

## Подготовка конструкторской документации

### Оглавление

Оглавление .....	1
Общая информация .....	1
Определение состава КД на печатный узел .....	2
Правка шаблонов Draftsman .....	6
Создание сборочного чертежа на печатный узел (МПСУ.464214.001СБ).....	11
Создание сборочного чертежа на печатную плату (МПСУ.687254.001СБ) ...	28
Создание данных конструкции на печатную плату (МПСУ.687254.001Т5М)37	
Создание данных проектирования на печатную плату (МПСУ.687254.001Д1) .....	45
Экспорт схемы электрической принципиальной (МПСУ.464214.001Э3) .....	48
Формирование спецификации на печатный узел (МПСУ.464214.001) перечня элементов (МПСУ.464214.001ПЭ3) и ведомости покупных (МПСУ.464214.001ВП).....	52
Формирование спецификации на печатную плату (МПСУ.687254.001) .....	56
Литература .....	58

### Общая информация

В данном указании расписано как с помощью Altium Designer подготовить комплект конструкторской документации на ячейку (печатный узел).

Draftsman – это расширение, появившееся в Altium Designer начиная с версии 16.1. Данный редактор позволяет относительно легко оформить набор чертежей для производства при сохранении связи с печатной платой. Данный редактор находится в постоянном развитии, но уже на текущем этапе достаточно хорош и решает большинство наших задач. Позволяет оформить большую часть чертежей с соблюдением основных требований ЕСКД.

Также в состав российской поставки Altium Designer входит плагин GOSTBOM, позволяющий в автоматическом режиме сформировать комплект конструкторской документации в соответствии с правилами ЕСКД.

Пример, на котором будет показано формирование конструкторской документации, это печатный узел «Плата ВЧ» из состава четырехканальной передающей ячейки (более подробно в методическом указании «Проектирование подсистемы питания» и примере «Расчет ВЧ-ячейки»).

Дополнительно нам понадобится табличный редактор, т.к. текстовую информацию GOST BOM экспортирует в xls-файлы.

Финальной стадией любого из документов будет pdf.

Материал подготовлен для версии Altium Designer 20.2.6

### **Определение состава КД на печатный узел**

При выпуске конструкторской документации на печатный узел надо ориентироваться на следующие ГОСТы:

- ГОСТ 2.004-88 Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ
- ГОСТ 2.051-2013 Электронные документы. Общие положения;
- ГОСТ 2.052-2006 Электронная модель изделия. Общие положения
- ГОСТ 2.053-2013 Электронная структура изделия. Общие положения;
- ГОСТ 2.055-2014 Электронная спецификация. Общие положения;
- ГОСТ 2.102-2013 Виды и комплектность конструкторских документов;
- ГОСТ 2.103-2013 Стадии разработки;
- ГОСТ 2.104-2006 Основные надписи;
- ГОСТ 2.106-96 Текстовые документы;
- ГОСТ 2.113-75 Групповые и базовые конструкторские документы;
- ГОСТ 2.201-80 Обозначение изделий и конструкторских документов;

- ГОСТ 2.301-68 Форматы;
- ГОСТ 2.413-72 Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготавливаемых с применением электрического монтажа;
- ГОСТ 2.503-2013 Правила внесения изменений;
- ГОСТ 2.701-2008 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;
- РД 107.2.1002-89 Номенклатура и коды прочих документов и инструкций;
- ОСТ 4.000.030-85 Конструкторская документация. Выполнение спецификаций.

В общем случае, получается следующая иерархия документов:

1. Спецификация на печатный узел. В общем виде спецификация является главным документом на любое изделие. В случае печатного узла является текстовым документом в форме таблицы («ГОСТ 2.108-68 Единая система конструкторской документации. Спецификация.»). Наименование документа совпадает с десятичным номером печатного узла. Состоит из нескольких разделов, для печатных узлов сначала идет список выпущенных документов на печатный узел, далее список комплектов, список сборочных единиц и список деталей (их спецификаций), далее стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты и переменные данные исполнения.

2. Сборочный чертёж на печатный узел. Наименование документа совпадает с десятичным номером печатного узла с суффиксом «СБ». Должен содержать в себе достаточно данных для монтажника при сборе печатного узла, в том числе, габаритные размеры, основные отверстия в плате, позиционные обозначения и ориентацию компонентов, способы крепежа составных частей в печатный узел (пайка, клейка, резьбовые соединения и т.д.) и иную информацию.

