report Outputs. Строка Bill of Materials. Убедиться, что в столбце Variant установлено No Variations. Выключить галочки во всех остальных строках раздела.

10. Сохранение настроек выходного рабочего файла. File/Save.

11. Преобразование в формат PDF. Tools/Batch Publish To PDF. Диалоговое окно Publish To PDF Settings.

Output File Name = X:\ФПК\Фамилия\Project Outputs for Устройство\Вариант 1.PDF

Убедиться, что включена опция Open PDF File after export.

Кнопка ОК. В результате автоматически запустится Acrobat Reader и откроется документ, состоящий из трех страниц: электрическая схема, вид сверху печатного, вид снизу печатного узла.

Примечание. Вид снизу печатного узла (Bottom Assembly Drawing) пустой по причине того, что на нижней стороне печатной платы ЭРИ не устанавливаются.

12. Возврат в среду Altium Designer. Выделить в разделе Report Outputs строку Bill of Materials. Щелчок правой клавишей мыши на выбранной строке. Выбрать в контекстном меню Run Selected. В результате в дереве проектов появится папка Generated, внутри которой будет файл формата Microsoft Excel с ведомостью материалов (прообраз перечня элементов). Двойной щелчок на этом файле в дереве проектов приведет к его открытию.

13. Возврат в среду Altium Designer. Изменение настроек рабочего выходного файла для варианта исполнения №2. Вкладка на рабочем поле экрана Устройство.OutJob.

Раздел Assembly Outputs. Строка Assembly Drawings. Щелкнуть на столбец Variant и выбрать в выпадающем списке «Выход с открытым коллектором».

Раздел Documentation Outputs. Строка Schematic Prints. Щелкнуть на столбец Variant и выбрать в выпадающем списке «Выход с открытым коллектором».

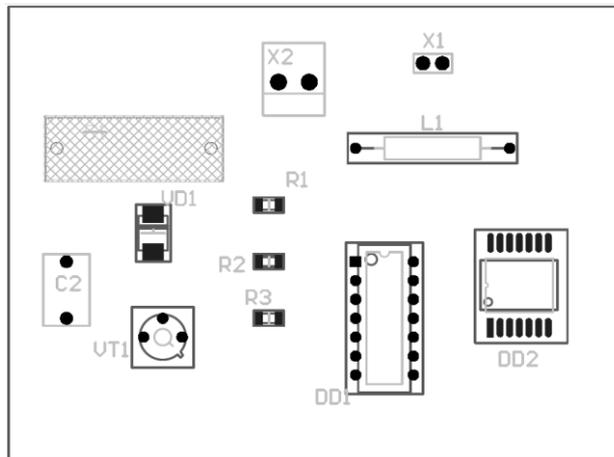
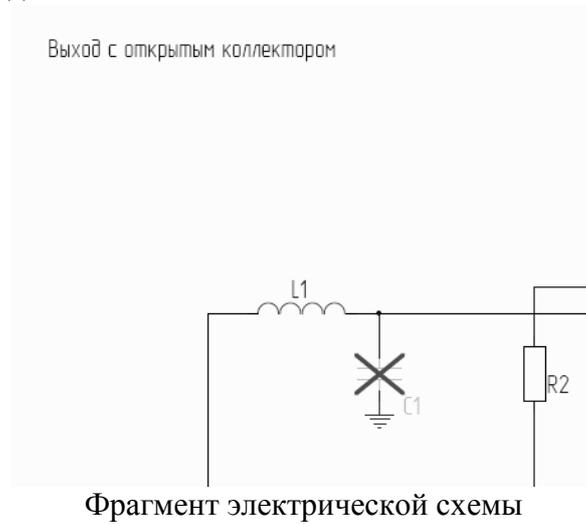
Раздел Report Outputs. Строка Bill of Materials. Щелкнуть на столбец Variant и выбрать в выпадающем списке «Выход с открытым коллектором».

14. Сохранение настроек выходного рабочего файла. File/Save.

15. Повторить п. 11.

Output File Name = X:\ФПК\Фамилия\Project Outputs for Устройство\Вариант 2.PDF

Заметим, что на электрической схеме конденсатор C1, не применяемый в этом варианте исполнения, зачеркнут. На сборочном рисунке посадочное место конденсатора C1 также заштриховано стилем, определенным в п. 8.



Сборочный рисунок

16. Возврат в среду Altium Designer. Повторить п. 12. Убедиться, что теперь в ведомости материалов отсутствует конденсатор C1, а вместо микросхемы K133JA6 присутствует K133JA7.

17. Сохранение результатов. File/Save All.

ЗАДАНИЕ №33. СРАВНЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ФИЗИЧЕСКОМ И ЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЯХ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdf) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Сравнение печатных плат на логическом уровне. 1 пара.

1. Поиск и загрузка первой сравниваемой пары печатных плат. File/Open.

X:\ФПК\Фамилия\1 пара\Автоматическая трассировка.PcbDoc.

X:\ФПК\Фамилия\1 пара\Печатная плата.PcbDoc.

Эти файлы являются самостоятельными, присоединять к какому-либо проекту их не требуется. Сделать активным первый документ (Автоматическая трассировка.PcbDoc).

2. Сравнение на логическом уровне. Project/Show Differences. Диалоговое окно Choose Documents To Compare. Включить опцию Advanced Mode. В левом списке выбрать документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc», в правом списке выбрать документ «Печатная плата.PcbDoc». Выделение обозначается красным цветом. Кнопка ОК. В результате появится информационное окно, сообщающее о найденных различиях между документами. Кнопка Yes.

3. Исследование различий. Диалоговое окно Differences between PCB Documents. Обнаружено два логических различия:

- под позиционным обозначением DD2 в сравниваемых документах применяются разные микросхемы K133JA6 и K133JA7;
- разные имена электрической цепи NetC2_2 и A10.

Выделим строку с найденным различием K133JA6. Кнопка Explore Differences. Панель Differences. Раскроем полностью дерево различий.

Выделим сначала строку Component DD2 K133JA6. Система автоматически сделает активным документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc» и выделит указанный элемент.

Выделим строку Component DD2 K133JA7. Произойдут аналогичные действия.

Таким же образом можно исследовать строки различий Wire NetC2_2 и Wire A10.

Закрывать панель Differences.

4. Исправление различий. Примем решение: первый документ оставить без изменений, а внести исправления во второй сравниваемый документ (Печатная плата.PcbDoc). Сделать активным документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc» и повторить п. 2. Диалоговое окно Differences between PCB Documents. Выделим строку с первым найденным различием. Щелчок правой кнопкой мыши. Выбор в контекстном меню Update All in >> PCB Document [Печатная плата.PcbDoc]. В результате в таблице в группах Update и Change Order появится соответствующая нашему выбору информация.

5. Внесение изменений. Кнопка Create Engineering Change Order. Диалоговое окно Engineering Change Order. Кнопка Validate Change. В правой части появится ряд зеленых галочек. Кнопка Execute Changes. В правой части появится второй ряд зеленых галочек. Кнопка Close.

6. Проверка. Повторить п. 2 и убедиться, что логических различий между документами нет (No Differences Detected).

7. Сохранение результатов. File/Save All.

Примечание. Заметим, что на печатной плате в документе «Печатная плата.PcbDoc» отсутствует правое верхнее крепежное отверстие и сегмент трассы GND, подходящий к нему. Од-

нако с точки зрения выбранного стиля поиска различий – логические различия – печатные платы считаются идентичными.

II. Сравнение печатных плат на логическом уровне. 2 пара.

1. Поиск и загрузка второй сравниваемой пары печатных плат. File/Open.

X:\ФПК\Фамилия\2 пара\Автоматическая трассировка.PcbDoc.

X:\ФПК\Фамилия\2 пара\Полигоны.PcbDoc.

Эти файлы являются самостоятельными, присоединять к какому-либо проекту их не требуется.

2. Сравнение на логическом уровне. Project/Show Differences. Диалоговое окно Choose Documents To Compare. Включить опцию Advanced Mode. В левом списке выбрать документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc», в правом списке выбрать документ «Полигоны.PcbDoc». Выделение обозначается красным цветом. Кнопка ОК. В результате появится информационное окно, сообщающее о том, что различий не обнаружено (No Differences Detected).

3. Закрытие документов. File/Close.

Примечание. Сравниваемая пара печатных плат идентична на логическом уровне, несмотря на то, что в документе «Полигоны.PcbDoc» имеются два экранных слоя цепи GND, а также присутствует маркировка печатной платы.

III. Сравнение печатных плат на физическом уровне. 3 пара.

1. Поиск и загрузка третьей сравниваемой пары печатных плат. File/Open.

X:\ФПК\Фамилия\3 пара\Автоматическая трассировка.PcbDoc.

X:\ФПК\Фамилия\3 пара\Полигоны.PcbDoc.

Эти файлы являются самостоятельными, присоединять к какому-либо проекту их не требуется. Сделать активным первый документ (Автоматическая трассировка.PcbDoc).

2. Сравнение на физическом уровне. Project/Show Physical Differences. Диалоговое окно Choose Documents To Compare. Включить опцию Advanced Mode. В левом списке выбрать документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc», в правом списке выбрать документ «Полигоны.PcbDoc». Выделение обозначается красным цветом. Кнопка ОК. В результате появится панель Differences, в которой перечислены физические различия печатных плат.

3. Исследование различий. Раскроем дерево полностью дерево различий. Можно видеть, что различия сгруппированы в два раздела: Extra PCB Objects (дополнительные объекты) и Changed PCB Objects (измененные объекты).

Выберем в дереве различий первое найденное различие «Poly Полигон верхний». В результате система автоматически переключится на документ «Полигоны.PcbDoc» и выделит объект – верхний экранный слой цепи GND. Очевидно, что в документе «Автоматическая трассировка.PcbDoc» экранный слой отсутствует.

4. Аналогично п. 3 можно исследовать остальные различия в разделе Extra PCB Objects: нижний экранный слой, наличие маркировки на печатной плате.

5. Выделим в дереве различий раздел Changed PCB Objects. Выберем первое найденное в этом разделе различие Component DD1. Выделяя поочередно первую и вторую строку Component DD1, можно заметить разное местоположение позиционного обозначения DD1 на печатных платах.

6. Аналогично п. 5 можно исследовать остальные различия в разделе Changed PCB Objects.

7. Закрытие документов. File/Close.

Примечание. В режиме сравнения печатных на физическом уровне внесение изменений в документы не предусмотрено.

IV. Сравнение печатных плат на физическом уровне. 4 пара.

1. Поиск и загрузка четвертой сравниваемой пары печатных плат. File/Open.

X:\ФПК\Фамилия\4 пара\Автоматическая трассировка.PcbDoc.

X:\ФПК\Фамилия\4 пара\Устройство.PcbDoc.

Эти файлы являются самостоятельными, присоединять к какому-либо проекту их не требуется.

2. Сравнение на физическом уровне. Project/Show Physical Differences. Диалоговое окно Choose Documents To Compare. Включить опцию Advanced Mode. В левом списке выбрать документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc», в правом списке выбрать документ «Устройство.PcbDoc». Выделение обозначается красным цветом. Кнопка ОК. В результате появится информационное окно, сообщающее о том, что различий не обнаружено (No Differences Detected). Сравнимые печатные платы полностью идентичны.

3. Закрытие документов. File/Close.

ЗАДАНИЕ №34. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ЭТАПЫ К АНАЛИЗУ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛОВ

I. Подготовка электрической схемы.

1. Сброс всех пользовательских настроек. DXP/Preferences. Диалоговое окно Preferences. Боковая стрелка возле кнопки Set to Default. Выбор пункта Default (All).
2. Создание проекта. File/New/Project/PCB Project. Именоване проекта. File/Save Project As = X:/ФПК/Фамилия/Целостность сигналов. Расширение PrjPcb добавится автоматически.
3. Проверка наличия файлов. Убедиться, что в рабочей папке присутствуют файлы математических моделей стандарта IBIS:
 - lh79520.ibs – описание выводов LCD контроллера Sharp;
 - y16a.ibs – описание выводов памяти Micron.
4. Присоединение к проекту файлов математических моделей стандарта IBIS. Project/Add Existing to Project. Тип файлов = All files (*.*). Имя файла = lh79520.ibs. В результате в дереве проекта появятся папки Documentation и Text Document, внутри которых будет присоединенный файл математической модели.
5. Повторить п. 4 для файла y16a.ibs.
6. Присоединение к проекту нового рабочего поля для электрической схемы. Щелчок правой кнопкой мыши на названии проекта «Целостность сигналов» в дереве проектов. Выбор в контекстном меню Add New to Project/Schematic.
7. Именоване листа электрической схемы. File/Save As. Имя файла = *Схема*. Расширение SchDoc добавится автоматически.
8. При рисовании схемы будут использоваться УГО ЭРИ, которые изображены в системе координат DXP Defaults с шагом координатной сетки 10 единиц. Таким образом, рабочее поле чертежа также должно иметь единицы DXP Defaults и шаг координатной сетки в 10 единиц. Design/Document Options. Вкладка Units. Включить опцию Use Imperial Unit System. В выпадающем списке выбрать вариант DXP Defaults. Установка шага координатной сетки View/Grids/Set Snap Grids. Диалоговое окно Choose a snap grid size. Ввести значение 10. После закрытия диалогового окна в строке статуса должна появиться надпись об установленном шаге координатной сетки: Grid: 10.
9. Присоединение интегрированных библиотек ЭРИ. Боковая кнопка Libraries. Панель Libraries. Кнопка Libraries. Диалоговое окно Available Libraries. Вкладка Installed. Кнопка Install. Поиск и загрузка файла X:\Program Files\Altium Designer 6\Library\Sharp\SHARP BlueStreak.IntLib. В результате интегрированная библиотека должна появиться в диалоговом окне Available Libraries.
10. Повторить п. 9 для файла X:\Program Files\Altium Designer 6\Library\Micron Technology\Micron Memory Dynamic RAM.IntLib.
11. Размещение ЭРИ на рабочем поле. Боковая кнопка Libraries. Панель Libraries. Первый выпадающий список. Выбрать библиотеку SHARP BlueStreak.IntLib. Второй выпадающий список. Написать запрос для поиска ЭРИ «LH79520». В результате в списке Component Name будут найдены два ЭРИ. Выберем ЭРИ LH79520N0M000B1. Кнопка Place LH79520N0M000B1. Вывести указатель мыши на рабочее поле. С помощью кнопки SpaceBar повернуть УГО ЭРИ таким образом, чтобы выводы данных D0...D15 располагались справа. Клавиша Tab для уточнения свойств микросхемы. Диалоговое окно Component Properties. Designator = DD1. Кнопка ОК. Щелчок левой кнопкой мыши для фиксации микросхемы на рабочем поле (см. рисунок).
12. Размещение второй секции микросхемы. С помощью кнопки SpaceBar повернуть УГО ЭРИ так, чтобы сохранялась естественная вертикальная ориентация. Кнопка ОК. Щелчок левой кнопкой мыши для фиксации второй секции микросхемы на рабочем поле (см. рисунок). Клавиша Esc для выхода из режима размещения.

13. Аналогично п. 11 разместить на поле чертежа из библиотеки Micron Memory Dynamic RAM.IntLib микросхему памяти MT48LC16M16A2FG-7E. С помощью кнопки X повернуть УГО ЭРИ таким образом, чтобы выводы данных DQ0...DQ15 располагались слева. Щелчок левой кнопкой мыши для фиксации микросхемы на рабочем поле (см. рисунок). Позиционное обозначение микросхемы DD2.

14. Подключение математической модели стандарта IBIS. Двойной щелчок на секции DD1A. Диалоговое окно Component Properties. Список Models for DD1 - LH79520N0M000B1. Боковая стрелка возле кнопки Add. Выбор варианта Signal Integrity. Диалоговое окно Signal Integrity Model.

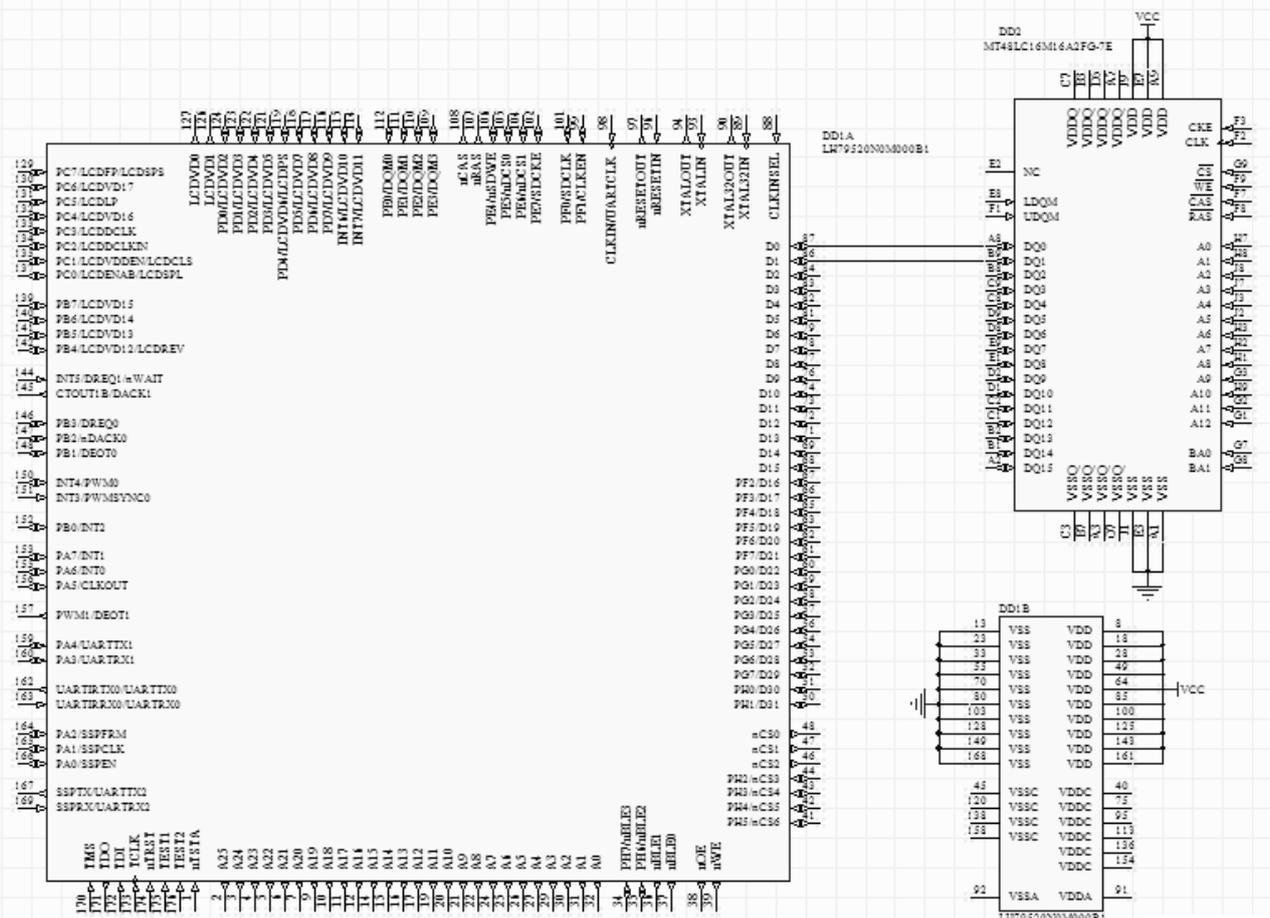
Model Name = LH79520

Description = LCD контроллер

Type = IC

Technology = Unknown

Кнопка Import IBIS. Найти и загрузить файл математической модели X:/ФПК/Фамилия/lh79520.ibs. Диалоговое окно IBIS Converter. Выделить в списке Components модель LH79520. В списке Pin Models представлены модели выводов данной микросхемы. Кнопка ОК. Возможно, появится информационное окно Confirm, сообщающее о том, что добавляемые модели выводов уже существуют во внутренней библиотеке Altium Designer. Кнопка ОК для перезаписи этих моделей. Еще два информационных окна сообщат, что назначение выводов определенных моделей прошло успешно. Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном Signal Integrity Model. В результате к ЭРИ LH79520N0M000B1 присоединена математическая модель стандарта IBIS для моделирования целостности сигналов. Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном Component Properties. На экране появится отчетный документ IBISReport.txt, в котором отражен процесс назначения выводов микросхемы определенных моделей.



15. В точности повторить п. 14 для второй секции микросхемы DD1B.

16. Повторить п. 14 для микросхемы памяти со следующими параметрами:

Model Name = MT48LC16M16A2FG

Description = Micron SRAM

Type = IC

Technology = Unknown

Имя файла математической модели X:/ФПК/Фамилия/y16a.ibs.

В списке Components выбрать MT48LC16M16A2FG

17. Прорисовка сигнальных проводников. Place/Wire. Проложить проводник от вывода D0 микросхемы DD1A к выводу DQ0 микросхемы DD2. Проложить проводник от вывода D1 микросхемы DD1A к выводу DQ1 микросхемы DD2 (см. рисунок).