3. Схема электрическая принципиальная. Является минимально необходимой для изготовления и наладки из всех видов электрических схем на печатный узел. Иногда бывают необходимы электрические схемы другого уровня иерархии (структурные, функциональные, соединений и пр.). Наименование документа совпадает с десятичным номером печатного узла с суффиксом «ЭЗ».

4. Перечень элементов. Содержит список всех компонентов, изображенных на схеме. Формируется на основании схемы электрической принципиальной. Наименование документа совпадает с десятичным номером печатного узла с суффиксом «ПЭЗ».

5. Ведомость покупных изделий. Содержит список всех покупных компонентов, устанавливаемых в печатный узел, а также информацию о производителях или поставщиках элементов. Наименование документа совпадает с десятичным номером печатного узла с суффиксом «ВП».

В спецификацию на печатный узел входит собственно печатная плата (без установленных компонентов) либо как деталь (одно- или двуслойная печатная плата, десятичный номер 7587XX), либо как сборочная единица (многослойная печатная плата, десятичный номер 68725X или 68726X).

В случае, если печатная плата выполнена как сборочная единица (многослойная печатная плата), то на нее надо выпустить полный комплект документов:

- Спецификация, как текстовый табличный документ. Имя документа совпадает с десятичным номером печатной платы (не печатного узла!).

- Сборочный чертеж на печатную плату. В общем виде предполагается послойное представление всех слоев (металлизированных, паяльной маски и пасты, контура платы, маркировки и пр.) с координатной сеткой и размещением размеров. При выполнении КД на печатную плату автоматизированным способом имеет смысл оставлять только контур печатной платы с основными размерами для справок и расположением отверстий, и стек с типами переходных отверстий. Также должны присутствовать ссылки на документы данных проектирования и данных конструкции. Имеет обозначение, такое же как печатная плата с суффиксом «СБ».

- Данные конструкции. В соответствии ГОСТ 2.123-93 «Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании» при выполнении КД на печатную плату автоматизированным способом определены коды документов для поэтапного изготовления печатной платы (группа Т1М..Т4М, ТБ). В современных условиях, когда для изготовления платы нужны фактически только гербер-файлы и файлы сверловки, удобен иной подход. Все сгенерированные из проекта печатной платы гербер-файлы и файлы сверловки просто

складывают в папку или архив. В работе по ЕСКД в МИЭТ для этого определен тип документа «Т5М» и хранится такой документ в электронном виде. Т.е. документ имеет обозначение такое же как печатная плата с суффиксом «Т5М».

- Данные проектирования. Документ, в котором содержится информация о назначении гербер-фалов из данных конструкции и таблица отверстий. Также должен быть продублирован из сборочного чертежа и расшифрован стек печатной платы. В работе по ЕСКД в МИЭТ для этого определен тип документа «Д1». Т.е. документ имеет обозначение такое же как печатная плата с суффиксом «Д1».

В случае, если печатная плата выполнена как деталь (одно- или двуслойная печатная плата), то на нее достаточно выпустить три документа:

- Чертеж детали. В технических требованиях чертежа должны быть ссылки на данные проектирования и данные конструкции печатной платы. В чертеже проставляют контур печатной платы, размеры для справок и расположение отверстий. Также вместо данных проектирования в чертёж может быть внесена информация о толщине и материале диэлектрика и проводящей фольги.

- Данные конструкции. Аналогично исполнению для многослойной платы – архив гербер-файлов и файлов сверловки с суффиксом «Т5М». Т.к. на деталь не выпускают спецификацию, то этот документ (данные конструкции, «Т5М») должен быть упомянут в головной спецификации на печатный узел в разделе «Документы».

- Данные проектирования. Аналогично исполнению для многослойной платы - документ, в котором содержится информация о назначении гербер-фалов из данных конструкции и таблица отверстий. Имеет обозначение, такое же как печатная плата с суффиксом «Д1». Т.к. на деталь не выпускают спецификацию, то этот документ (данные проектирования, «Д1») должен быть упомянут в головной спецификации на печатный узел в разделе «Документы», а первичным документом для данных проектирования становится спецификация на печатный узел.