Примечание. Для последующего анализа нам понадобятся только два сигнальных проводника и силовые проводники питания и «земли».

18. Прорисовка силовых цепей. Place/Wire. На секции DD1B объединить проводниками группу выводов VSS (это выводы «земли»). На секции DD1B объединить проводниками группу выводов VDD (это выводы питания). На микросхеме DD2 объединить проводниками группу выводов VSS. На микросхеме DD2 объединить проводниками группу выводов VDD (см. рисунок).

19. Добавление портов «земли». Place/Power Port. Клавиша Tab на клавиатуре. Уточнение свойств.

Style = Power Ground.

Net = GND.

Выключить Show Net Name.

Присоединить порт «земли» на поле чертежа к группе VSS секции DD1B и к группе VSS микросхемы DD2.

20. Добавление портов питания. Place/Power Port. Клавиша Tab на клавиатуре. Уточнение свойств.

Style = Bar.

Net = VCC.

Включить Show Net Name.

Присоединить порт питания на поле чертежа к группе VDD секции DD1B и к группе VDD микросхемы DD2.

21. Именованье цепей. Place/Net Label. Клавиша Tab для уточнения свойств. Net = D0. Щелкнуть левой клавишей мыши на соответствующем сигнальном проводнике.

22. Аналогично п. 21 присвоить имя D1 второму сигнальному проводнику.

23. Настройка параметров проверки проекта. Project/Project Options. Диалоговое окно Options for PCB Project Целостность сигналов.PrjPcb. Вкладка Error Reporting. Группа Violations Associated with Nets.

Nets containing floating input pins = No Report (выбирается из выпадающего списка)

Nets with no driving source = No Report

Вкладка Connection Matrix. Столбец Unconnected.

Строка Input Pin = No Report (выбирается последовательным перебором)

Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном.

24. Компилирование электрической схемы. Project/Compile Document Схема.SchDoc. Кнопка System (правый нижний угол). Выбор пункта Messages. В случае успешности компилирования на панели Messages не будет представлено никаких ошибок и замечаний.

25. Компилирование проекта. Project/Compile PCB Project Целостность сигнала.PrjPcb. В случае успешности компилирования на панели Messages не будет представлено никаких ошибок и замечаний.

26. Сохранение результатов. File/Save All.

II. Подготовка печатной платы.

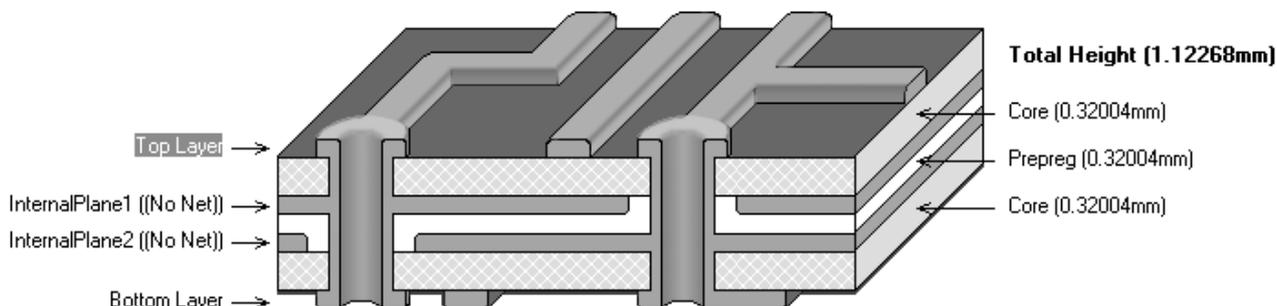
1. Присоединение к проекту документа с печатной платой. Щелчок правой кнопкой мыши на названии проекта «Целостность сигналов» в дереве проектов. Выбор в контекстном меню Add New to Project/PCB.
2. Именованье документа с печатной платой. File/Save As. Имя файла = *Плата*. Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Выбор системы координат. Design/Board Options. Диалоговое окно Board Options.

Unit = Metric
 Snap Grid = 0.4mm
 Component Grid = 1mm
 Electrical Grid = 0.4mm
 Grid 1 = 0.4mm
 Grid 2 = 4mm

Примечание. Выбор координатной сетки 0.4 мм связан с шагом выводов в микросхемах DD1 и DD2.

4. Передача информации из редактора электрических схем. Design/Import Changes From Целостность сигнала.PrjPcb. Диалоговое окно Engineering Change Order. Кнопка Validate Changes. В правой части диалогового окна должен появиться столбик из зеленых галочек. Кнопка Execute Changes. В правой части диалогового окна должен появиться второй столбик из зеленых галочек. Кнопка Close.
5. Сделать текущий масштаб таким образом, чтобы было видно границы печатной платы. За пределами печатной платы справа располагается область размещения элементов «Схема», внутри которой посадочные места двух микросхем DD1 и DD2.
6. Щелкнуть левой клавишей мыши в любом свободном месте области размещения элементов и, не отпуская кнопку мыши, переместить область вместе с элементами на середину печатной платы (см. рисунок). Размещение элементов друг относительно друга имеет принципиальное значение, поэтому необходимо расположить элементы как на рисунке.
7. Создание стека слоев. Design/Layer Stack Manager. Диалоговое окно Layer Stack Manager. Выделить надпись на рисунке Top Layer (слева). Кнопка Add Plane (справа). Еще раз нажать на кнопку Add Plane. В результате появятся два экранных слоя InternalPlane1 и InternalPlane2, а в целом – на рисунке будет представлен четырехслойный стек печатной платы. Включить опции Top Dielectric и Bottom Dielectric. При этом к стеку печатной платы добавятся защитные слои на верхней и нижней части печатной платы (см. рисунок).

Примечание. По правилам анализа целостности сигналов, принятым в Altium Designer, стек печатной платы обязательно должен состоять из внутренних сплошных слоев (экранов), например: слой «земля», слой «питание».



8. Определение имен и физических параметров фольги. Предположим, что печатная плата изготовлена из стеклотекстолита фольгированного FR-4 Duraver. Двойной щелчок на надписи Top Layer, расположенной слева от рисунка. Диалоговое окно Top Layer Properties.

Name = Component Side.
 Copper Thickness = 0.035 мм.

Двойной щелчок на надписи Bottom Layer.

Name = Solder Side.

Copper Thickness = 0.035 мм.

Двойной щелчок на надписи InternalPlane1 (No Net). Диалоговое окно InternalPlane1 Properties.

Name = Ground Plane.

Copper Thickness = 0.035 мм.

Net Name = GND.

Значение Pullback оставить без изменений.

Двойной щелчок на надписи InternalPlane2 (No Net).

Name = Power Plane.

Copper Thickness = 0.035 мм.

Net Name = VCC.

Значение Pullback оставить без изменений.

9. Определение физических параметров стеклотекстолита и стеклоткани. Двойной щелчок на верхней надписи Core (справа от рисунка). Диалоговое окно Dielectric Properties. Thickness = 0.86mm. Dielectric Constant = 4.8. Двойной щелчок на нижней надписи Core. Аналогично задать толщину в 0.86 мм и диэлектрическую постоянную 4.8.

Двойной щелчок на надписи Prepreg. Диалоговое окно Dielectric Properties. Thickness = 0.063mm. Dielectric Constant = 4.8.

10. Определение физических параметров защитного покрытия. Кнопка ... (слева от опции Top Dielectric). Диалоговое окно Dielectric Properties. Thickness = 0.01mm. Dielectric Constant = 3.5.

Кнопка ... (слева от опции Bottom Dielectric). Диалоговое окно Dielectric Properties. Thickness = 0.01mm. Dielectric Constant = 3.5.

11. Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном. В результате появится информационное окно, сообщающее, что комплексное сопротивление проводников будет зависеть от физических параметров стека печатной платы. Кнопка ОК.

12. Задание правил проектирования – Зазоры. Design/Rules. Диалоговое окно PCB Rules and Constraints Editor. Найти в дереве слева раздел Electrical. Выбор пункта Clearance. Выбор подчиненного пункта Clearance. Работа в правой части диалогового окна.

Where the First object matches = All

Where the Second object matches = All

Minimum Clearance = 0.15mm.

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

13. Задание правил проектирования – Ширины трасс. Найти в дереве слева раздел Routing. Выбор пункта Width. Выбор подчиненного пункта Width. Работа в правой части диалогового окна.

Where the First object matches = All

Min Width = 0.1mm

Preferred Width = 0.15mm

Max Width = 0.2mm

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

14. Задание правил проектирования – Слои для трассировки. Найти в дереве слева раздел Routing. Выбор пункта Routing Layers. Выбор подчиненного пункта Routing Layers. Работа в правой части диалогового окна. Группа Enable Layers. Снять галочку со слоя Solder Side.

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

15. Задание правил проектирования – Переходные отверстия. Найти в дереве слева раздел Routing. Выбор пункта Routing Via Style. Выбор подчиненного пункта Routing Vias. Работа в правой части диалогового окна.

Via Diameter. Minimum = Maximum = Preferred = 0.6mm

Via Hole Size. Minimum = Maximum = Preferred = 0.3mm

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

16. Задание правил проектирования – Сигнал для анализа целостности. Найти в дереве слева раздел Signal Integrity. Выбор пункта Signal Stimulus. Щелчок правой кнопкой мыши на выбранном пункте. Выбор в контекстном меню New Rule. Раскрытие пункта Signal Stimulus. Выбор подчиненного пункта Signal Stimulus. Работа в правой части диалогового окна.

Stimulus Kind = Single Pulse

Start Level = Low Level

Start Time = 10n

Stop Time = 60n

Period Time = 100n

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

Примечание. Таким способом задается тестовый сигнал – одиночный импульс длительностью 50 нс.

17. Задание правил проектирования – Амплитуда сигнала для анализа целостности. Найти в дереве слева раздел Signal Integrity. Выбор пункта Signal Top Value. Щелчок правой кнопкой мыши на выбранном пункте. Выбор в контекстном меню New Rule. Раскрытие пункта Signal Top Value. Выбор подчиненного пункта Signal Top Value. Работа в правой части диалогового окна.

Minimum (Volts) = 3

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

18. Задание правил проектирования – Цепь «земля». Найти в дереве слева раздел Signal Integrity. Выбор пункта Supply Nets. Щелчок правой кнопкой мыши на выбранном пункте. Выбор в контекстном меню New Rule. Раскрытие пункта Supply Nets. Выбор подчиненного пункта Supply Nets. Работа в правой части диалогового окна.

Name = SupplyNetGND

Where the First object matches = Net. В активном выпадающем списке выбрать GND.

Voltage = 0

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров.

19. Задание правил проектирования – Цепь «питание». Выбор пункта Supply Nets. Щелчок правой кнопкой мыши на выбранном пункте. Выбор в контекстном меню New Rule. Раскрытие пункта Supply Nets. Выбор подчиненного пункта Supply Nets. Работа в правой части диалогового окна.

Name = SupplyNetVCC

Where the First object matches = Net. В активном выпадающем списке выбрать VCC.

Voltage = 3

Нажать кнопку Apply для сохранения параметров. Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном.

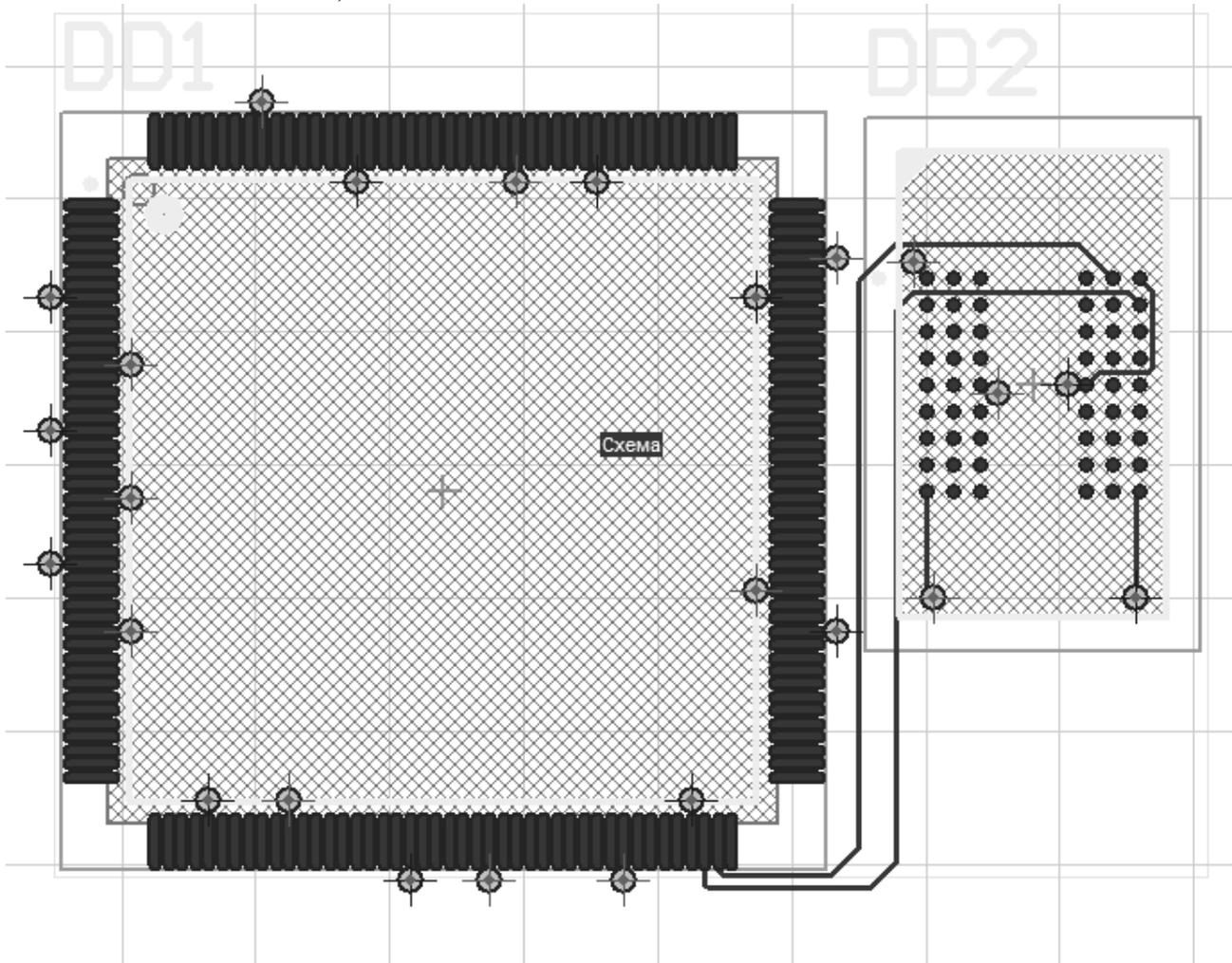
20. Сохранение результатов. File/Save All.

III. Автоматическая трассировка печатной платы.

1. Запуск автотрассировщика. AutoRoute/All. Диалоговое окно Situs Routing Strategies. Группа Routing Strategy. Выбор в списке стратегии Default Multi Layer Board. Кнопка Route All. В результате в автоматическом режиме будут проложены сигнальные трассы и силовые трассы (см. рисунок).

Примечание. В каждом конкретном случае рисунок трасс может отличаться относительно представленного на рисунке.

2. Проверка правил проектирования. Tools/Design Rule Check. Диалоговое окно Design Rule Checker. Убедиться, что включены все опции. Кнопка Run Design Rule Check. В появившемся на экране отчете не должно быть замечаний и нарушений (Warnings = 0; Rule Violations = 0).



ЗАДАНИЕ №35. АНАЛИЗ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛОВ В ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

I. Моделирование отражений сигналов.

1. Убедиться, что загружен проект «Целостность сигналов.PrjPcb» и активным является документ с печатной платой «Плата.PcbDoc».
2. Запуск модуля Signal Integrity. Tools/Signal Integrity. При **первом** запуске появляется диалоговое окно SI Setup Options. Оставить все значения без изменений.

Примечание 1. При последующих запусках модуля Signal Integrity диалоговое окно SI Setup Options появляться не будет.

Примечание 2. Параметры Track Impedance и Average Track Length в диалоговом окне SI Setup Options относятся к дополнительным цепям, которые изначально не входят в электрическую схему, а потому не передаются на печатную плату, но могут быть введены на плату разработчиком самостоятельно.

3. Кнопка Analyze Design. В результате появится панель Signal Integrity. В левой части панели расположен список цепей, для которых был проведен быстрый анализ Screening. Можно заметить, что анализу подлежат только сигнальные цепи (D0 и D1). Красный фон говорит о том, что в результате анализа выявлены значительные отражения сигналов в цепях, которые превышают установленную норму. Об этом факте говорит также столбец Status, значение которого в нашем случае Failed. В таблице представлены четыре базовых параметра:

- Falling Edge Overshoot – положительный выброс заднего фронта;
- Falling Edge Undershoot – отрицательный выброс заднего фронта;
- Raising Edge Overshoot – положительный выброс переднего фронта;
- Raising Edge Undershoot – отрицательный выброс переднего фронта.

Кроме этого, представлен параметр Top Value (верхний уровень импульса).

4. Отображение дополнительных полей. Кнопка Menu. Пункт Show/Hide Column/Base Value. В результате в таблице появится дополнительное поле Base Value (нижний уровень импульса).

5. Повторить п. 4 для полей: Length (Длина цепи), Impedance (Комплексное сопротивление цепи).

Примечание 1. Поля Base Value, Length, Impedance дают дополнительную информацию о анализируемых цепях.

Примечание 2. Численные значения, представленные в таблице, получены в результате быстрого (ориентировочного) анализа. По этой причине к четырем базовым значениям (выбросам) в таблице следует относиться как к неким абстрактным величинам по типу «большое значение – плохо, маленькое значение – хорошо». Более достоверный анализ дает индивидуальное моделирование каждой цепи (см. далее п. 8).

6. Настройка параметров анализа. Кнопка Menu. Пункт Preferences. Диалоговое окно Signal Integrity Preferences. Вкладка General. Включить все опции на этой вкладке. Убедиться, что Unit = mm.

7. Проверка порогового значения. Кнопка Menu. Пункт Set Tolerances. Диалоговое окно Set Screening Analysis Tolerances. Убедиться, что для четырех базовых значений задан 20% порог срабатывания Failed/Passed и включены опции Enabled.

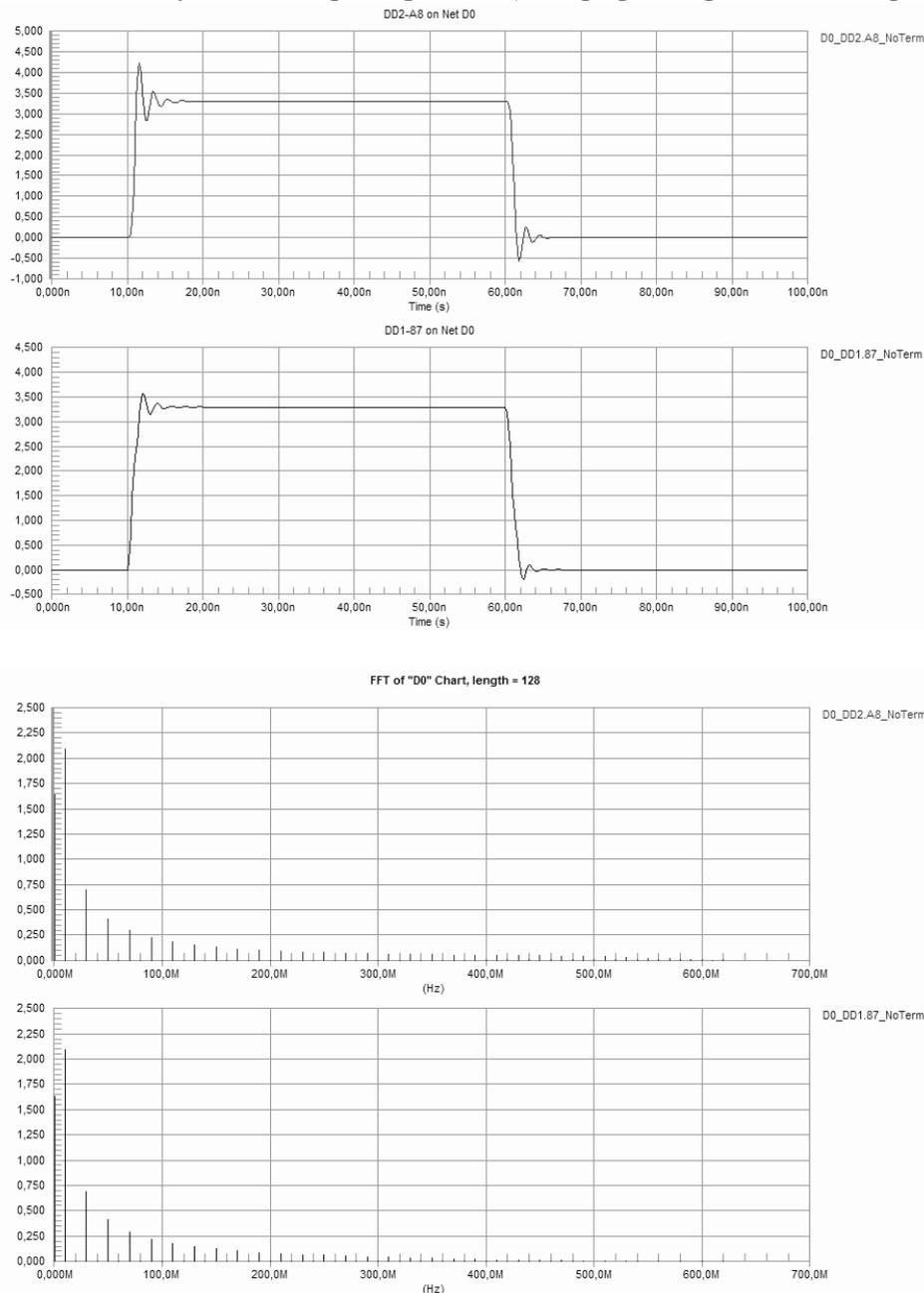
8. Индивидуальный анализ цепей. Выделить в таблице слева цепь D0. Кнопка > для копирования цепи в список Net (справа вверху). При этом в списке Designator (справа посередине) автоматически отобразятся элементы, принадлежащие этой цепи.