Напомним состав примера. Это печатный узел «Плата ВЧ» из состава четырехканальной передающей ячейки. Печатная плата четырехслойная (т.е. сборочная единица), выполнена парным прессованием.

Таким образом, с учетом выбранных десятичных номеров и комплекта КД получается следующий список документов:

<i>№</i>	<i>Децимальный номер документа</i>	<i>Наименование документа</i>
1.	МПСУ.464214.001	Плата ВЧ
2.	МПСУ.464214.001СБ	Плата ВЧ. Сборочный чертеж
3.	МПСУ.464214.001ЭЗ	Плата ВЧ. Схема электрическая принципиальная
4.	МПСУ.464214.001ПЭЗ	Плата ВЧ. Перечень элементов
5.	МПСУ.464214.001ВП	Плата ВЧ. Ведомость покупных
6.	МПСУ.687254.001	Плата печатная многослойная
7.	МПСУ.687254.001СБ	Плата печатная многослойная. Сборочный чертеж.
8.	МПСУ.687254.001Т5М	Плата печатная многослойная. Данные конструирования
9.	МПСУ.687254.001Д1М	Плата печатная многослойная. Данные проектирования

В примере с помощью Draftsman мы создадим оба сборочных чертежа (на печатный узел и на печатную плату) и данные проектирования на печатную плату.

Схему электрическую принципиальную на печатный узел создадим через экспорт в PDF схематиков с помощью расширения SmartPDF.

Спецификацию, перечень элементов и ведомость покупных изделий на печатный узел создадим с помощью возможностей расширения GOSTBOM.

Данные конструирования на печатную плату мы создадим через экспорт гербер-файлов.

Спецификацию на печатную плату составим самостоятельно.

### **Правка шаблонов Draftsman**

Для наших задач мы будем использовать всего четыре шаблона – А3 и А4 первый лист и второй листы.

На данный момент в стандартной поставке Draftsman разработаны и доступны шаблоны в соответствии с ЕСКД, однако содержащие некоторые ошибки и не всегда нужные поля. Шаблоны вторых листов нас полностью удовлетворяет, подправим шаблоны первых листов.

Нужно изменить:

1. Добавить возможность переопределить вид чертежа (в базовом шаблоне это фиксированная строка «Сборочный чертёж»), зададим через параметр 1\_DocumentType со значением по умолчанию «Сборочный чертёж».

2. Добавить параметр 2\_DocumentPerv={АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ} и разместить соответствующее поле, чтобы иметь возможность задавать ссылку на документ первичного применения.

3. Добавить параметр 11\_DirectorType= Нач. отд., и разместить соответствующее поле, чтобы иметь возможность задавать должность руководителя.

4. Добавить параметр 11\_Director, и разместить соответствующее поле, чтобы иметь возможность задавать фамилию руководителя.

5. Разместить поле с параметром 9\_Organization, которое почему-то не размещено.

6. Сделать так, чтобы имя сборочной единицы могло быть многострочным.

7. Заодно удалим поле {Индекс заказчика}, т.к. в нашей работе это поле является дополнительным и редко используемым. Параметр на всякий случай оставим.


Откроем папку, где лежат шаблоны для Draftsman (определить можно через Preferences – Draftsman – Templates поле Templates Locations) и оттуда к себе скопируем файлы GOST A3 Sheet1.DwsDot, GOST A3 Sheet2.DwsDot, GOST A4 Sheet1.DwsDot и GOST A4 Sheet2.DwsDot.

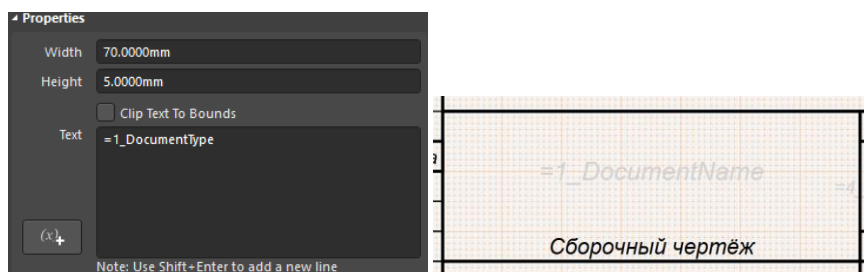
Как свободный документ открываем GOST A3 Sheet1.DwsDot через File – Open, в фильтре типа файла выбрать Altium Draftsman Sheet Template (\*.DwsDot).

Создаем параметры в панели Properties на вкладке Parameters по Add:

Имя параметры	Значение по умолчанию
1_DocumentType	Сборочный чертёж
2_DocumentPerv	{АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ}
11_DirectorType	Нач. отд.
11_Director	Пустое

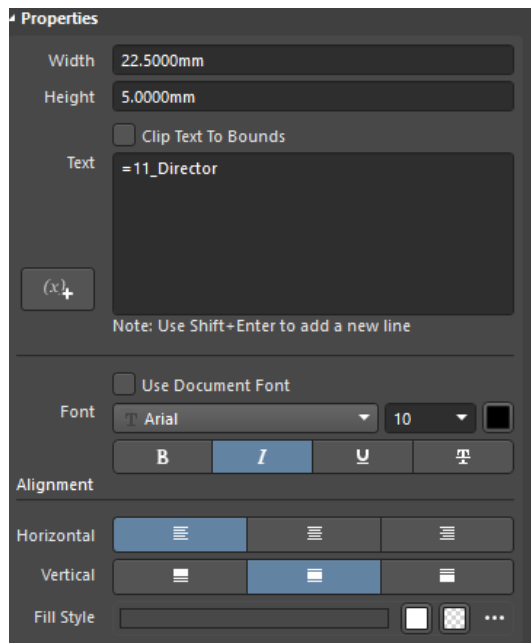
1_DocumentType	Сборочный чертёж
2_DocumentPerv	{АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ}
11_DirectorType	Нач. отд.
11_Director	

В основной надписи в строке «Сборочный чертеж» заменить текст на =1\_DocumentType. Вообще, в Altium Designer последних версий, при заполнении текстовых полей можно по кнопке  вызвать все видимые текущему документу параметры (определенные на уровне всего проекта, системные, из печатной платы или определенные только в текущем документе), чтобы легко их подставлять.



Добавим надпись (Place – Text) с текстом =11\_DirectorType. По углам выровняем ее так, чтобы она была аналогична строкам сверху и снизу. Шрифт выставим Arial, наклонный, черный, 12пт, выравнивание слева-центр.

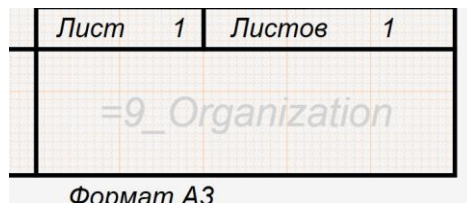




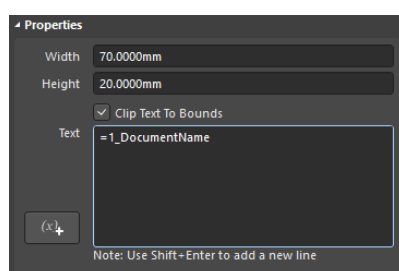
Аналогично разместим строку с текстом =11\_Director, только с шрифтом размером 10.

Изм.	Лист	№ докум.	/
Разраб.	=11_DevelopedBy		
Проверил	=11_CheckedBy		
Т. контр.	=11_Tcontroller		
Нач. отд.	=11_Director		
Н. контр.	=11_Ncontroller		
Утв.	=11_ApprovedBy		

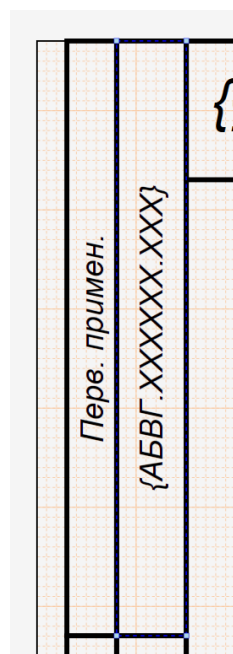
Еще одну строку с текстом =9\_Organization разместим в нижнем правом поле в основной надписи. Шрифт Arial, наклонный, черный, 18пт, выравнивание центр-центр.