9. Установка параметров цепей. Выделить в списке Designator (справа посередине) элемент DD1 (микроконтроллер). Щелчок правой клавишей мыши на выделенной строке. Выбрать из контекстного меню Toggle In/Out. В результате в столбце Direction

появится значение Vi/Out (двунаправленный вывод, работающий как источник сигнала).

10. Аналогично п. 9 сделать для элемента DD2 значение Vi/In (двунаправленный выход, работающий как приемник сигнала). Убедиться, что в списке Termination включена только одна опция No Termination.

11. Запуск индивидуального анализа. Кнопка Reflection Waveforms. В результате на экране на вкладке D0 появятся графики импульсной характеристики – верхний график для микросхемы DD2; нижний график для микросхемы DD1 (см. графики первый и второй). Можно видеть, что на графиках присутствует «звон» – искажения за счет отражения от нагрузки и источника. На вкладке D0_FFT присутствуют спектральные составляющие импульсных характеристик (см. графики третий и четвертый).



12. Возврат к табличным значениям быстрого анализа Screening. Кнопка Editor (справа внизу). Выбор пункта Signal Integrity. Сделаем в рабочей тетради следующую таблицу для сравнения топологических вариантов и занесем в строку «Базовый» результаты текущего варианта **для цепи D0**.

Примечание. Впоследствии будем анализировать и сравнивать только цепь D0.

Вариант	Status	Falling Edge Overshoot	Falling Edge Undershoot	Length	Impedance	Rising Edge Overshoot	Rising Edge Undershoot
Базовый							
Тонкий стек							
Ортогональная трасса							
Узкая трасса							
Широкая трасса							
Отсутствие защитного слоя							
Положение DD2							

В книжке не писать

13. Вариант топологии «тонкий стек». Сделать активным документ «Плата.PcbDoc». Design/Layer Stack Manager. Диалоговое окно Layer Stack Manager. Назначим самые тонкие толщины из допустимых значений для стеклотекстолита, стеклоткани и фольги в стекле печатной платы FR-4 DURAVER.

Core (сверху и снизу). Thickness = 0.125 мм.

Prepreg. Thickness = 0.063 мм.

Component Side. Copper Thickness = 0.018 мм.

Ground Plane (GND). Copper Thickness = 0.018 мм.

Power Plane (VCC). Copper Thickness = 0.018 мм.

Solder Side. Copper Thickness = 0.018 мм.

Кнопка ОК. В информационном окне нажать на кнопку ОК.

14. Повторный запуск модуля Signal Integrity. Кнопка Editor (справа внизу). Выбор пункта Signal Integrity. Панель Signal Integrity. Кнопка Reanalyze Design. Запишем числовые значения для цепи D0 во вторую строку «Тонкий стек» нашей таблицы.

15. Вариант топологии «Ортогональная трасса». Сделать активным документ «Плата.PcbDoc». Найти трассу D0 – название трассы нанесено на печатный проводник, если сделать сильное увеличение. Удалить сегменты трассы «под 45°» для цепи D0. Place/Interactive Routing. Дорисовать ортогональные сегменты трасс вместо удаленных. Для более точной прорисовки можно сделать текущий шаг в 0.1 мм.

16. Повторить п. 14 и записать числовые значения в третью строку «Ортогональная трасса».

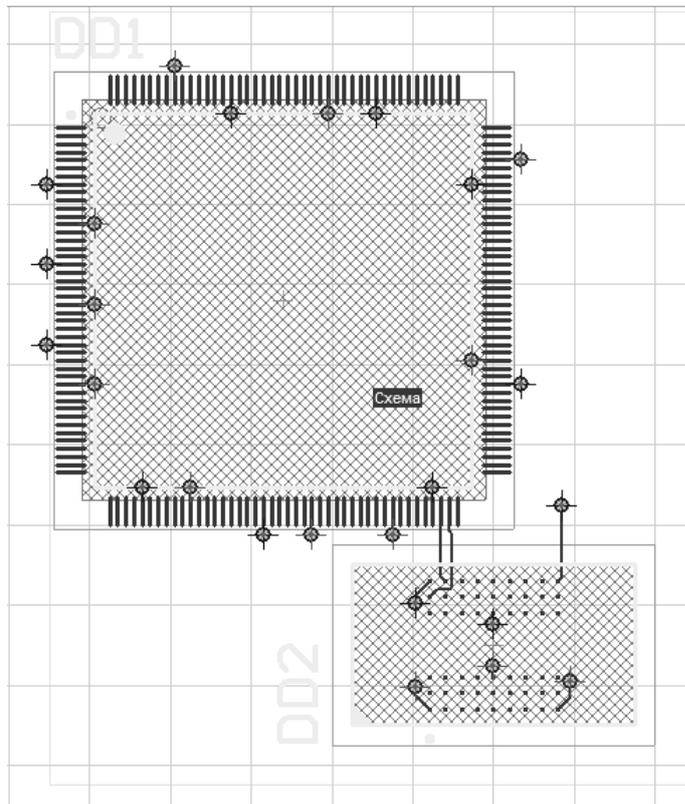
17. Вариант топологии «Узкая трасса». Сделать активным документ «Плата.PcbDoc». С помощью левой клавиши мыши выделить любой сегмент трассы D0. Щелчок правой клавишей мыши на выделенном сегменте. Выбор в контекстном меню Find Similar Objects. Диалоговое окно Find Similar Objects. Убедиться, что в строке Object Kind установлено Track = Same. Установить для строки Net значение D0 = Same. Кнопка Apply. Кнопка ОК. В результате на экране высветится цепь D0, кроме этого появится панель PCB Inspector. В панели PCB Inspector установить Width = 0.1mm и нажать Enter. Это значение является минимально допустимой шириной трассы (см. задание 34, п. II.13). Панель PCB Inspector не закрывать.

18. Повторить п. 14 и записать числовые значения в четвертую строку «Узкая трасса».

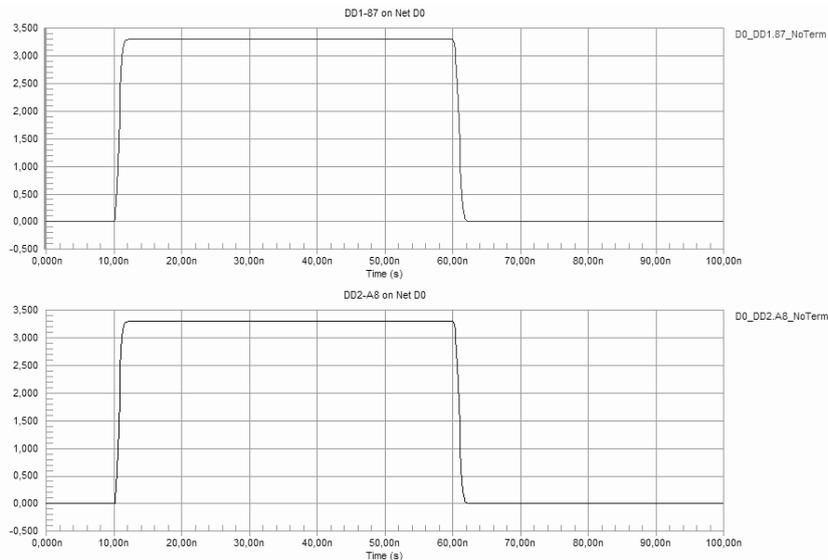
19. Вариант топологии «Широкая трасса». Сделать активным документ «Плата.PcbDoc». В панели PCB Inspector установить Width = 0.2mm и нажать Enter. Это значение является максимально допустимой шириной трассы (см. задание 34, п. II.13).

20. Повторить п. 14 и записать числовые значения в пятую строку «Широкая трасса».
21. Вариант топологии «Отсутствие защитного слоя». Сделать активным документ «Плата.PcbDoc». Отмена выделения. Кнопка Clear (справа внизу). Закрыть панель PCB Inspector. Design/Layer Stack Manager. Диалоговое окно Layer Stack Manager. Выключить опции Top Dielectric и Bottom Dielectric (справа вверху). Кнопка ОК.
22. Повторить п. 14 и записать числовые значения в шестую строку «Отсутствие защитного слоя».
23. Вариант топологии «Положение DD2». Сделать активным документ «Плата.PcbDoc». Отмена проложенных трасс. Tools/Un-Route/All. В результате все печатные проводники и переходные отверстия исчезнут. С помощью нажатой левой клавиши мыши переместить микросхему DD2 вниз, при этом с помощью клавиши SpaceBar развернуть ее на 90° (см. рисунок). Скорректировать границы области размещения «Схема» таким образом, чтобы она захватывала обе микросхемы. Автоматическая трассировка. Auto Route/All. Диалоговое окно Situs Routing Strategies. Убедиться, что выбрана стратегия Default Multi Layer Board. Кнопка Route All. В результате появится новый вариант топологии.

Примечание. В режиме автоматической трассировки вновь была установлена ширина трасс в 0.15 мм, как предпочтительное значение.



24. Повторить п. 14 и записать числовые значения в седьмую строку «Положение DD2».
25. Убедимся в отсутствии видимых искажений в режиме индивидуального анализа цепей (см. рисунок). Для этого следует повторить п. 8...11.
26. Сохранение результатов. File/ Save All.



II. Анализ перекрестных искажений.

1. Начальные установки. Вызов панели Signal Integrity. Кнопка Editor (справа внизу). Выбор пункта Signal Integrity. Панель Signal Integrity. Кнопка Menu. Пункт Preferences. Диалоговое окно Signal Integrity Preferences. Вкладка Configuration.

Max Dist. (m) = 20m – Максимальное расстояние между параллельными трассами 20 мм;

Min Length (m) = 1m – Минимальная длина трассы, которая принимается во внимание при расчете взаимных наводок 1 мм.

2. Поиск параллельных трасс. Выделить в таблице цепь D0. Щелчок правой клавишей мыши на выделенной строке. Выбор в контекстном меню Find Coupled Nets. В результате в таблице будет выделена вторая строка – цепь D1. Таким образом, цепи D0 и D1 считаются параллельными согласно настройкам в п. 1.

3. Настройка цепей для анализа. Кнопка >. В результате обе выделенные цепи будут скопированы в список Net (справа вверху). При этом в списке Designator (справа посередине) автоматически появятся элементы, принадлежащие выбранным цепям. Выбор цепи D0 в списке Net (справа вверху). Щелчок правой кнопкой мыши на выделенной цепи. Выбор в контекстном меню Set Agressor. Таким образом, цепь D0 будет источником помехи. Выбор цепи D1 в списке Net. Щелчок правой кнопкой мыши на выделенной цепи. Выбор в контекстном меню Set Victim. Таким образом, цепь D1 будет приемником помехи.

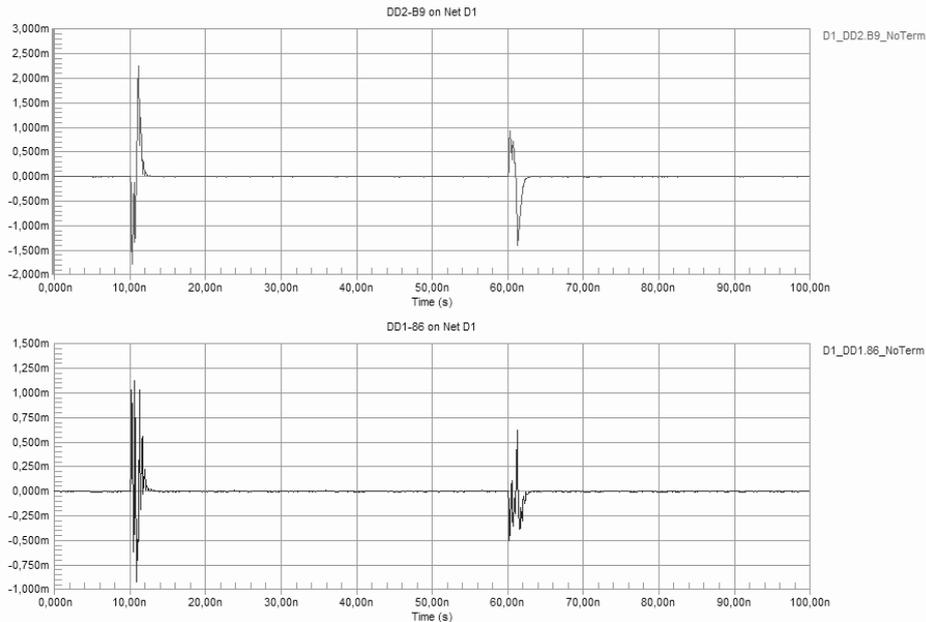
Примечание. Цепи, являющиеся источником и приемником помехи, визуально различаются в списке Net специальными значками.

4. Выделить в списке Designator (справа посередине) элемент DD1 (микроконтроллер). Щелчок правой клавишей мыши на выделенной строке. Выбрать из контекстного меню Toggle In/Out. В результате в столбце Direction появится значение Vi/Out (двунаправленный вывод, работающий как источник сигнала).

5. Аналогично п. 4 установить для элемента DD2 параметр Vi/In (двунаправленный вывод, работающий как приемник сигнала). Убедиться, что в списке Termination включена только одна опция No Termination.

6. Запуск анализа перекрестных искажений. Кнопка Crosstalk Waveforms. В результате на экране на вкладке Crosstalk Analysis появятся две пары графиков. Верхняя пара демонстрирует импульсную характеристику в начале и конце цепи, которая является источником помех (цепь D0). Нижняя пара демонстрирует наведенный сигнал в начале и в конце цепи, которая является приемником помех (цепь D1). Можно видеть, что наибольшее значение наведенной помехи в цепи D1 составляет 2 мВ (см. верхний

график). На вкладке Crosstalk Analysis_FFT присутствуют спектральные составляющие всех четырех сигналов.

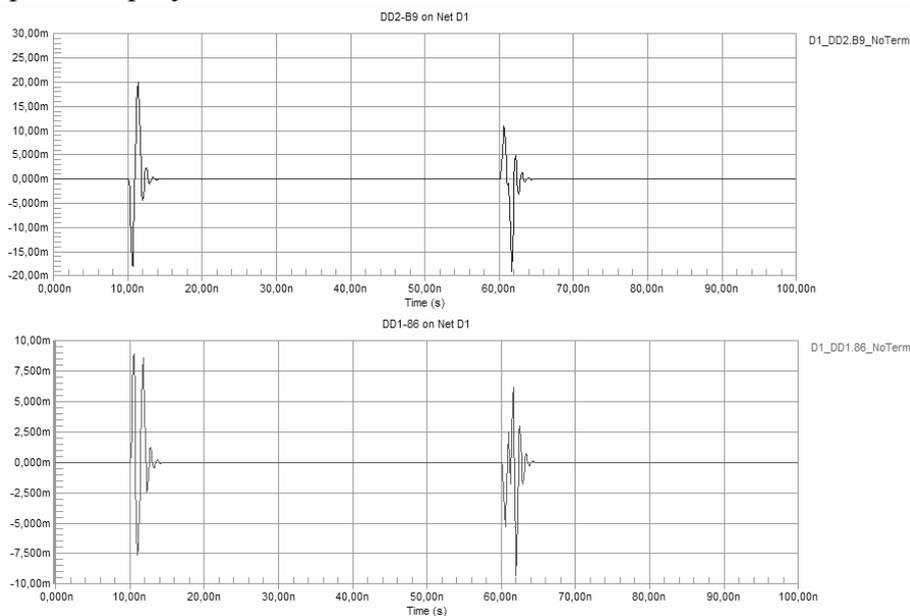


7. Вариант топологии «длинные параллельные трассы». Отмена трассировки. Tools/Un-Route/All. В результате все печатные проводники и переходные отверстия исчезнут. С помощью нажатой левой клавиши мыши переместить микросхему DD2 вертикально вниз на расстояние, равное четырем большим клеткам координатной сетки (16 мм). Скорректировать границы области размещения «Схема» таким образом, чтобы она захватывала обе микросхемы. Автоматическая трассировка. Auto Route/All. Диалоговое окно Situs Routing Strategies. Убедиться, что выбрана стратегия Default Multi Layer Board. Кнопка Route All. В результате появится новый вариант топологии.

8. Кнопка Signal Integrity (справа внизу). Панель Signal Integrity. Кнопка Reanalyse Design.

9. Повторить п. 2...6. Можно видеть, что наибольшее значение наведенной помехи в цепи D1 увеличилось до 20 мВ (см. верхний график).

10. Сохранение результатов. File/Save All.



ЗАДАНИЕ №36. СОБСТВЕННЫЕ СРЕДСТВА ALTIUM DESIGNER, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXP/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdft) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Настройки среды Altium Designer

DXP/Preferences. Диалоговое окно Preferences. В дереве слева выбрать и раскрыть раздел PCB Editor. Выбор раздела Defaults. Работа в правой части диалогового окна. Список Primitives. Изменения происходят по нажатию кнопки Edit Values.

Объект Coordinate.

Text Height = 100 mil

Layer = Mechanical1

Unit Style = None

True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Dimension

Text Height = 100 mil

Layer = Mechanical1

Unit Style = None

True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Linear Dimension

Pick Gap = 0 mil

Text Height = 100 mil

Text Gap = 0 mil

Layer = Mechanical1

Format = 0,00

Text Position = Aligned – Top

Unit = Millimeters

Precision = 2

True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Angular Dimension

Pick Gap = 0 mil

Text Height = 100 mil

Text Gap = 0 mil

Layer = Mechanical1

Format = -1°

Text Position = Aligned – Top

Unit = Degrees

Precision = 2

True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Radial Dimension

Text Height = 100 mil

Layer = Mechanical1

Format = 0,00

Unit = Millimeters

Precision = 2

True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Leader Dimension

Pick Gap = 0 mil

Text Height = 100 mil
 Layer = Mechanical1
 True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Datum Dimension
 Pick Gap = 0 mil
 Text Height = 100 mil
 Layer = Mechanical1
 Format = 0,00
 Unit = Millimeters
 Precision = 2
 True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Baseline Dimension
 Pick Gap = 0 mil
 Text Height = 100 mil
 Text Gap = 0 mil
 Layer = Mechanical1
 Format = 0,00
 Text Position = Aligned – Top
 Unit = Millimeters
 Precision = 2
 True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Center Dimension
 Layer = Mechanical1

Объект Original Dimension
 Text Height = 100 mil
 Layer = Mechanical1
 Unit Style = None
 True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Linear Diameter Dimension
 Pick Gap = 0 mil
 Text Height = 100 mil
 Text Gap = 0 mil
 Layer = Mechanical1
 Format = None
 Text Position = Aligned – Top
 True Type Font, GOST Type A, Italic

Объект Radial Diameter Dimension
 Text Height = 100 mil
 Layer = Mechanical1
 Format = None
 True Type Font, GOST Type A, Italic

Кнопка Save As. Сохранение примитивов: X:\ФПК\Фамилия\Примитивы печатных плат.dft. Расширение обязательно написать вручную.

Кнопка Save. Сохранение файла настроек: X:\ФПК\Фамилия\Файл настроек. Расширение DXPrpf добавится автоматически. Кнопка ОК.

II. Добавление вида сзади.

1. Найти и загрузить проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Сделать активным документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc».
2. Сохранение копии документа File/Save Copy As. Имя файла = «Чертеж печатной платы». Расширение PcbDoc добавится автоматически.
3. Добавление в проект копии. Правый щелчок на названии проекта «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Выбор пункта Add Existing to Project. Имя файла = «Чертеж

печатной платы». В результате документ «Чертеж печатной платы.PcbDoc» должен войти в состав проекта. Двойной щелчок в дереве проектов на названии «Чертеж печатной платы.PcbDoc». Убедиться, что текущим открытым документом является «Чертеж печатной платы.PcbDoc».

4. Удаление области размещения компонентов «Электрическая схема устройства аналого-цифрового».левой клавишей мыши щелкнуть в произвольное место области размещения компонентов, например на надписи «Электрическая схема устройства аналого-цифрового». В результате должна выделиться область размещения компонентов. Узнать об этом можно по появившимся угловым маркерам этой области. Удалим эту область с помощью клавиши Delete.

5. Удаление белого фона, имитирующего листа бумаги. Design/Board Options. Диалоговое окно Board Options. Выключить опцию Display Sheet.

6. Выделение главного вида. Edit/Select/All. Копирование в буфер обмена. Edit/Copy. Щелчком левой кнопки мыши наметить базовую точку. В качестве базовой точки можно принять левый нижний угол – там, где установлена точки привязки. С помощью кнопки PgDn уменьшить масштаб изображения, так чтобы главный вид занимал слева примерно одну треть экрана.

7. Вставка зеркального отображения главного вида. Edit/Paste. На экране должна появиться, привязанная к указателю мыши, копия главного вида. Если при этом исходное изображение главного вида исчезло с экрана, то найти его можно при помощи колеса скроллинга мыши. Не фиксируя пока копию изображения, нажать клавишу L на клавиатуре для получения зеркального отображения. Отражение происходит с некоторой задержкой. Ориентируясь на координату Y в строке статуса (мы должны сохранить проекционную связь), зафиксировать положение зеркального отображения с помощью щелчка левой клавиши мыши. С помощью горячих клавиш V, D «вписать» оба вида в экран (*здесь и далее сверяться с рисунком в конце задания*).

Примечание. Операция зеркального копирования в Altium Designer является интеллектуальной. В частности, система отражает наверх те слои, которые на исходном виде были внизу.

III. Настройка параметров отображения.

1. Создание новой видовой конфигурации. Design/Board Layers & Colors. Диалоговое окно View Configurations. Список Select PCB View Configuration (слева вверху). Убедиться, что выбрана конфигурация Altium Standard 2D. Щелчок левой клавишей мыши на надписи Create new view configuration (слева внизу). Запуск мастера New View Configuration.

Выбор варианта Standard 2-Dimensional Configuration. Кнопка Next.

View Configuration Name = Чертеж печатной платы. Кнопка Next.

Снять опцию Default Folder. В строке ввода указать путь для сохранения файла конфигурации: X:\ФПК\Фамилия. Кнопка Finish.

Выбрать в списке Select PCB View Configuration вновь появившуюся конфигурацию «Чертеж печатной платы».

2. Выключение ненужных слоев. Во всех семи группах слоев нажать на надпись All Off.

В группе Signal Layer активировать слой Top Layer.

В группе Mechanical Layers активировать слой Mechanical 1.

В группе Other Layers активировать слой Multi-Layer.

В группе Silkscreen Layers активировать слой Top Overlay.

В группе System Colors активировать слои Pad Holes и Via Holes.

3. Отключение видимости названий цепей и контактных площадок. Вкладка View Options.

В выпадающем списке Net Names on Track Display выбрать вариант Do Not Display.

Выключить опции: Origin Marker; Show Pad Nets; Show Pad Numbers; Show Via Nets.

Кнопка Apply (справа внизу). Щелчок левой клавишей мыши на надписи Save View Configuration (слева внизу) для сохранения видовой конфигурации. Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном.

4. Сохранение результатов работы. File/Save.

IV. Добавление вида сбоку.

1. Выбор слоя Mechanical1. С помощью клавиши G выбрать шаг сетки 0.5 мм. Design/Board Options. Диалоговое окно Board Options. Electrical Grid = 1xSnap Grid.

2. Рисование вида сбоку. Установить режим Line 90 EndPlace Line (выбор режима Shift+SpaceBar). При помощи команды Place/Line нарисовать прямоугольник размером 1.5×60 мм. Вид сбоку должен располагаться между двумя существующими видами посередине.

V. Добавление координатной сетки.

1. С помощью клавиши PgUp приблизить левый нижний угол печатной платы на главном виде. Выбор слоя Mechanical 1. С помощью клавиши G выбрать шаг сетки 0.5 мм.

2. При помощи команды Place/Line нарисовать вертикальную линию. Отступ от края примерно 1.5 мм. Длина линии примерно 2.5 мм. Эта линия будет считаться основной (длинной) линией координатной сетки.

3. Копирование основных линий координатной сетки. Щелчком мыши выделим нарисованную линию. Команда Edit/Copy. Щелчком мыши укажем базовую точку копирования – например, верхний конец линии. Команда Edit/Paste Special. В появившемся диалоговом окне нажмем на кнопку Paste Array. В диалоговом окне Setup Paste Array произведем необходимые установки:

Item Count = 7;

X-Spacing = 12.5mm;

Y-Spacing = 0.

Щелкнуть мышью на верхнем конце нарисованной вначале линии.

4. Клавишей PgDn уменьшить масштаб отображения и убедиться, что на экране появились 7 основных (длинных) линий координатной сетки.

5. С помощью клавиши PgUp снова приблизить левый нижний угол печатной платы на главном виде.

6. При помощи команды Place/Line нарисовать вертикальную линию поверх уже нарисованной первой линии. Отступ от края примерно 1.5 мм. Длина линии примерно 1.5 мм. Эта линия будет считаться вспомогательной линией координатной сетки.

7. Копирование вспомогательных линий координатной сетки. Щелчком мыши выделим нарисованную вспомогательную линию. В информационном окне следует выбрать линию, которая короче остальных. Команда Edit/Copy. Щелчком мыши укажем базовую точку копирования – например, верхний конец линии. Команда Edit/Paste Special. В появившемся диалоговом окне нажмем на кнопку Paste Array. В диалоговом окне Setup Paste Array произведем необходимые установки:

Item Count = 65;

X-Spacing = 1.25mm;

Y-Spacing = 0.

Щелкнуть мышью на верхнем конце нарисованной вначале линии.

8. Клавишей PgDn уменьшить масштаб отображения и убедиться, что на экране появились 65 вспомогательных линий координатной сетки.

9. Аналогично п. 1...8 нарисовать вертикальную координатную сетку. Для основных линий сетки установить параметры:

Item Count = 5;

X-Spacing = 0;

Y-Spacing = 12.5mm.

Для вспомогательных линий сетки установить параметры:

Item Count = 49;

X-Spacing = 0;

Y-Spacing = 1.25mm.

10. Нанесение числовых значений. Place/String. Клавиша Tab для уточнения свойств.

Height = 2.5mm

Text = 0

Font = True Type, GOST Type A, Italic

Разместить числовое значение возле крайней левой линии координатной сетки. Аналогично разместить числовые значения 10, 20, 30, ... возле остальных основных линий координатной сетки (по горизонтали и по вертикали).

11. Копирование горизонтальной координатной сетки для вида сзади. С помощью команды Edit/Select/Inside Area выделить горизонтальную координатную сетку на главном виде. Числовые значения выделять не надо. Используя приемы зеркального копирования объектов, рассмотренные выше, скопировать координатную сетку в зеркальном отображении на вид сзади. В результате первая основная линия координатной сетки должна быть расположена в правом нижнем углу на виде сзади.

12. Повторить п. 10 для координатной сетки на виде сзади. Следует учесть, что начало координат – это правый нижний угол.

13. Повторить п. 11 и 12 для вертикальной координатной сетки.

VI. Простановка размеров.

1. С помощью горячих клавиш V, F «вписать» в экран главный вид. Добавление указателей центра крепежных отверстий. Выбор слоя Mechanical 1. С помощью клавиши G выбрать шаг сетки 0.5 мм. Place/Dimension/Center.левой клавишей мыши щелкнуть в центр любого крепежного отверстия, а затем указать конечную точку. Конечная точка отстоит от центра окружности на 2.5 мм.

2. Повторить п. 1 для трех других крепежных отверстий.

3. Добавление горизонтального межцентрового размера. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм. Place/Dimension/Linear. Щелкнуть на вертикальной линии одного из указателей центра окружности, затем щелкнуть на вертикальной линии другого указателя. В результате появится размерная стрелка с числовым значением 65,00.

4. Редактирование числового значения размера. Двойной щелчок на числовом значении 65,00. Работа с диалоговым окном Linear Dimension.

Precision = 0;

Suffix = ±0.2. Символ ± следует внедрить через буфер обмена, как соответствующий символ шрифта GOST Type A.

В результате числовое значение размера должно выглядеть как 65±0.2.

5. Аналогично п. 3, 4 проставить все остальные размеры на чертеже согласно прилагаемого рисунка. Для вертикальных размеров в диалоговом окне Linear Dimension дополнительно следует указать:

Rotation = 90.

Размер для справок 1.5* должен иметь следующие параметры:

Arrow Size = -1.5mm;

Text Position = Aligned – Bottom;

Precision = 1;

Suffix = *

6. Добавление надписи для главного вида. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм. Place/String. Клавиша Tab на клавиатуре для уточнения свойств.

Height = 3.5 mm;

Text = Сторона установки навесных элементов.

Щелчком левой клавиши мыши разместить надпись сверху над главным видом.

VII. Одевание форматки.

1. Загрузка форматки. File/Open = A3_Первый лист_Альбомный.PcbDoc.
2. Выделение форматки. Edit/Select/All. Копирование форматки. Edit/Copy. Указать базовую точку копирования – левый нижний угол (там, где расположена точка привязки).
3. Переход в исходный документ «Чертеж печатной платы.PcbDoc». Вставка форматки. Edit/Paste. В результате на экране появится форматка, привязанная к указателю мыши. Щелчком левой клавиши мыши зафиксировать форматку так, чтобы три вида печатной платы располагались в верхней части.
4. Установка нового положения точки привязки. С помощью клавиши PgUp приблизить левый нижний угол форматки. Edit/Origin/Set. Щелкнуть левой клавишей мыши в левый нижний угол форматки. В результате установится новая точка привязки. Визуально точка привязки не будет видна, поскольку видимость отключена на этапе III.3.

VIII. Добавление обозначений шероховатости.

1. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм.
2. С помощью команд Place/Line; Place/String нарисовать символ шероховатости в правом верхнем углу. Рисование линий в режиме Any Angle (выбор режима Shift+Spacebar). Размер надписи «Rz 80» равен 7 мм. Размеры символа шероховатости сделать примерно.
3. С помощью команд Place/Line; Place/Arc нарисовать два символа шероховатости на виде сбоку. Размеры символа шероховатости сделать примерно.

IX. Добавление обозначений маркировки.

1. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм.
2. С помощью команд Place/Line; Place/Full Circle; Place/String нарисовать символ маркировки печатной платы. Размер окружности 10...15 мм. Размер надписей «п. 5» и «Чк» равны 5 мм.

X. Добавление таблицы отверстий.

1. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм.
2. С помощью команды Place/Line нарисовать таблицу отверстий.
3. С помощью команды Place/String написать текст в таблице согласно прилагаемого рисунка.
4. С помощью команды Place/Pad разместить контактные площадки со следующими параметрами:
 - X Size = Y Size = 4.5mm; Shape = Round; Hole Size = 2.4mm;
 - X Size = Y Size = 2.1mm; Shape = Round; Hole Size = 1.5mm;
 - X Size = Y Size = 1.8mm; Shape = Round; Hole Size = 1.2mm;
 - X Size = Y Size = 1.6mm; Shape = Round; Hole Size = 1mm;
 - X Size = Y Size = 1.4mm; Shape = Round; Hole Size = 0.8mm;
 - X Size = Y Size = 1.4mm; Shape = Rectangle; Hole Size = 0.8mm.

5. С помощью команд Place/Via разместить переходную контактную площадку с параметрами:

X Size = Y Size = 0.8mm; Hole Size = 0.4mm

6. С помощью команды Place/Dimension/Center добавить перекрестье к каждому типу отверстий.

XI. Добавление технических требований.

1. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм.
2. С помощью команды Place/String написать технические требования в правом нижнем углу, согласно прилагаемого рисунка. Размер шрифта надписей 3.5 мм.

Примечание. В целях сокращения времени выполнения этого этапа технические требования приведены не полностью, а выборочно.

XII. Заполнение основной надписи.

1. Выбор слоя Mechanical 1. Убедиться, что шаг сетки 0.5 мм.
2. С помощью команды Place/String заполнить основную надпись согласно прилагаемого рисунка. Размер шрифта подобрать самостоятельно из ряда 3.5, 5, 7, 10 мм.
3. Сохранение результатов. File/Save All.

XIII. Преобразование в формат PDF.

1. File/Smart PDF. Кнопка Next.
2. Выбрать параметр Current Document. Кнопка Next.
3. Убедиться, что в списке слоев, подлежащих выводу на печать значатся:
 - Top Overlay;
 - Top Layer;
 - Mechanical 1;
 - Multi-Layer.

В случае отсутствия какого-либо из перечисленных слоев, его добавление происходит путем щелчка правой клавишей мыши на названии распечатки Multilayer Composite Print и выбора пункта Insert Layer. В появившемся диалоговом окне Layer Properties выбираем нужный слой в списке Print Layer Type.

В случае появления какого-либо лишнего слоя, удаление происходит щелчком правой клавиши мыши на его названии и выбором пункта Delete.

В группе Include Components включить опции Top, Bottom, Double Sided.

В группе Printout Options включить опцию Holes.

Кнопка Next.

4. В группе PCB указать параметр Monochrome. Кнопка Next.
5. Пропустить следующий шаг мастера. Кнопка Next.
6. Включить опцию Open PDF file after export. Кнопка Finish.

КИПР.758726.001

М.жарыялы

Перегляд

Справа

Лява

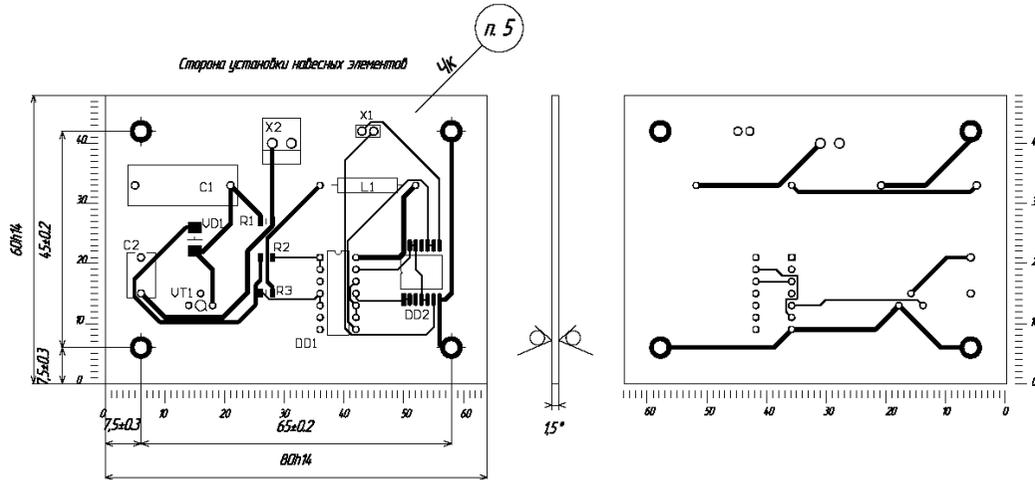
М.ж.м. В.м.м.

В.м.м.м.м.

Лява

М.ж.м.м.м.

Rz 80



Условное обозначение отверстий	Диаметр отверстий, мм	Наличие металлизации	Диаметр контактной площадки, мм	Количество отверстий
	2.4 ^{-0.1}	нет	4.5	4
	1.5 ^{-0.1}	есть	2.1	2
	1.2 ^{-0.1}	есть	1.8	2
	1 ^{-0.1}	есть	1.6	4
	0.8 ^{-0.1}	есть	1.4	18
	0.8 ^{-0.1}	есть	1.4	1
	0.4 ^{-0.1}	есть	0.8	16

1. Плату изготовить комбинированным методом
2. Шаг координатной сетки 1.25 мм
3. * Размер для справок
4. Проводники покрыть слоем "Розе" ТУ 6-09-4.065-75
5. Маркировать краской ПФ-115 белой УХМ1 ГОСТ 6465-76

				КИПР.758726.001				
Изм.	Лист	И. Докл.	Подп.	Дата	Плата печатная	Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Иванов			20.05		T		1:1
Проб.	Олежкин			23.05		Лист 1	Листов	
Т.контр.								
Н.контр.					Стеклотекстолит СФ2-35-1,5 ГОСТ 10316-78	ТУСУР, ФПК кафедра КИПР		
Учт.	Татарин							

ЗАДАНИЕ №37. ИМПОРТИРОВАНИЕ И ЭКСПОРТИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Если Altium Designer запущен заново, то перед началом работы в диалоговом окне Preferences (команда DXF/Preferences) *полезно* загрузить файл настроек (*.DXPprf), файл примитивов электрических схем (*.MMsdf) и файл примитивов печатных плат (*.dft).

I. Работа в системе Altium Designer.

1. Найти и загрузить проект «Устройство аналого-цифровое.PrjPcb». Сделать активным документ «Автоматическая трассировка.PcbDoc».
2. Проверка трехмерных моделей ЭРИ. Боковая панель Libraries. Панель Libraries. Выбрать в верхнем выпадающем списке интегрированную библиотеку «Проектная библиотека.IntLib». В списке Component выбрать элемент EC24. Убедиться, что в списке Model Name присутствует трехмерная модель EC24-150K. Выбрать в списке эту модель, при этом в окне просмотра должен появиться трехмерный образ элемента. Аналогично проверить на наличие трехмерных моделей все остальные элементы в библиотеке.

Примечание. Один из элементов – конденсатор C2 типа KM6 (библиотека «Библиотека на БД.DBLib») – не снабжен трехмерной моделью. Сделано это намеренно – показать, как выглядит упрощенный трехмерный образ элемента, генерируемый системой автоматически.

3. Сохранение копии документа File/Save Copy As. Имя файла = «Сборочный чертеж». Расширение PcbDoc добавится автоматически.
4. Отдельная загрузка файла. File/Open. Имя файла = «Сборочный чертеж. PcbDoc».
5. Преобразование печатного узла в трехмерный вид. View/Legacy 3D View. В результате на экране появится новая вкладка «Сборочный чертеж.PCB3D».
6. Исследование трехмерного вида печатного узла. С помощью нажатой левой клавиши мыши происходит вращение трехмерного образа печатного узла. Следует проверить, все ли элементы на плате преобразовались в свои трехмерные модели. Обратит внимание на правильную ориентацию элементов на плате. Заметим, что конденсатор C2, не имеющий трехмерной модели, представлен в упрощенном виде: серый параллелепипед без выводов. Высота параллелепипеда и зазор между элементом и платой взяты системой как соответствующие параметры из интегрированной библиотеки (см. задание 2, п. V.19).
7. Сохранение трехмерного образа печатного узла. File/Save. Имя файла = «Сборочный чертеж». Расширение PCB3D добавится автоматически.
8. Экспорт в формат STEP. Tools/Export. Диалоговое окно Export.
File = X:\ФПК\Фамилия\Сборочный чертеж.step
Format = STEP AP203
Включить опции Components и Board.
Выбрать вариант All Holes.
Убедиться, что опции Copper, Text, Silkscreen выключены.

Кнопка ОК для начала экспорта. В результате должен появиться файл «Сборочный чертеж.step».

II. Работа в системе SolidWorks.

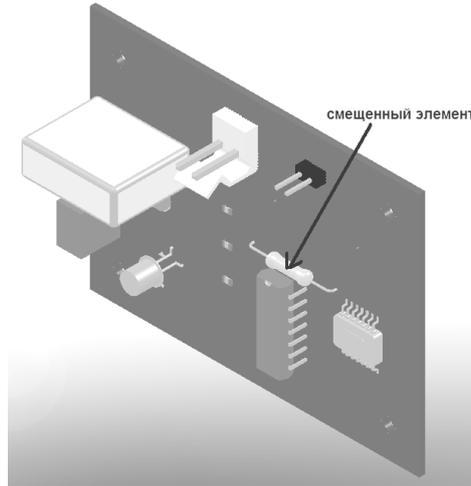
Примечание. Для выполнения задания в среде SolidWorks предполагается, что исполнитель имеет некоторые первоначальные навыки работы с этой программой.

1. Импорт файла «Сборочный чертеж.step». Команда *Файл/Открыть*. Тип файлов = STEP AP203/214 (*.step;*.stp). Имя файла = X:\ФПК\Фамилия\Сборочный чертеж.step.

В результате преобразования на экране должна появиться сборка печатного узла.

2. Сохранение результатов. *Файл/Сохранить как*. Имя файла = «Печатный узел». Расширение SldAsm добавится автоматически.

Примечание. Основная проблема импортирования из формата STEP заключается в том, что информация о сопряжениях элементов теряется – элементы сборки друг относительно друга не фиксированы. При этом возможно, что некоторые из элементов будут смещены на печатной плате (см. рисунок). Проблема решается путем принудительных сопряжений в среде SolidWorks. В каждом конкретном случае количество смещенных элементов может быть разным – в нашем примере такой элемент единственный.