В основной надписи у строки с текстом =1\_DocumentName поставить галку «Clip Text To Bounds», чтобы работал перенос в пределах поля.



В левом верхнем углу чертежа, в поле под строкой «Перв. примен.» разместим строку с текстом = \_DocumentPerv, повернутую на 90° (Rotation, можно при размещении пробелом). Шрифт Arial, наклонный, черный, 12пт, выравнивание центр-центр.



Над основной надписью удалить графику и поле «Индекс заказчика». В результате основная надпись должна выглядеть как показано ниже.

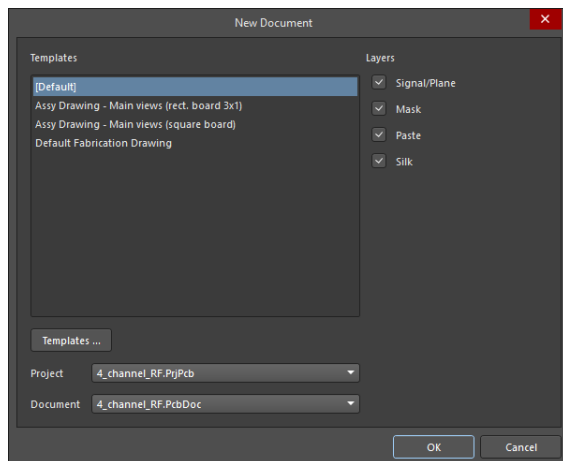
					{АБВГ.ХХХХХХ.ХХХСБ}				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	=1: DocumentName		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		=1: DeveloperB			=4: TitleA			=5: MassA	1:1
Проверил		=1: CheckerB			Сборочный чертёж		Лист	1	Листов
Т. контр.		=1: Controller							1
Нач. отд.		=1: Chief					=9: Organization		
Н. контр.		=1: ApproverB							
Уме.		=1: ApprovedB							
Копировал					1	Формат А3			

Те же изменения надо провести в шаблоне GOST A4 Sheet1.DwsDot. Сохранённые шаблоны мы будем использовать для наших чертежей.

Обновленные шаблоны Draftsman лежат в репозитории в папке altium-draftsman-templates [6].

### Создание сборочного чертежа на печатный узел (МПСУ.464214.001СБ)

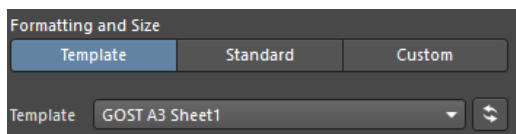
Документ Draftsman хранится в составе проекта печатной платы PrjPcb, создание проходит по File – New – Draftsman Document. При создании спросят, в состав какого проекта его внести и какая печатная плата будет источником данных.



Сразу сохраним его как МПСУ.464214.001СБ.PCBDwf.

Документ Draftsman может быть многолистовым документом, добавление листов по ПКМ – Add Sheet.

Чтобы задать шаблон, надо в свойствах документа (панель Properties при не выбранных объектах) на вкладке Page Options в области Formatting and Size переключить на режим Template и выбрать подходящий. Мы ранее подправили исходные шаблоны, поэтому по кнопке Source [...] загрузим GOST A3 Sheet1.DwsDot из нашей папки правленных шаблонов.



Для второго и последующих листов будем использовать шаблон GOST A3 Sheet2.

Также поддерживается сквозное указание зон на чертеже через задание числа зон на вкладке Margins & Zones.

Параметры (из всех, которые там уже есть) заполним в соответствии с таблицей.

Имя параметра	Значение
1_DocumentName	Плата ВЧ
1_DocumentType	Сборочный чертёж
2_DocumentNumber	МПСУ.464214.001СБ
2_DocumentPerv	МПСУ.464214.001
4_LiterA	У
9_Organization	МИЭТ
11_DevelopedBy	Иванов
11_CheckedBy	Приходько

В результате основная надпись должна выглядеть приблизительно так:

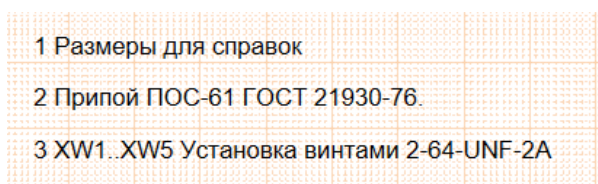
					МПСУ.464214.001СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов				У	-5 Масса	1:1
Проверил	Приходько						
Т. контр.	И.И. Приходько				Лист	1	Листов 2
Нач. отд.	И.И. Director				МИЭТ		
Н. контр.	И.И. Приходько						
Утв.	И.И. Приходько						
Копировал					1		
					Формат А3		

Настройка параметров закончена, можно переходить собственно к чертежу.