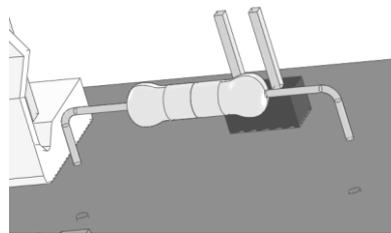


3. Режим каркасного покрашенного вида. Команда *Вид/Отобразить вид/Закрасить с кромками*.

4. Фиксация элементов сборки. В дереве конструирования слева выбрать элемент Board (печатная плата). Щелчок правой клавишей мыши на выбранном элементе. Выбор в контекстном меню *Зафиксировать*. В результате в дереве конструирования возле названия Board появится буква «ф» (фиксирован).

5. Аналогично зафиксировать все остальные элементы сборки, кроме индуктивности EC24-150K. Индуктивность установлена неправильно (см. предыдущий рисунок).

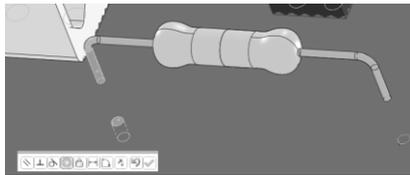
6. Сопряжение элемента EC24-150K (индуктивность) с печатной платой. С помощью нажатой левой клавиши мыши выдвинуть элемент вверх, над печатной платой (см. рисунок).



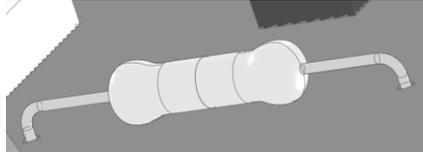
Команда *Вставка/Сопряжение*. Появление панели *Сопряжение*. Удерживая клавишу Alt выделить штыревой вывод элемента и сквозное отверстие для этого вывода. Обязательно выбирать грани, но не кромки (см. рисунок).



На панели *Сопряжение* автоматически установится параметр *концентричность*. Клавиша ОК для завершения первого сопряжения. Удерживая клавишу Alt выделить второй штыревой вывод элемента и второе сквозное отверстие для этого вывода (см. рисунок).



На панели *Сопряжение* автоматически установится параметр *концентричность*. Клавиша ОК для завершения второго сопряжения. Удерживая клавишу Alt выделить верхнюю грань печатной платы и выпуклую поверхность корпуса элемента, **обращенную вниз** (см. рисунок).



На панели *Сопряжение* автоматически установится параметр *касательность*. Клавиша ОК для завершения третьего сопряжения. Три сопряжения однозначно фиксируют пространственное положение элемента. Убедиться в этом можно, если попытаться с помощью нажатой левой клавиши мыши передвинуть элемент. В ответ на это действие система сообщит: «Выбранный компонент полностью определен. Его невозможно переместить».

Примечание. Рассмотрим случай, когда сместился либо планарный элемент, либо элемент со штыревыми выводами некруглого сечения. Последовательность правильной установки элемента на печатную плату может быть такова:

- а) в среде Altium Designer в исходном документе измеряем расстояние от края платы до корпуса ЭРИ по оси *X* и по оси *Y*. Команда измерения Reports/Measure Distance;
- б) в среде SolidWorks выделяем торцевую часть печатной платы и параллельную ей сторону корпуса ЭРИ; применяем команду *Вставка/Сопряжение*;
- в) в автоматически появившейся панели *Совпадение* нажать на графическую кнопку *Расстояние*; в строке ввода записать измеренное в среде Altium Designer расстояние;
- г) кнопка ОК для завершения первого сопряжения;
- д) аналогично пунктам *б, в, г* сделать второе сопряжение – установить расстояние до другого края печатной платы;
- е) третье сопряжение – либо совпадение корпуса ЭРИ с печатной платой, либо определенный зазор (зависит от способа установки ЭРИ).

7. Сохранение результатов. Команда *Файл/Сохранить*.

8. Убедиться в наличии шаблона настроек для чертежа. Файл «ЕСКД.drwdot» должен присутствовать в папке *X:\Program Files\SolidWorks\Data\Templates*. В случае отсутствия этого файла скопировать его по указанному пути из своей рабочей папки.

9. Подключение шаблона настроек для чертежа. Команда *Инструменты/Параметры*. Диалоговое окно *Настройки пользователя*. Вкладка *Настройки пользователя*. В дереве слева выбрать раздел *Шаблоны по умолчанию*. Работа в правой части диалогового окна. Строка ввода *Чертежи*. Кнопка ... слева от строки ввода. Диалоговое окно *Новый документ SolidWorks*. Вкладка *Шаблоны*. Выбрать шаблон *ЕСКД*. Кнопка ОК для подтверждения выбора. Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном *Настройки пользователя*.

10. Убедиться в наличии форматки А3 альбомной ориентации. Файл «А3_Альбомная.slddrt» должен присутствовать в папке *X:\Program Files\SolidWorks\Data*. В случае отсутствия этого файла скопировать его по указанному пути из своей рабочей папки.

11. Преобразование сборки в сборочный чертеж. Сделать активным документ «Печатный узел.SldAsm». Команда *Файл/Создать чертеж из детали*. Диалоговое окно *Новый документ SolidWorks*. Вкладка *Шаблоны*. Выбрать шаблон *ЕСКД*. Кнопка ОК для подтверждения выбора. Диалоговое окно *Формат листа/Размер*. В списке стандарт-

ный размер листа выбрать *A3_Альбомная*. Убедиться, что включена опция *Отобразить основную надпись*. Кнопка ОК для завершения работы. В результате на экране возникнет лист А3 альбомной ориентации.

12. Предварительные настройки отображения видов чертежа. Панель *Вид модели*.

Группа *Ориентация*.

Включить опцию *Предв. просмотр*. Нажать графическую кнопку *Спереди*.

Группа *Масштаб*.

Щелкнуть на черном треугольнике так, чтобы он был направлен вверх.

Группа *Качество изображение*.

Нажать графическую кнопку *Каркасное представление*. Выбрать вариант *Использовать масштаб пользователя*. В выпадающем списке выбрать масштаб *2:1*.

13. Размещение видов чертежа на рабочем поле. Вывести указатель мыши на рабочее поле. К указателю мыши будет «привязан» главный вид печатного узла. Расположить главный вид в верхнем левом углу, после чего зафиксировать его нажатием левой клавиши мыши (здесь и далее сверяться с рисунком в конце задания).

Снова вывести указатель мыши правее главного вида, при этом к указателю мыши будет «привязан» вид сбоку, находящийся в проекционной связи с главным видом. Панель *Вид модели*. Группа *Качество изображение*. Нажать графическую кнопку *Скрыть невидимые линии*.

Нажатием левой клавиши мыши зафиксировать вид сбоку (см. рисунок). Для завершения режима размещения видов чертежа нажать правую клавишу мыши.

14. Удаление вспомогательной графики. Команда *Вид/Скрыть все типы*.

15. Сохранение промежуточных результатов. *Файл/Сохранить как*. Имя файла = *Сборочный чертеж*. Расширение *SldDrw* добавится автоматически.

16. Простановка позиционных обозначений элементов. Команда *Вставка/Примечания/Заметка*. Панель *Заметка*. Группа *Выноска*. Нажать графическую кнопку *Нет выноски*. Вывести указатель мыши на главный вид и щелкнуть в центре конденсатора *K73-17_2.2мкФ* (в режиме наведения указателя мыши возникает всплывающая подсказка о названии элемента). В результате возникнет панель *Форматирование* и строка ввода. Убедиться, что на панели *Форматирование* выставлены правильные параметры (шрифт, его размер). В строке ввода ввести позиционное обозначение *C1*. Для завершения работы нажать кнопку ОК на панели *Заметка*.

17. Аналогично п. 16 проставить остальные позиционные обозначения (см. рисунок).

18. Маркировка печатного узла. Аналогично п. 16 проставить в верхнем правом углу маркировку *ПАМ-255*. Ориентация надписи = 90° .

19. Простановка позиции сборочного чертежа (см. рисунок). Команда *Вставка/Примечания/Позиция*. Панель *Позиция*.

Тип = Подчеркивание.

Размер = 2 символа.

Текст позиции = Данные пользователя 1.

Кнопка ОК для завершения работы. При необходимости в ручном режиме передвинуть позицию в более удачное место.

20. Простановка указателей центра. Команда *Вставка/Примечания/Указатель центра*. Панель *Указатель центра*. Оставить по умолчанию все параметры. Вывести указатель мыши на рабочее поле. Щелкнуть левой клавишей мыши на левом верхнем крепежном отверстии. В результате на чертеже появится указатель центра.

21. Аналогично п. 20 проставить все остальные указатели центра, в том числе и для отверстий под штыревой монтаж.

Примечание. Для простановки указателя центра, расположенного *под* элементом можно поступить следующим образом. Выделить соответствующий элемент в дереве конструирования.

ния. Щелкнуть правой клавишей мыши на выделенном элементе и в контекстном меню выбрать пункт *Отобразить/Скрыть/Скрыть компонент*. В результате элемент исчезнет с поля чертежа и можно беспрепятственно проставить указатель центра. Затем снова вернуть видимость элемента командой *Отобразить/Скрыть/Отобразить компонент*.

22. Простановка размеров для справок. Панель инструментов *Примечания*. Кнопка *Автоматическое нанесение размеров*. На главном виде щелкнуть левой клавишей мыши на нижней горизонтальной стороне печатной платы. Появится привязанный к указателю мыши размер. Щелкнуть левой клавишей мыши на рабочем поле для фиксации размера. Панель *Размер*. Группа *Текст размера*. Добавить к надписи <DIM> звездочку <DIM>*. Кнопка ОК для завершения работы. В результате на чертеже появится размер для справок 80*.

23. Аналогично п. 22 проставить остальные размеры для справок (см. рисунок).

Примечание. При простановке размеров для справок на виде сбоку установить параметр *Единица измерения точности = Нет* в панели *Размер*.

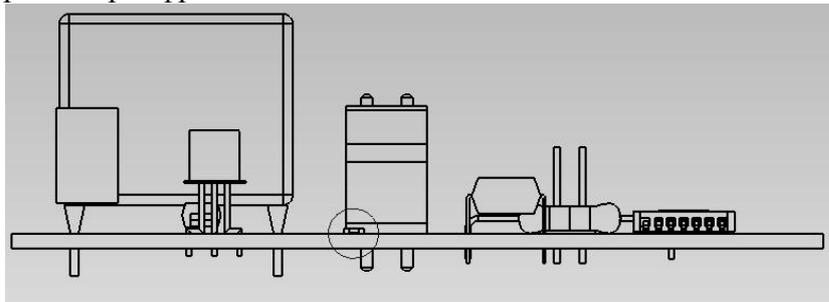
24. Простановка диаметров крепежных отверстий. Панель инструментов *Примечания*. Кнопка *Автоматическое нанесение размеров*. На главном виде щелкнуть левой клавишей мыши на нижнем левом крепежном отверстии. Появится привязанный к указателю мыши размер. Щелкнуть левой клавишей мыши на рабочем поле для фиксации размера. Панель *Размер*. Группа *Текст размера*. Отредактировать надпись так, чтобы получилось *4 отв. <MOD-DIAM><DIM>*. Кнопка ОК для завершения работы. В результате на чертеже появится размер диаметров отверстий *4 отв. Ø2,4*.

25. Простановка межцентровых размеров. Панель инструментов *Примечания*. Кнопка *Автоматическое нанесение размеров*. На главном виде щелкнуть левой клавишей мыши на указателе центра левого нижнего, затем правого нижнего крепежного отверстия. Появится привязанный к указателю мыши размер. Щелкнуть левой клавишей мыши на рабочем поле для фиксации размера. Панель *Размер*. Группа *Текст размера*. Установить курсор справа от надписи <DIM>. Нажать на графическую кнопку \pm . Дописать вручную значение допуска *0,2*. Кнопка ОК для завершения работы. В результате на чертеже появится размер с допуском *65±0,2*.

26. Аналогично п. 25 проставить вертикальный межцентровой размер.

27. Добавление вспомогательного вида. Панель инструментов *Чертежи*. Кнопка *Вид модели*. Панель *Вид модели*. Убедиться, что в группе *Деталь/сборка для вставки* выбран документ *Печатный узел*. Кнопка \Rightarrow . Группа *Ориентация*. Включить опцию *Предв. просмотр*. Нажать графическую кнопку *Вид снизу*. Вывести указатель мыши на рабочее поле. К указателю мыши привязан проекционный вид. С помощью левой клавиши мыши зафиксируем вид *за пределами* рабочего листа, например слева. Клавиша Esc для завершения режима размещения видов.

28. Выбрать масштаб отображения, чтобы новый вид занимал весь экран. Панель инструментов *Эскиз*. Кнопка *Окружность*. Нарисовать окружность на новом виде так, как показано на рисунке. Диаметр окружности произвольный. В окружность должен попасть чип-резистор и фрагмент печатной платы.



29. Добавление местного вида. Выделить окружность. Панель инструментов *Чертежи*. Кнопка *Местный вид*. Панель *Местный вид*.

Группа *Параметры вида*.

Выключить все опции.

Группа *Масштаб*.

Использовать масштаб пользователя = 10:1.

Вывести указатель мыши с привязанным к нему видом на рабочее поле и зафиксировать местный вид в левом нижнем углу (см. рисунок).

30. Доработка местного вида. Выделить надпись сверху для местного вида *A (10:1)* и удалить ее. Найти в дереве конструирования раздел *Местный вид*, раскрыть его содержание, затем раскрыть содержание подчиненного раздела *Печатный узел*. Скрыть все компоненты раздела *Печатный узел*, кроме компонентов *Board* и *RC_05_103_J2<1>*. Прием скрытия ненужных компонентов рассмотрен в Примечании после п. 21.

31. Маскирование вспомогательного вида. В дереве конструирования выделить *Чертежный вид 3*. Убедиться, что на экране выделился зеленой рамкой нужный нам вид. Щелчок правой клавишей мыши в дереве конструирования на названии *Чертежный вид 3*. Выбор в контекстном меню *Скрыть*. В информационном окне на вопрос *Вы хотите скрыть зависимые виды?* ответить *Нет*. В результате вспомогательный вид, вынесенный за пределы рабочего листа, будет скрыт, а местный вид, по-прежнему, будет виден.

32. Размещение надписи для местного вида. Панель инструментов *Примечание*. Кнопка *Заметка*. Используя приемы создания надписей (см. п. 16), добавить вверху местного вида строки *Установка чип-резисторов* и *(M 10:1)*.

33. Добавление штриховки на местном виде. Щелчок левой кнопкой мыши в любое место фрагмента печатной платы, изображенного на местном виде. Панель инструментов *Примечания*. Кнопка *Штриховка*. Панель *Штриховка/Заполнить*.

Группа *Свойства*.

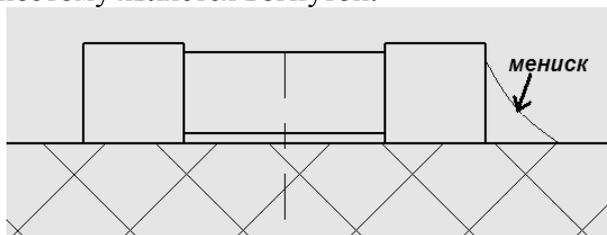
Выбрать вариант *Штриховка*.

В первом выпадающем списке выбрать *(ISO пластик)*.

Во второй строке ввода установить значение *8*.

Кнопка *ОК* для завершения работы.

34. Рисование мениска пайки чип-резистора. Панель инструментов *Эскиз*. Кнопки *Линия* и *Сплайн*. С помощью двух линий и одного сплайна изобразить контур мениска пайки (см. рисунок). Размеры мениска выдержать по рисунку. Мениск представляет собой замкнутую фигуру – прямоугольный треугольник, гипотенуза которого нарисована сплайном и поэтому является вогнутой.



Панель инструментов *Эскиз*. Кнопка *Осевая линия*. По центру чип-резистора провести вертикальную осевую линию (см. рисунок). С помощью нажатой кнопки *Ctrl* выделить осевую линию и три линии мениска. Кнопка *Зеркально*. В результате появится зеркальное отображение мениска с левой стороны чип-резистора. Выделить осевую линию и удалить ее.

35. Штриховка менисков. С помощью нажатой кнопки *Ctrl* выделить три линии мениска справа от чип-резистора. Панель инструментов *Примечания*. Кнопка *Штриховка*. Панель *Штриховка/Заполнить*.

Группа *Свойства*.

Выбрать вариант *Сплошная*.

Кнопка *ОК* для завершения работы.

36. Аналогично п. 35 сделать сплошную штриховку для мениска, расположенного слева.

37. Добавление технических требований. Панель инструментов *Примечание*. Кнопка *Заметка*. Щелкнуть левой клавишей мыши в правом нижнем углу. Появится панель *Форматирование* и область для написания текста. Раздвинуть границы области написания текста. Убедиться, что выбран шрифт GOST Type A, размер 3.5 мм. На панели *Форматирование* нажать на графическую кнопку *Номер*. Появится порядковый номер 1. Согласно рисунку (см. отдельный лист) написать технические требования к сборочному чертежу.

Примечание. В целях сокращения времени выполнения этого этапа технические требования приведены не полностью, а выборочно.

38. Заполнение основной надписи. Щелкнуть правой клавишей мыши в любое свободное место рабочего поля. Выбор из контекстного меню *Редактировать основную надпись*. Увеличить основную надпись на весь экран. Команда *Файл/Свойства*. Диалоговое окно *Суммарная информация*. Вкладка *Настройки*.

Строка таблицы *Наименование*. Поле *Значение/Текстовое выражение* = Устройство аналого-цифровое.

Строка таблицы *Обозначение*. Поле *Значение/Текстовое выражение* = КИПР.469535.001 СБ

Строка таблицы *Разработал*. Поле *Значение/Текстовое выражение* = Своя фамилия

Строка таблицы *Литера*. Поле *Значение/Текстовое выражение* = Т

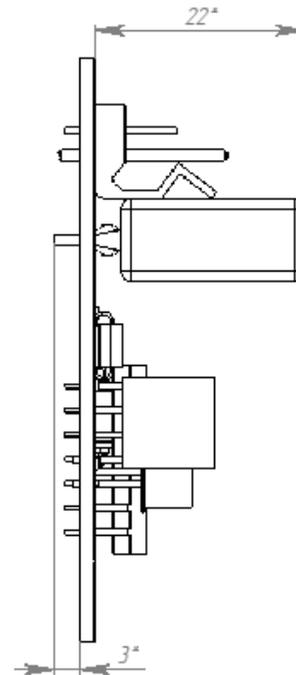
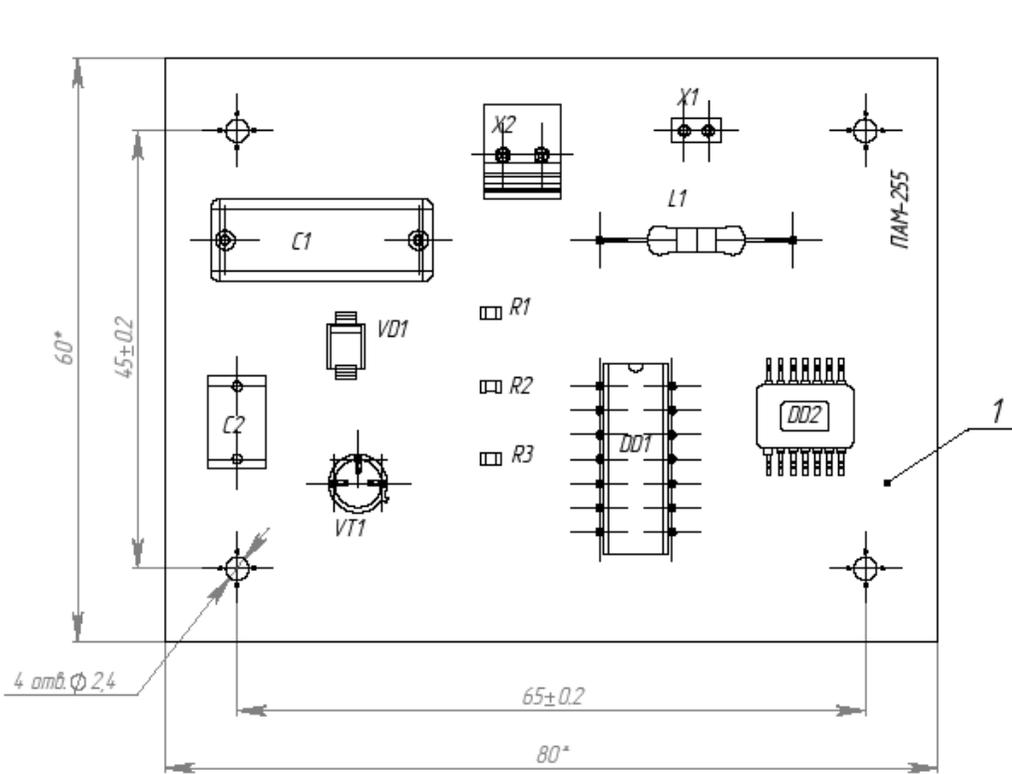
Строка таблицы *Масса*. Поле *Значение/Текстовое выражение* = 127 г

Кнопка ОК для завершения работы с диалоговым окном. В результате поля основной надписи примут соответствующие значения.

39. Ручное редактирование основной надписи. Двойной щелчок на надписи «Устройство аналого-цифровое». Появится область редактирования надписи. Установить в панели *Форматирование* размер шрифта 3.5 мм, чтобы надпись поместилась в соответствующую графу. Кнопка ОК для завершения редактирования. Используя приемы создания надписей (см. п. 16), добавить в эту же графу текст «Сборочный чертеж».

Для завершения работы с основной надписью щелкнуть правой клавишей мыши в любое свободное место рабочего поля. Выбор из контекстного меню *Редактировать лист*.

40. Сохранение результатов. *Файл/Сохранить*. Преобразование в формат PDF. *Файл/Сохранить как*. Тип файла = PDF (*.pdf). Имя файла = *Сборочный чертеж*.



1. Электромонтаж выполнять согласно КИПР.469535.001 СЗ
2. Паять ПОС-61 ГОСТ 21931-76
3. * Размеры для справок
4. Установку ИЭТ производить по ГОСТ 29137-91:
 поз. 2, 3 - вариант 200.00.0000.00.00
 поз. 4 - вариант 330.00.0000.00.00
 поз. 5 - вариант 360.18.1102.11.00
 поз. 6 - вариант 010.02.0205.00.00
 поз. 11 - вариант 230.09.1101.110.02
 Остальные элементы согласно чертежа
5. Маркировка элементов показана условно
6. Маркировать краской ПФ-115 белая УХЛ2 ГОСТ 6465-75 шрифт 2.5-Пр-3 ГОСТ 26.020-80
7. Печатные проводники условно не показаны

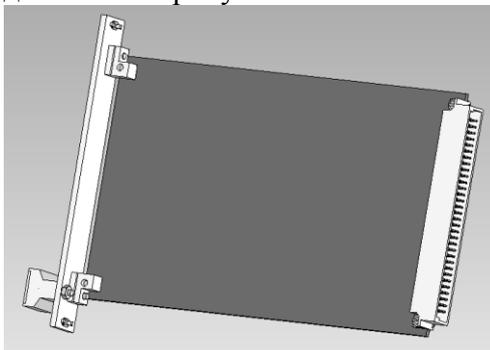
Лодыжский и др.
Иванов
Васильев И.Р.
Лодыжский и др.
Иванов

Установка чип-резистора
 (М 10:1)

					КИПР.469535.001 СБ		
					Устройства аналого-цифровое		
					Сборочный чертеж		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов				Т	127 з	2:1
Пров.	Озеркин						
Т. контр.					Лист 1	Листов 1	
Н. контр.					ТУСУР		
Утв.	Татарина				каф. КИПР		

ЗАДАНИЕ №38. РАБОТА С БАЗОЙ ЭЛЕМЕНТОВ TOOLBOX

Требуется составить сборку, которая представляет собой вставной модуль по стандарту МЭК297 (IEC 297-3). Высота модуля 3U; ширина модуля 3 НР (ЗТЕ); глубина печатной платы 160 мм. Внешний вид представлен на рисунке.



I. Определение сопряжений в сборке.

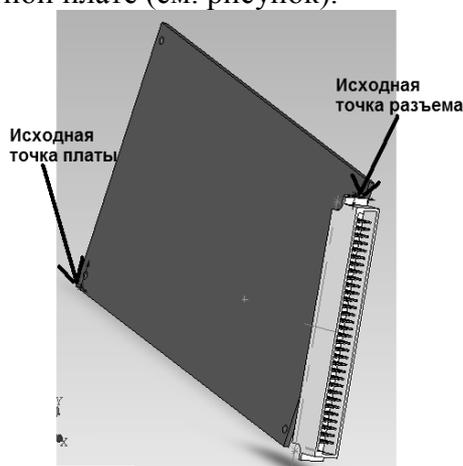
1. Проверка наличия файлов. Убедиться, что в рабочей папке присутствуют файлы деталей: «Печатная плата.sldprt», «Втулка.sldprt», «Держатель платы.sldprt», «Передняя панель.sldprt», «Планка.sldprt», «Ручка.sldprt», «Соединитель типа С.sldprt».

2. Создание документа типа «сборка». Команда *Файл/Новый*. Диалоговое окно *Новый документ SolidWorks*. Вкладка *Шаблоны*. Выбрать шаблон *Сборка*. Кнопка ОК для подтверждения.

3. Начальные установки. Команда *Вид/Исходные точки*. Убедиться, что на экране появилась исходная точка синего цвета с двумя стрелками.

4. Размещение базовой детали. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Печатная плата.sldprt». Совместить указатель мыши с исходной точкой на экране. При этом возле указателя мыши появятся две Г-образные стрелки белого цвета. Это означает, что печатная плата будет зафиксирована как базовая деталь. Впоследствии такую деталь уже нельзя будет перемещать и вращать. Щелчок левой клавишей мыши для фиксации базовой детали.

5. Размещение соединителя. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вставить компонент*. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Соединитель типа С.sldprt». С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать разъем таким образом, чтобы он был на противоположном конце от исходной точки печатной платы. При этом исходная точка разъема должна быть обращена к печатной плате (см. рисунок).



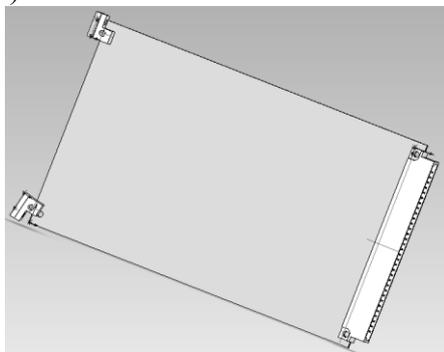
6. Первое сопряжение «плата - разъем». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крепежное отверстие на печатной плате (правое верхнее по рисунку) и на разъ-

еме. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Условия сопряжения*. Панель *Сопряжение*. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

7. Второе сопряжение «плата - разъем». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крепежное отверстие на печатной плате (правое нижнее по рисунку) и на разъеме. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

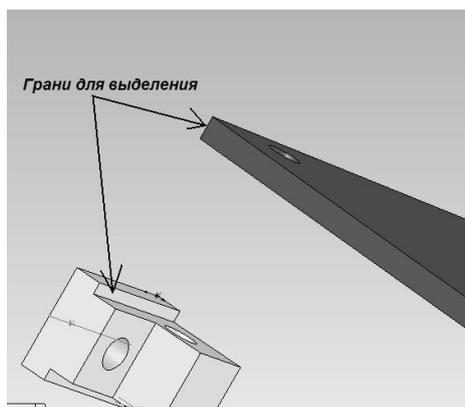
8. Третье сопряжение «плата - разъем». С помощью нажатой левой клавиши мыши приподнять разъем над платой. С помощью нажатой клавиши Alt выделить сначала верхнюю грань печатной платы, а затем нижнюю *посадочную* грань разъема. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Закрывать панель *Сопряжение*.

9. Размещение держателя платы. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вставить компонент*. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Держатель платы.sldprt». С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать держатель платы таким образом, чтобы он был возле левого верхнего крепежного отверстия печатной платы (см. рисунок). С помощью нажатой клавиши Ctrl выделить держатель платы и, не отпуская левую клавишу мыши, переместить копию детали в левый нижний угол печатной платы. С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать нижний держатель платы так, чтобы он являлся зеркально расположенным относительно первого держателя платы (см. рисунок).



10. Первое сопряжение «плата – верхний держатель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крепежное отверстие на печатной плате и на держателе. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Условия сопряжения*. Панель *Сопряжение*. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

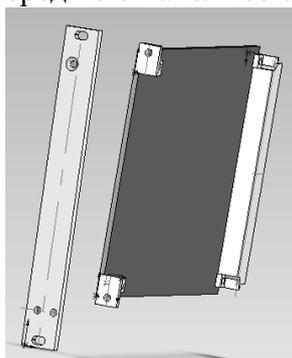
11. Второе сопряжение «плата – верхний держатель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крепежное отверстие на печатной плате и на держателе. С помощью нажатой клавиши Alt выделить грани (показаны на рисунке) держателя и печатной платы. Для выделения нужной грани на печатной плате следует развернуть сборку. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.



12. Третье сопряжение «плата – верхний держатель». С помощью нажатой левой клавиши мыши приподнять держатель над платой. С помощью нажатой клавиши Alt выделить сначала верхнюю грань печатной платы, а затем нижнюю *посадочную* грань держателя. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Закрывать панель *Сопряжение*.

13. Аналогично п. 10...12 выполнить три сопряжения для нижнего держателя печатной платы.

14. Размещение передней панели. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вставить компонент*. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Передняя панель.sldprt». С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать переднюю панель согласно рисунка.



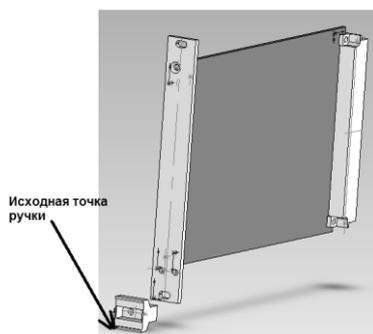
15. Первое сопряжение «передняя панель – верхний держатель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крепежное отверстие на передней панели (с зенковкой) и на держателе. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Условия сопряжения*. Панель *Сопряжение*. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

16. Второе сопряжение «передняя панель – нижний держатель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крепежное отверстие на передней панели (нижнее левое) и на держателе. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

17. Третье сопряжение «передняя панель – держатель». С помощью нажатой левой клавиши мыши выдвинуть переднюю панель за пределы платы. С помощью нажатой клавиши Alt выделить сначала внутреннюю грань передней панели, а затем обращенную наружу грань любого из двух держателей. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Закрывать панель *Сопряжение*.

18. Размещение ручки. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вставить компонент*. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Ручка.sldprt».

С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать ручку согласно рисунку. Исходная точка ручки должна располагаться слева – это имеет принципиальное значение, т.к. крепежные отверстия ручки расположены несимметрично.

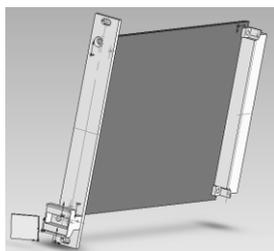


19. Первое сопряжение «ручка – передняя панель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны левое нижнее крепежное отверстие на передней панели и левое крепежное отверстие на ручке. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Условия сопряжения*. Панель *Сопряжение*. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

20. Второе сопряжение «ручка – передняя панель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны правое нижнее крепежное отверстие на передней панели и правое крепежное отверстие на ручке. С помощью нажатой клавиши Alt выделить внутреннюю круговую грань сначала одного, а затем другого отверстия. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Концентричность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

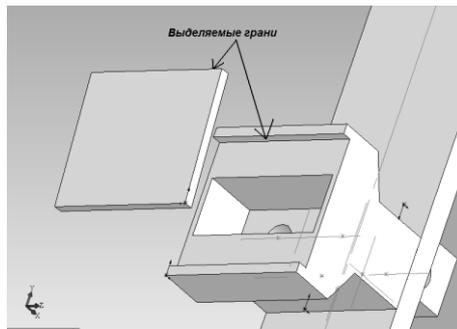
21. Третье сопряжение «ручка – передняя панель». С помощью нажатой левой клавиши мыши выдвинуть ручку вперед. С помощью нажатой клавиши Alt выделить сначала грань ручки, обращенную вовнутрь, а затем грань передней панели, обращенную наружу. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Закрывать панель *Сопряжение*.

22. Размещение планки. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вставить компонент*. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Планка.sldprt». С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать планку согласно рисунку.



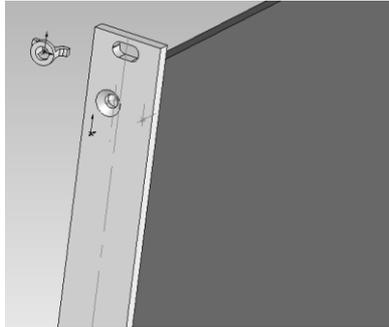
23. Первое сопряжение «планка – ручка». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крупно обе детали. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Условия сопряжения*. Панель *Сопряжение*. С помощью нажатой клавиши Alt выделить правую торцевую часть ручки и правую торцевую часть планки. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

24. Второе сопряжение «планка – ручка». С помощью нажатой клавиши Alt выделить грани (показаны на рисунке) планки и ручки. Для выделения нужной грани на планке следует развернуть сборку. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.



25. Третье сопряжение «планка – ручка». С помощью нажатой левой клавиши мыши выдвинуть планку вперед. С помощью нажатой клавиши Alt выделить сначала грань планки, обращенную вовнутрь, а затем грань ручки, обращенную наружу. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Закрыть панель *Сопряжение*.

26. Размещение втулки. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вставить компонент*. Панель *Вставить компонент*. Кнопка *Обзор*. Найти и загрузить файл «Втулка.sldprt». С помощью кнопок *Переместить компонент* и *Вращать компонент* сориентировать втулку согласно рисунка. С помощью нажатой клавиши Ctrl выделить втулку и, не отпуская левую клавишу мыши, переместить копию детали к нижнему крепежному отверстию передней панели.

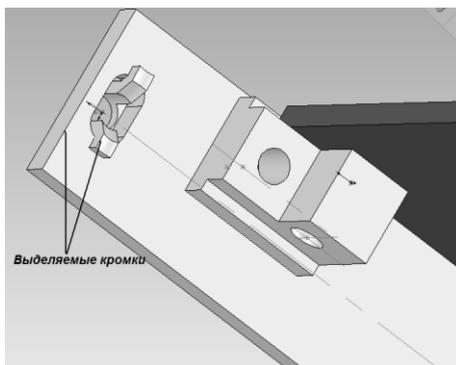


27. Первое сопряжение «втулка – передняя панель». Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крупно втулка и верхнее отверстие для втулки. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Условия сопряжения*. Панель *Сопряжение*. С помощью нажатой клавиши Alt выделить плоскую грань втулки, обращенную вовнутрь сборки и грань передней панели, обращенную наружу. Убедиться, что в панели *Сопряжение* автоматически выбран параметр *Совпадение*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

28. С помощью левой клавиши мыши передвинуть втулку до примерного совмещения с овальным отверстием передней панели. Второе сопряжение «втулка – передняя панель». С помощью нажатой клавиши Alt выделить внешнюю круглую грань втулки и торцевую *левую* грань передней панели. Автоматически будет создано сопряжение *Касательный1*. Изменим вручную параметры этого сопряжения. Нажать на графическую кнопку *Расстояние* на панели *Касательный1*. В строке ввода указать 5 мм. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

29. Третье сопряжение «втулка – передняя панель». С помощью нажатой клавиши Alt выделить внешнюю круглую грань втулки и торцевую верхнюю грань передней панели. Автоматически будет создано сопряжение *Касательный2*. Изменим вручную параметры этого сопряжения. Нажать на графическую кнопку *Расстояние* на панели *Касательный2*. В строке ввода указать 0.6 мм. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Панель *Сопряжение* не закрывать.

30. Четвертое сопряжение «втулка – передняя панель». С помощью нажатой клавиши Alt выделить две *кромки*, как показано на рисунке. В панели *Сопряжение* вручную выбрать параметр *Параллельность*. Кнопка ОК для завершения сопряжения. Закрыть панель *Сопряжение*.



31. Аналогично п. 27...30 выполнить сопряжения для нижней втулки.

32. Сохранение промежуточных результатов. Команда *Вид/Скрыть все типы*. Команда *Файл/Сохранить*. Имя файла = *Вставной модуль 3U*. Расширение sldasm добавится автоматически.

II. Крепежная база элементов Toolbox.

1. Гашение элемента сборки. В дереве конструирования найти и выделить элемент *Планка*. Щелчок правой клавишей мыши на выделенном элементе. Выбор в контекстном меню пункта *Скрыть*. В результате элемент визуально исчезнет, но в дереве конструирования будет по-прежнему присутствовать.

2. Приблизить фрагмент сборки так, чтобы были видны крупно крепежные отверстия разъема.

3. Размещение винта. Щелчок на графической кнопке *Библиотека проектирования* (с правой стороны экрана). Панель *Библиотека проектирования*. Раскрыть раздел *Toolbox*. Раскрыть пункт *Ansi Metric*. Раскрыть подчиненный пункт *Bolts and Screws*. Раскрыть подчиненный пункт *Machine Screws*. Выбрать в нижней части панели разновидность винта *Pan Slotted Head*. С помощью нажатой левой клавиши мыши перетащить изображение выбранного типа винта на сборку – например, в область верхнего крепежного отверстия разъема. Добиться, чтобы полупрозрачный образ винта вошел в отверстие и расположился правильным образом. Отпустить левую кнопку мыши.

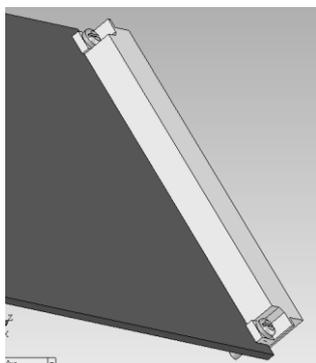
4. Уточнение свойств винта. Диалоговое окно *Pan Slotted Head*.

Size = M2.5

Length = 8

Кнопка *ОК* для завершения.

5. Разместить копию винта во второе крепежное отверстие разъема. Параметры при этом будут аналогичны п. 4. Клавиша *Esc* для прекращения режима размещения винтов.



6. Развернуть сборку таким образом, чтобы были видны концы винтов на противоположной части печатной платы.

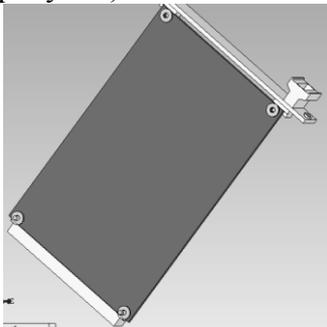
7. Размещение шайбы. Щелчок на графической кнопке *Библиотека проектирования* (с правой стороны экрана). Панель *Библиотека проектирования*. Раскрыть раздел *Toolbox*. Раскрыть пункт *Ansi Metric*. Раскрыть подчиненный пункт *Washers*. Раскрыть подчиненный пункт *Plain Washers*. Выбрать в нижней части панели разновидность шайбы *Regular Flat Washer*. С помощью нажатой левой клавиши мыши перета-

щить изображение выбранного типа шайбы на сборку – на любой из двух винтов. Добиться, чтобы полупрозрачный образ шайбы оделся на винт и расположился правильным образом. Отпустить левую кнопку мыши.

8. Уточнение свойств шайбы. Диалоговое окно Regular Flat Washer. Size = M2.5. Кнопка ОК для завершения.

9. Разместить копию шайбы на второй винт. Параметры при этом будут аналогичны п. 8.

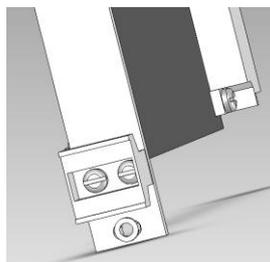
10. Разместить еще две копии шайбы на крепежные отверстия печатной платы со стороны передней панели (см. рисунок).



11. Повторить п. 3...4 для размещения двух винтов в два оставшихся крепежных отверстия печатной платы. Заметим, что винты должны входить со стороны размещенных шайб. Из режима размещения винтов не выходить.

12. Развернуть сборку таким образом, чтобы была видна крупно передняя часть ручки.

13. Повторить п. 3...4 для размещения двух винтов в крепежные отверстия ручки (см. рисунок).



14. Изменение длины винтов. Развернуть сборку таким образом, чтобы были видны концы винтов с противоположной стороны передней панели. Убедиться, что длины винтов недостаточно – толщина ручки и передней панели скрывает винты. Изменим вручную длину винтов. Развернуть сборку в исходное положение (как на рисунке). Выделить левый винт. Щелчок правой клавишей мыши по выделенному винту. Выбор в контекстном меню пункта *Редактировать определение Toolbox*. В диалоговом окне Pan Slotted Head изменить параметр Length на 16. Кнопка ОК для завершения.

15. Аналогично п. 14 изменить длину правого винта на 13 мм. Снова развернуть сборку и убедиться, что теперь длины винтов достаточно.

16. Приблизить фрагмент сборки так, чтобы было видно крупно крепежное отверстие с зенковкой на передней панели.

17. Размещение винта с потайной головкой. Щелчок на графической кнопке *Библиотека проектирования* (с правой стороны экрана). Панель *Библиотека проектирования*. Раскрыть раздел Toolbox. Раскрыть пункт Ansi Metric. Раскрыть подчиненный пункт Bolts and Screws. Раскрыть подчиненный пункт Machine Screws (Countersunk). Выбрать в нижней части панели разновидность винта Flat Head Screw. С помощью нажатой левой клавиши мыши перетащить изображение выбранного типа винта на сборку – в область отверстия с зенковкой. Добиться, чтобы полупрозрачный образ винта вошел в отверстие и расположился правильным образом (см. рисунок). Отпустить левую кнопку мыши.

18. Уточнение свойств винта. Диалоговое окно Pan Slotted Head.

Size = M2.5

Length = 8

Кнопка ОК для завершения. Кнопка Esc для прекращения режима размещения винтов.



Примечание. Если винт располагается в отверстии «задом наперед», то недостаток исправляется следующим образом. После закрытия диалогового окна Pan Slotted Head автоматически появляется плавающая панель. В плавающей панели следует нажать графическую кнопку



Переставить сопряжение, чтобы винт в отверстии сориентировался нужным образом.

Для завершения работы с плавающей панелью нажать на графическую кнопку  *Добавить/завершить сопряжение*.

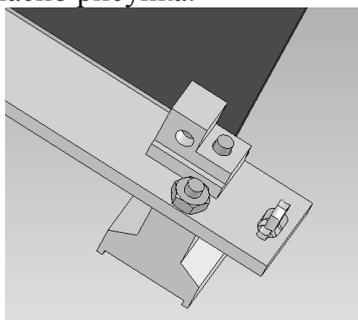
19. Развернуть сборку таким образом, чтобы были видны нижние части винтов, крепящие разъем к печатной плате.

20. Размещение гайки. Щелчок на графической кнопке *Библиотека проектирования* (с правой стороны экрана). Панель *Библиотека проектирования*. Раскрыть раздел Toolbox. Раскрыть пункт Ansi Metric. Раскрыть подчиненный пункт Nuts. Раскрыть подчиненный пункт Hex Nuts. Выбрать в нижней части панели разновидность гайки Hex Nut Style 1. С помощью нажатой левой клавиши мыши перетащить изображение выбранного типа гайки на сборку – на любой из двух винтов. Добиться, чтобы полупрозрачный образ гайки оделся на винт и расположился правильным образом. Отпустить левую кнопку мыши.

21. Уточнение свойств гайки. Диалоговое окно Hex Nut Style 1. Size = M2.5. Кнопка ОК для завершения.

22. Разместить копию гайки на второй винт разъема. Параметры при этом будут аналогичны п. 21. Из режима размещения винтов не выходить.

23. Развернуть сборку согласно рисунку.



24. Разместить третью копию гайки на винт согласно рисунку. Клавиша Esc для прекращения режима размещения гаек.

25. Отображение скрытого элемента. В дереве конструирования найти и выделить элемент *Планка*. Щелчок правой клавишей мыши на выделенном элементе. Выбор в контекстном меню пункта *Отобразить*. В результате элемент *Планка* снова появится.

26. Сохранение результатов. Команда *Файл/Сохранить*.

ЗАДАНИЕ №39. КОНФИГУРАЦИИ СБОРОК

Требуется выполнить несколько конфигураций сборки, которая представляет собой вставной модуль по стандарту МЭК297 (IEC 297-3). Конфигурации сборки должны отличаться глубиной печатной платы и шириной передней панели.

I способ. Работа с менеджером конфигураций. Изменение глубины печатной платы.

1. Команда *Файл/Открыть*. Найти и загрузить файл «Печатная плата.sldprt».
2. Добавление конфигурации. Вкладка *Менеджер конфигураций*. В дереве менеджера конфигураций выделить головной раздел *Печатная плата*. Щелчок правой клавишей мыши на выделенном разделе. Выбор в контекстном меню пункта *Добавить конфигурацию*. Панель *Добавить конфигурацию*. Имя конфигурации = *100 мм*. Кнопка ОК для завершения.
3. Аналогично п. 2 добавить названия еще трех конфигураций: *160 мм, 220 мм, 280 мм*. Пока конфигурации ничем не отличаются друг от друга.
4. Активация конфигурация. Сделать активной конфигурацию *100 мм*. Для этого в дереве менеджера конфигураций выполнить двойной щелчок на названии *100 мм*. В результате название будет выделено ярким цветом – эта конфигурация является активной.
5. Редактирование конфигурации. Вкладка *Дерево конструирования*. Выделить в дереве конструирования элемент *Вытянуть1*. Развернуть элемент *Вытянуть1* так, чтобы был виден подчиненный пункт *Эскиз1*. Двойной щелчок на пункте *Эскиз1*. В результате должны появиться все размеры эскиза. Найти на эскизе размер длины печатной платы *160*. Двойной щелчок на этом размере. Диалоговое окно *Изменить*.
 В верхней строке ввода записать *100*.
 Убедиться, что в нижней строке ввода выбрано значение *Эта конфигурация*.
 Нажать на графическую кнопку *Регенерация модели с текущим значением*.
 Кнопка ОК для завершения.
6. Вкладка *Менеджер конфигураций*. Сделать активной конфигурацию *160 мм*. Повторить п. 5 с новым размером.
7. Вкладка *Менеджер конфигураций*. Сделать активной конфигурацию *220 мм*. Повторить п. 5 с новым размером.
8. Вкладка *Менеджер конфигураций*. Сделать активной конфигурацию *280 мм*. Повторить п. 5 с новым размером.
9. Проверка. Вкладка *Менеджер конфигураций*. Сделать активными последовательно все четыре конфигурации. При этом длина печатной платы должна каждый раз меняться.
10. Сохранение результатов. Команда *Файл/Сохранить*.

II способ. Работа с таблицей параметров. Изменение глубины печатной платы и ширины передней панели в сборке.

1. Команда *Файл/Открыть*. Найти и загрузить файл «Передняя панель.sldprt».
2. Отображение размеров. В дереве конструирования найти и выделить элемент *Вытянуть1*. Двойной щелчок на выделенном элементе. В результате на экране появятся все размеры, относящиеся к этому элементу.
3. Изменение имени размера. Одинарный щелчок левой клавишей мыши на размере ширины передней панели *15,24*. Панель *Размер*. Кнопка *Допол. Свойства*. Диалоговое окно *Свойства размера*. В строке ввода *Имя* ввести значение *ШиринаПанели*. При

этом в строке ввода *Полное имя* автоматически появится значение *ШиринаПанели@Эскиз1*. Кнопка ОК для завершения. Кнопка ОК для закрытия панели *Размер*.

4. Создание таблицы параметров. Команда *Вставка/Таблица параметров*. Панель *Таблица параметров*.

Группа *Источник*. Убедиться, что выбран вариант *Авто-создать*.

Группа *Редактировать управление*. Убедиться, что выбран вариант *Разрешить изменения модели, которые влияют на таблицу параметров*.

Группа *Параметры*. Убедиться, что включены все опции.

Кнопка ОК для завершения.

5. Анализ таблицы параметров. Диалоговое окно *Размеры*. Выделить в списке именованный размер *ШиринаПанели@Эскиз1*. Кнопка ОК для завершения. В результате на экране появится таблица Microsoft Excel, в которой будет представлена заготовка таблицы параметров. В столбце *B* записано имя выбранного нами размера передней панели. Строка 3 таблицы отражает базовую конфигурацию *По умолчанию*, т.е. тот вариант, который присутствует на экране.

6. Редактирование свойств таблицы параметров. Внести в первый столбец таблицы названия конфигураций: *3 НР*, *4 НР*, *5 НР*, *6 НР* (буквы *НР* латинского регистра).

Выделить пять ячеек второго столбца. Щелчок правой клавишей мыши. Выбор в контекстном меню *Формат ячеек*. Диалоговое окно *Формат ячеек*. Вкладка *Число*. В списке *Числовые форматы* выбрать вариант *Числовой*. Кнопка ОК для завершения.

7. Заполнение таблицы параметров. Заполнить числовыми значениями ячейки таблицы согласно рисунка.

Для завершения работы с таблицей параметров щелкнуть левой клавишей мыши за пределами таблицы на рабочем поле. Информационное окно извещает, что добавлены 4 конфигурации.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Таблица параметров для: Передняя панель						
2		ШиринаПанели@Эскиз1					
3	По умолчанию	15,24					
4	3 НР	15,24					
5	4 НР	20,32					
6	5 НР	25,40					
7	6 НР	30,48					
8							
9							
10							

8. Анализ конфигураций. В дереве конструирования появился новый раздел *Таблица параметров*. При необходимости можно выделить этот раздел, нажать правую кнопку мыши, выбрать пункт *Редактировать таблицу* и внести изменения.

Вкладка *Менеджер конфигураций*. Двойной щелчок на названии конфигурации *4 НР*. При этом передняя панель на экране перестраивается: увеличивается ширина передней панели. Аналогично можно проанализировать остальные конфигурации.

9. Сохранение результатов. Команда *Файл/Сохранить*.

10. Команда *Файл/Открыть*. Найти и загрузить файл сборки «Вставной модуль 3U.sldasm».

11. Создание пустой таблицы параметров. Команда *Вставка/Таблица параметров*. Панель *Таблица параметров*.

Группа *Источник*. Выбрать вариант *Пустой*.

Группа *Редактировать управление*. Убедиться, что выбран вариант *Разрешить изменения модели, которые влияют на таблицу параметров*.

Группа *Параметры*. Выключить опции *Новые настройки* и *Новые конфигурации*.

Кнопка ОК для завершения.

12. Добавление конфигураций. В результате на экране появится пустая таблица параметров. Переименовать название конфигурации в первом столбце *Первый экземпляр*

на название *100 мм; 3 НР* (буквы *мм* русского регистра; буквы *НР* латинского регистра). Добавить ниже названия еще 15 конфигураций:

100 мм; 4 НР
100 мм; 5 НР
100 мм; 6 НР
160 мм; 3 НР
160 мм; 4 НР
160 мм; 5 НР
160 мм; 6 НР
220 мм; 3 НР
220 мм; 4 НР
220 мм; 5 НР
220 мм; 6 НР
280 мм; 3 НР
280 мм; 4 НР
280 мм; 5 НР
280 мм; 6 НР

Для предварительного завершения работы с таблицей параметров щелкнуть левой клавишей мыши за пределами таблицы на рабочем поле. Информационное окно сообщит, что допустимой таблицы параметров пока не существует.

13. Копирование имени элемента. В дереве конструирования найти и выделить элемент *Печатная плата*. Щелчок правой клавишей мыши на выделенном элементе. Выбор в контекстном меню пункта *Свойства компонента*. Диалоговое окно *Свойства компонента*. Скопировать в буфер обмена (сочетание *Ctrl+C*) полное имя элемента, которое записано в строке ввода в правом верхнем углу: *Печатная плата_<1>*. Кнопка *ОК* для закрытия диалогового окна.

14. Вставка имени компонента. В дереве конструирования найти и выделить элемент *Таблица параметров*. Щелчок правой клавишей мыши на выделенном элементе. Выбор в контекстном меню пункта *Редактировать таблицу*. Убедиться, что курсор расположен в ячейке *B2*. Вставить из буфера обмена (сочетание *Ctrl+V*) полное имя *Печатная плата_<1>*. В строке формул отредактировать вставленное имя следующим образом: *\$КОНФИГУРАЦИЯ@Печатная плата_<1>*. Команда *Правка/Отменить Гиперссылка*.

Примечание. Команда *Правка/Отменить Гиперссылка* нужна для отмены действия автозамены Microsoft Excel. Microsoft Excel ошибочно принимает отредактированное имя за адрес электронной почты.

15. Изменение формата ячейки. Щелчок правой клавишей мыши по ячейке *B2*. Выбор в контекстном меню пункта *Формат ячеек*. Диалоговое окно *Формат ячеек*. Вкладка *Выравнивание*. В группе *Ориентация* ввести значение *90°*.

16. Аналогично п. 13...15 в ячейку *C2* занести полное имя ширины передней панели: *\$КОНФИГУРАЦИЯ@Передняя панель<1>*.

17. Ввести значения в таблицу параметров согласно рисунка. При вводе значений следует помнить о регистре символов и о пробелах. Другими словами, значения должны в точности совпадать с именами конфигураций, данных в п. I.2, I.3 и II.6.

№	А	В	С	Д	Е
1	Таблица параметров для Вставной модуль 3U				
2					
3	100 мм, 3 НР	100 мм	3 НР		
4	100 мм, 4 НР	100 мм	4 НР		
5	100 мм, 5 НР	100 мм	5 НР		
6	100 мм, 6 НР	100 мм	6 НР		
7	160 мм, 3 НР	160 мм	3 НР		
8	160 мм, 4 НР	160 мм	4 НР		
9	160 мм, 5 НР	160 мм	5 НР		
10	160 мм, 6 НР	160 мм	6 НР		
11	220 мм, 3 НР	220 мм	3 НР		
12	220 мм, 4 НР	220 мм	4 НР		
13	220 мм, 5 НР	220 мм	5 НР		
14	220 мм, 6 НР	220 мм	6 НР		
15	280 мм, 3 НР	280 мм	3 НР		
16	280 мм, 4 НР	280 мм	4 НР		
17	280 мм, 5 НР	280 мм	5 НР		
18	280 мм, 6 НР	280 мм	6 НР		
19					

Для завершения работы с таблицей параметров щелкнуть левой клавишей мыши за пределами таблицы на рабочем поле. Информационное окно извещает, что добавлено 16 конфигураций.

18. Анализ конфигураций. В дереве конструирования появился новый раздел *Таблица параметров*. При необходимости можно выделить этот раздел, нажать правую кнопку мыши, выбрать пункт *Редактировать таблицу* и внести изменения.

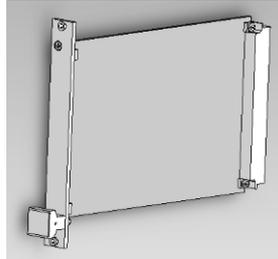
Вкладка *Менеджер конфигураций*. Двойной щелчок на названии конфигурации *280 мм; 6 НР*. При этом сборка на экране перестраивается: увеличивается глубина печатной платы и ширина передней панели. Аналогично можно проанализировать остальные конфигурации.

19. Сохранение результатов. Команда *Файл/Сохранить*.

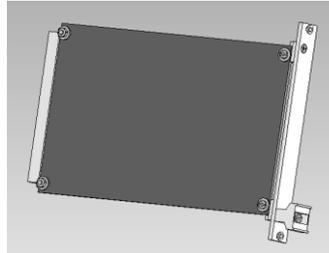
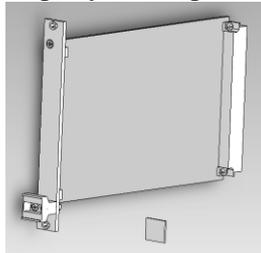
ЗАДАНИЕ №40. АНАЛИЗ ГОТОВЫХ СБОРОК

I. Анализ разнесения сборки.

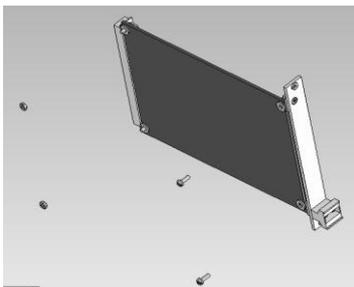
1. Команда *Файл/Открыть*. Имя файла = *Вставной модуль 3U.sldasm*. Начальные установки. Вкладка *Менеджер конфигураций*. Сделать активной конфигурацию *По умолчанию* (двойной щелчок по этому названию). Расположить сборку на экране согласно рисунка.



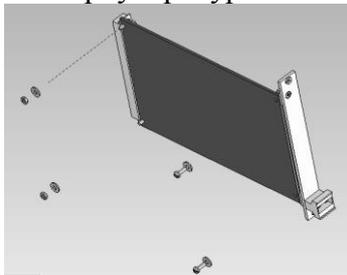
2. Первый шаг разнесения. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Вид с разнесенными частями*. Панель *Разнести*. Группа *Настройки*. Выделить область *Компоненты шага разнесения* (чтобы появился розовый цвет). Щелчком левой клавиши мыши выделить в сборке планку. При этом появится указатель направления перемещения (три стрелки). Щелкнуть на строке *Направление разнесения* в панели *Разнести* (чтобы появился розовый цвет). Щелкнуть в графической области на синей стрелке указателя направления перемещения. Убедиться, что в строке *Направление разнесения* появилась координата *Z*. В строке *Расстояние разнесения* в панели *Разнести* указать *100 мм*. Для предварительного просмотра нажать на кнопку *Применить*. Если деталь переместилась правильным образом (см. рисунок слева), нажать на кнопку *Готово* для завершения первого шага разнесения. При этом в панели *Разнести* в группе *Шаги разнесения* появляется пункт *Шаг разнесения детали 1*. Панель *Разнести* не закрывать. Развернуть сборку, как на рисунке справа.



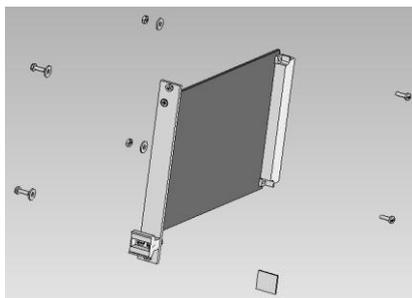
3. Второй шаг разнесения. Выделить область *Компоненты шага разнесения* (чтобы появился розовый цвет). Щелчком левой клавиши мыши выделить в сборке две гайки, крепящие разъем, и два винта, крепящие держатели платы. Убедиться, что в список попало четыре нужных элемента. Щелкнуть на строке *Направление разнесения* в панели *Разнести* (чтобы появился розовый цвет). Щелкнуть в графической области на синей стрелке указателя направления перемещения. Убедиться, что в строке *Направление разнесения* появилась координата *Z*. Нажать на графическую кнопку *Реверс направления*. В строке *Расстояние разнесения* в панели *Разнести* указать *100 мм*. Для предварительного просмотра нажать на кнопку *Применить*. Если крепеж переместился правильным образом (см. рисунок), нажать на кнопку *Готово* для завершения второго шага разнесения. Панель *Разнести* не закрывать.



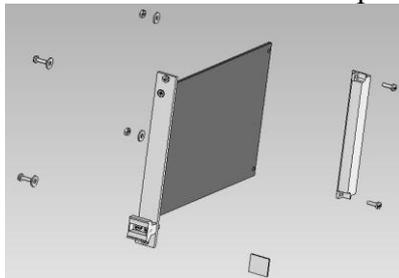
4. Третий шаг разнесения. Аналогично п. 3 провести разнесение четырех шайб на 90 мм (см. рисунок). Развернуть сборку в ракурс как на первом рисунке.



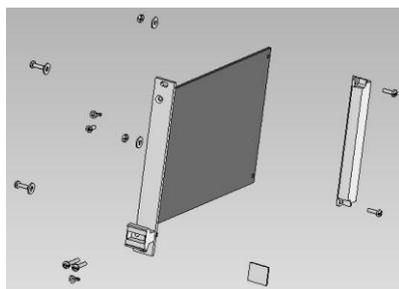
5. Четвертый шаг разнесения. Провести разнесение двух винтов, крепящих разъем. Направление разнесения – ось Z. Реверс направления выключить. Расстояние разнесения 100 мм.



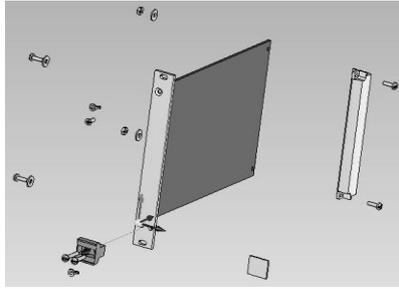
6. Пятый шаг разнесения. Провести разнесение разъема. Направление разнесения – ось Z. Реверс направления выключить. Расстояние разнесения 70 мм.



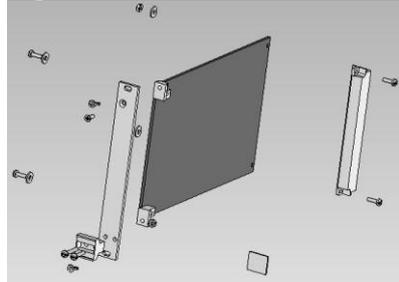
7. Шестой шаг разнесения. Провести разнесение двух втулок и трех оставшихся винтов. Направление разнесения – ось X. Реверс направления **включить**. Расстояние разнесения 100 мм.



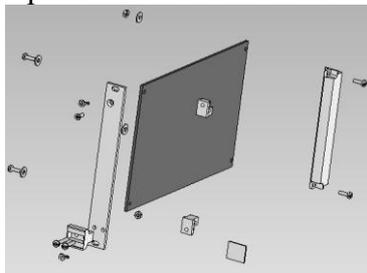
8. Седьмой шаг разнесения. Провести разнесение ручки. Направление разнесения – ось X. Реверс направления **включить**. Расстояние разнесения 70 мм.



9. Восьмой шаг разнесения. Провести разнесение передней панели. Направление разнесения – ось X. Реверс направления **включить**. Расстояние разнесения 50 мм.



10. Девятый шаг разнесения. Провести разнесение двух держателей платы. Направление разнесения – ось Z. Реверс направления выключить. Расстояние разнесения 50 мм. Кнопка ОК для завершения работы с панелью *Разнести*.



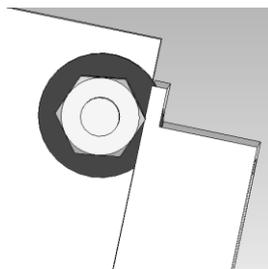
11. Проверка. Вкладка *Менеджер конфигураций*. Раскрыть пункт *По умолчанию*. Выделить подчиненный пункт *Вид с разнесенными частями 1*. Щелчок правой клавишей мыши по выделенному пункту. Выбор в контекстном меню *Составить*. При этом сборка на экране должна собраться воедино.

12. Анимация разнесения. Щелчок правой клавишей мыши по пункту *Вид с разнесенными частями 1*. Выбор в контекстном меню *Анимировать разнесение*. В результате возникнет панель инструментов *Управление анимации* и автоматически начнется анимации по сборке/разборке. На панели инструментов *Управление анимации* включить параметры *Возвратно-поступательно* и *Медленное воспроизведение*.

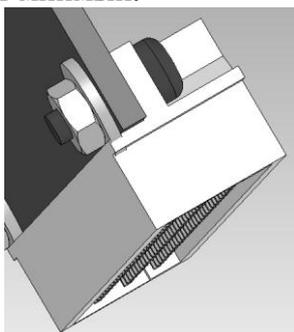
13. Кнопка *Стоп* для остановки анимации. Закрыть панель инструментов *Управление анимации*. Щелчок правой клавишей мыши по пункту *Вид с разнесенными частями 1*. Выбор в контекстном меню *Составить*. Команда *Файл/Сохранить*.

II. Анализ конфликтов (интерференций).

1. Анализ первого конфликта. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Проверка интерференций*. Панель *Проверить интерференцию компонентов*. Кнопка *Вычислить*. После вычисления в списке *Результаты* будут представлены конфликтующие компоненты. Выделить в списке пункт *Соединитель типа C* и раскрыть все подчиненные ему подпункты. Выделить подчиненный подпункт *Flat Washer Regular*. При этом на сборке выделится сиреневым цветом шайба. Увеличить выделенную шайбу на весь экран (см. рисунок). В итоге можно сделать вывод: шайба слишком широкая, задевает разъем, следует заменить на более узкую шайбу. Изменить масштаб отображения, чтобы было видно всю сборку.



2. Анализ второго конфликта. Выделить в списке пункт Hex Nut Style 1 и раскрыть все подчиненные ему подпункты. Выделить подчиненный подпункт Pan Slot Head. При этом на сборке выделится сиреневым цветом винт, крепящий разъем к плате. Увеличить выделенный винт на весь экран (см. рисунок). В итоге можно сделать вывод: поскольку винт и гайка взяты из стандартной библиотеки крепежных элементов Toolbox, то данный конфликт мнимый.



3. Аналогично п. 1...2 проанализировать оставшиеся конфликты в списке и самостоятельно сделать вывод по каждому.

4. Кнопка ОК для завершения работы с панелью *Проверить интерференцию компонентов*.

III. Анализ массо-габаритных показателей.

1. Выбор печатной платы для редактирования. В дереве конструирования найти и раскрыть элемент *Печатная плата*. Панель инструментов *Сборки*. Кнопка *Редактировать деталь*. В результате все остальные элементы в графической области становятся прозрачными, в дереве конструирования появляется возможность редактировать выбранную деталь. Раскрыть в дереве конструирования элемент *Печатная плата* (раскрыть плюсик). Выделить в дереве конструирования пункт *Материал*, относящийся к элементу *Печатная плата*. Щелчок правой кнопкой мыши по выделенному пункту. Выбор в контекстном меню *Редактировать материал*.

2. Назначение материала для печатной платы. Панель *Редактор материалов*. В списке *Материалы* выделить и раскрыть пункт *Другие неметаллы*. Выбрать подчиненный пункт *Керамический фарфор*. Заметим, что в большинстве своем печатные платы изготавливают из стеклотекстолита, но поскольку такой материал в базовой библиотеке SolidWorks не представлен, мы выбрали приблизительно похожий – для учебных целей это несущественно. В нижней части панели *Редактор материалов* в группе *Физические свойства* можно просмотреть физические параметры выбранного материала. Кнопка ОК для завершения работы с панелью. Кнопка *Редактировать деталь* (отжать) для завершения редактирования.

3. Аналогично п. 1...2 задать для элемента *Соединитель типа С* материал *ПВХ твердый* из пункта *Пластик*.

4. Аналогично п. 1...2 задать для элемента *Держатель платы* материал *Латунь* из пункта *Медь и ее сплавы*. Заметим, что для одинаковых деталей в сборке достаточно один раз назначить материал.

5. Аналогично п. 1...2 задать для элемента *Передняя панель* материал *Легированный алюминий (сплав 1060)* из пункта *Легированный алюминий*.
6. Аналогично п. 1...2 задать для элемента *Ручка* материал *ABS PC* из пункта *Пластик*.
7. Аналогично п. 1...2 задать для элемента *Планка* материал *Стекло* из пункта *Другие неметаллы*. Заметим при этом, что деталь стала прозрачной.
8. Аналогично п. 1...2 задать для элемента *Втулка* материал *Хромированная нержавеющая сталь* из пункта *Сталь*. **Назначать материалы для крепежных элементов Toolbox не надо.**
9. Анализ массо-габаритных показателей. Команда *Инструменты/Массовые характеристики*. Информационное окно *Массовые характеристики*. Убедиться, что в окне представлены основные физические параметры сборки: масса, объем, площадь поверхности, центр масс, моменты инерции. Кнопка *Заккрыть*.
10. Сохранение результатов. Команда *Файл/Сохранить*.

САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. «Горячая связь» между отдельными частями проекта. Загрузить проект, входящий в комплект примеров Altium Designer: *X:\Program Files\Altium Designer 6\Examples\References Designs\Ethernet Nanoboard Add-On*. Открыть два документа, входящие в проект:

- phy.schdoc – электрическая схема;
- phy.pcbdoc – печатная плата.

а) найти в электрической схеме конденсатор C5 (Edit/Find Text). Используя поочередно три команды перекрестных ссылок (команды Tools/Select PCB Components; Tools/Cross Select Mode; Tools/Cross Probe), обнаружить тремя разными способами местоположение конденсатора C5 на печатной плате.

б) Найти на печатной плате конденсатор C4 (панель PCB). Используя поочередно две команды перекрестных ссылок (команды Tools/Cross Select Mode; Tools/Cross Probe), обнаружить двумя способами местоположение конденсатора C4 на электрической схеме.

2. Синхронизация электрической схемы и печатной платы. Скопировать в свою рабочую папку проект *X:\Program Files\Altium Designer 6\Examples\References Designs\Ethernet Nanoboard Add-On*. Копирование требуется, чтобы случайно не повредить исходные файлы. Загрузить проект РНУ.PrjPCB. Открыть два документа, входящие в проект:

- phy.schdoc – электрическая схема;
- phy.pcbdoc – печатная плата.

а) *прямая синхронизация.*

На электрической схеме найти и удалить конденсатор C3. Установить порядок следования позиционных обозначений ЭРИ «сверху вниз, слева направо». Команда Tools/Annotate Schematic. Order of Processing = Down Then Across. Принудительно расставить позиционные обозначения по новому правилу. Команда Tools/Force All Schematic. Прямая синхронизация. Команда Design/Update PCB. Кнопка Execute Changes. Убедиться, что на печатной плате произошли изменения: удален конденсатор C3; по-новому расставлены позиционные обозначения. Циклическое применение команды Edit/Undo; Edit/Redo.

б) *обратная синхронизация.*

На печатной плате найти микросхему U1. Присвоить микросхеме новое позиционное обозначение DD1. Сбросить опцию внесения изменений через Annotation-файл. Команда Project/Project Options. Вкладка ECO Generation. Выключить опцию Push Component Designator Changes to Annotation File. Обратная синхронизация. Команда Design/Update Schematic. Кнопка Execute Changes. Убедиться, что на электрической схеме позиционное обозначение микросхемы U1 изменилось на DD1.

3. Назначение посадочных мест элементам. Скопировать в свою рабочую папку проект *X:\Program Files\Altium Designer 6\Examples\References Designs\Videomultiplexer*. Копирование требуется, чтобы случайно не повредить исходные файлы. Загрузить проект PCB_VideoMux.PrjPCB. Открыть три документа, входящие в проект:

- PCB_DecoderA.schdoc – электрическая схема канала А;
- PCB_DecoderB.schdoc – электрическая схема канала В;
- VideoMuxBoard.pcbdoc – печатная плата.

Требуется заменить топологическое посадочное место QC49/SMD для двух кварцевых резонаторов X1 и X2 на топологическое посадочное место MCCTD. Кварцевые резонаторы X1 и X2 находятся в электрических схемах канала А и канала В, соответственно. Топологические посадочные места находятся в подключенной к проекту библиотеке PCB_Footprints.PcbLib.

В редакторе печатных плат удалить все печатные проводники. Команда Tools/Un-Route/All. Удалить все полигоны (экранные слои). Команда Tools/Polygon Pours/Shelve 86 Polygons. Найти и выделить топологическое посадочное место кварцевого резонатора X1. Щелчок правой клавишей мыши, выбор пункта Find Similar Objects. В диалоговом окне в строке Footprint выбрать Same. Кнопка Apply. Убедиться в правильности выбора. Кнопка OK. В панели PCB Inspector в строке Footprint «вручную» написать название нового топологического посадочного места MCCTD, после чего нажать на Enter. Закрыть панель. Снять выделение.

С помощью команды Tools/Cross Select Mode проверить взаимное соответствие кварцевых резонаторов на схеме и на плате.

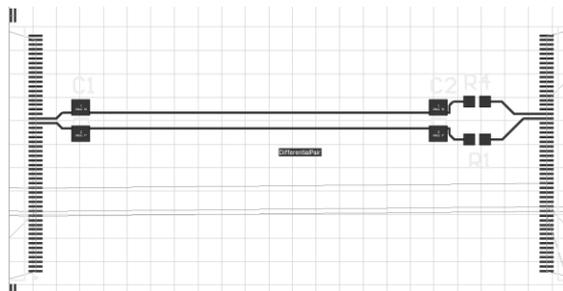
4. Просмотр и обновление связей между элементами схемы и печатной платы. Скопировать в свою рабочую папку проект X:\Program Files\Altium Designer 6\Examples\Signal Integrity\Differential Pair\. Копирование требуется, чтобы случайно не повредить исходные файлы. Загрузить проект DifferentialPair.PrjPCB. Открыть два документа, входящие в проект:

- DifferentialPair.schdoc – электрическая схема;
- DifferentialPair.pcbdoc – печатная плата.

Требуется заменить два резистора R3 и R7 на два конденсатора емкостью 100 пФ. Условные графические обозначения конденсаторов и их топологические посадочные места находятся в стандартной библиотеке Miscellaneous Devices.IntLib.

В редакторе схем найти и удалить два резистора R3 и R7. В панели Libraries подключить библиотеку X:\Altium Designer 6\Library\Miscellaneous Devices.IntLib. В указанной библиотеке найти конденсатор Cap Semi и разместить два экземпляра на месте бывших резисторов. Указать позиционные обозначения C1 и C2. Подсоединить контакты конденсаторов к двум горизонтальным проводникам.

В редакторе печатных плат найти и удалить топологические посадочные места резисторов R3 и R7. С помощью команды Place/Component найти в библиотеке Miscellaneous Devices.IntLib топологическое посадочное место C1206 для конденсатора. Указать позиционное обозначение C1. Разместить два экземпляра топологического посадочного места конденсатора согласно рисунка.



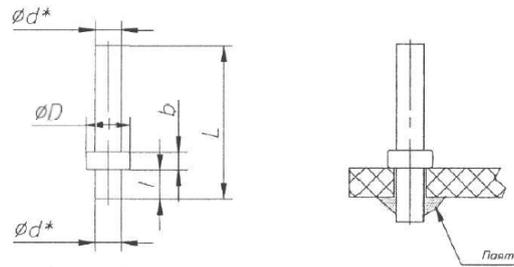
С помощью команды Project/Component Links выполнить взаимосвязь УГО и посадочных мест. Выделить в левом и среднем списке позиционные обозначения C1 и нажать на кнопку > для перемещения в правый список. Аналогично сгруппировать позиционные обозначения C2. Кнопка Perform Update. В редакторе схем выполнить прямую синхронизацию Design/Update. В диалоговом окне нажать на кнопку Execute Changes. Если в редакторе печатных плат по-прежнему осталось зеленое выделение, то следует развернуть на 180° топологические посадочные места конденсаторов.

С помощью команды Tools/Cross Select Mode проверить взаимное соответствие конденсаторов на схеме и на плате.

5. Элементы коммутации. В среде SolidWorks разработать семейство трехмерных моделей коммутационных лепестков (ГОСТ 16840-78). Семейство лепестков выполнить как конфигурируемую деталь SolidWorks с использованием таблицы параметров. Внешний вид

лепестка и определяющие геометрические размеры представлены на рисунке. Разработку подключить как РСВ3D модель к соответствующему УГО.

ЛЕПЕСТКИ по ГОСТ 16840-78
(Исполнение 2)



d = 0,8 l = 2,0 D = 1,5 L = 7, 9, 11, 14, 16, 18
d = 0,8 l = 2,5 D = 1,5 L = 7, 9, 11, 14, 16, 18
d = 0,8 l = 3,0 D = 1,5 L = 7, 9, 11, 14, 16, 18, 22, 26, 30

6. Особенности топологических проектов с использованием многовыводных планарных ЭРИ.

Для справки. **Fanout** (фэнаут) – короткий отрезок проводника с переходным отверстием на конце, предназначенный для упрощения автоматической трассировки компонентов с планарными выводами. Аналогичен термину **stringer** (стрингер). Обычно программа автоматической трассировки самостоятельно генерирует стрингеры для всех планарных контактных площадок на начальных этапах трассировки, а после ее завершения удаляет лишние переходные отверстия.

Скопировать в свою рабочую папку проект *X:\Program Files\Altium Designer 6\Examples\PCB Auto-Routing*. Копирование требуется, чтобы случайно не повредить исходные файлы. Загрузить проект *PCB Auto-Routing.PrjPCB*. Открыть документ, входящий в проект *BOARD 3.PcbDoc*. Заметим, что на печатной плате все микросхемы с планарными выводами.

Требуется создать стрингеры в ручном и в автоматическом режиме, а затем провести трассировку печатной платы.

Найти и выделить микросхему с позиционным обозначением U4. Щелчок правой клавишей мыши и выбор в контекстном меню *Component Actions/Fanout Component*. В диалоговом окне *Fanout Options* оставить все опции без изменения. Исследовать полученный результат.

С помощью команды *Design/Rules* изменить правила проектирования в отношении генерации стрингеров. В дереве проектирования слева выбрать *Routing*, затем *Fanout Control*, затем *Fanout_Default*. В правой части диалогового окна в группе *Fanout Options* изменить настройки:

Fanout Style = Inline Rows;

Fanout Direction = In Only.

Кнопка *Apply*, затем кнопка *OK*.

Найти и выделить микросхему с позиционным обозначением U10. Из контекстного меню применить команду *Component Actions/Fanout Component*. Исследовать полученный результат, сравнить с предыдущей микросхемой.

Снова изменить правила проектирования в отношении генерации стрингеров. В группе *Fanout Options* установить:

Fanout Style = Staggered Rows;

Fanout Direction = Out Only.

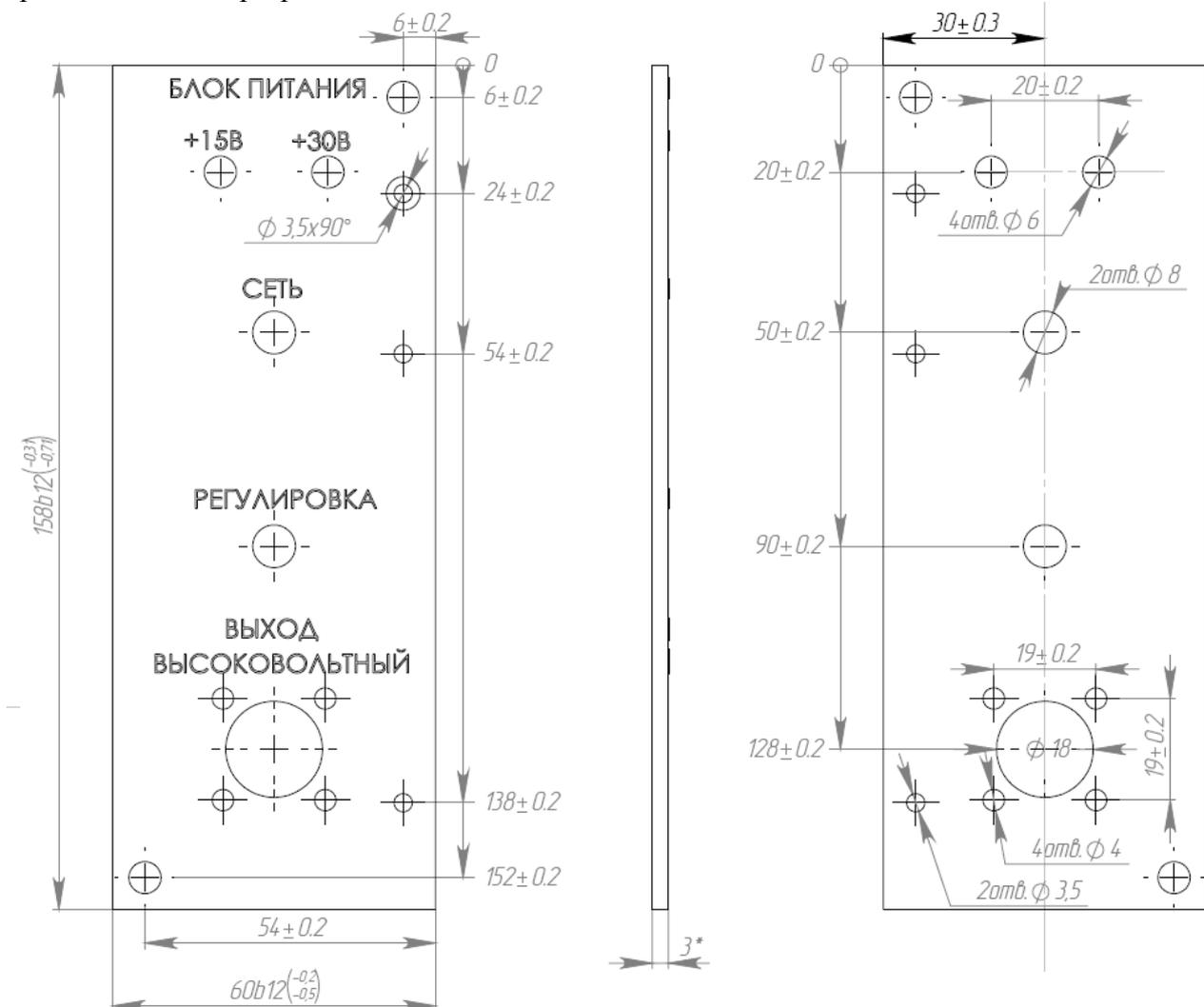
Найти и выделить микросхему с позиционным обозначением U94. Из контекстного меню применить команду *Component Actions/Fanout Component*. Исследовать полученный результат, сравнить с предыдущими микросхемами.

Аналогично можно исследовать другие комбинации настроек в группе Fanout Options и их результативность в отношении генерации стрингеров.

Установить первоначальные настройки генерации стрингеров в группе Fanout Options:
 Fanout Style = Auto;
 Fanout Direction = Alternating In and Out;
 Direction From Pad = Away From Center;
 Via Placement Mode = Centered Between Pads.

С помощью команды Auto Route/Fanout/All выполнить автоматическую генерацию стрингеров для всех оставшихся микросхем. С помощью команды Auto Route/All выполнить автоматическую трассировку печатной платы (процесс длительный, занимает несколько минут). Убедиться, что после завершения автоматической трассировки некоторые стрингеры исчезли.

7. Разработка передних панелей РЭС. В среде SolidWorks выполнить переднюю панель РЭС, представленную ниже в трех проекций. Материал передней панели – алюминиевый сплав АМц. Физические параметры этого сплава внести в редактор материалов SolidWorks, а затем назначить для разрабатываемой детали. Маркировать надписи краской ЧМ, черный ТУ 29-02-859-78, шрифтом 5 – Пр. 3 ГОСТ 26.020 – 80. Способ нанесения надписей в среде SolidWorks разработать самостоятельно.



Учебное издание

Озёркин Денис Витальевич

Altium Designer. SolidWorks
Часть 3. Топологическое проектирование

Сборник практических заданий

Формат 60×84 1/8. Усл. печ. л. 11,16

Тираж 50 экз. Заказ

Отпечатано в Томском государственном университете
систем управления и радиоэлектроники.

634050, Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 533018.