По Place – Annotations – Note подготовим список технических требований, на которые будем ссылаться в выносках.

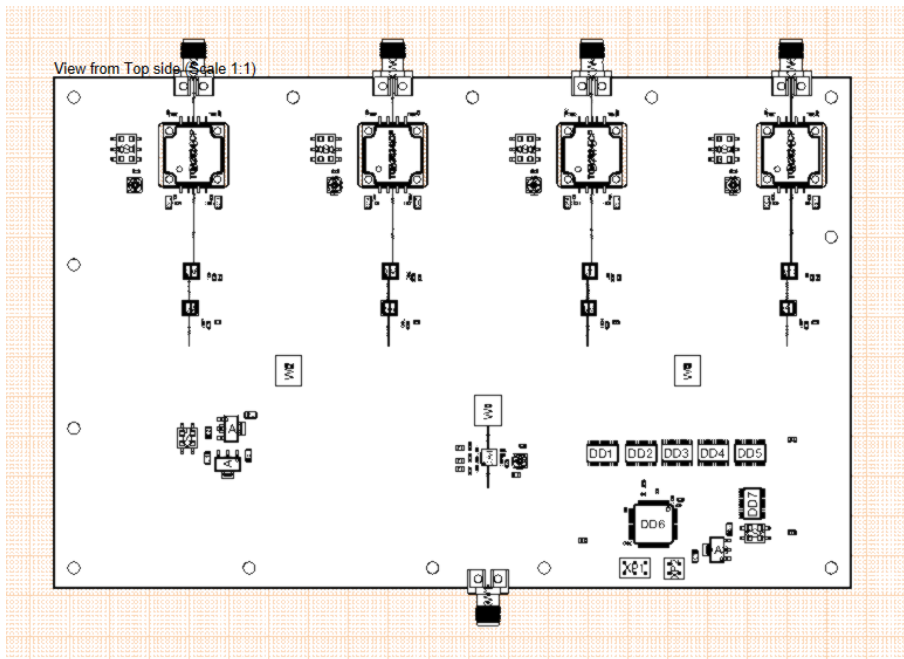
Технические требования пишутся строго над штампом первого листа, если там места не хватит до самого верха, то разрешается продолжить левее, но все равно на первом листе.

Отключим видимость подписи списку технических требований (скрыть Title) и сделаем три записи. В записях уберем точку в нумерации (очистить поле Number format в группе Selected Element) и символы (в списке Border = None в группе Selected Element). Первая запись обычно идет о том применении размеров. В нашей плате при ее сборке все делается из стандартных или заранее изготовленных изделий, поэтому применение размеров для справок – строка «Размеры для справок». Следующая запись будет про используемый припой, например «Припой ПОС-61 ГОСТ 21930-76», третья как крепить прижимные ВЧ-разъемы «XW1..XW5 Установка винтами 2-64-UNF-2A».

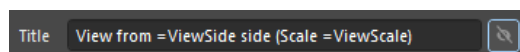


Далее перейдем к чертежу.

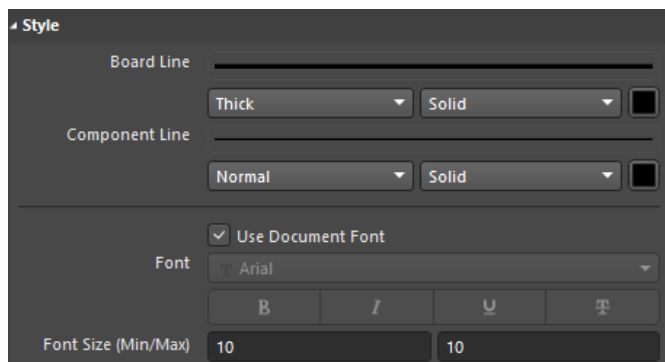
Установим сборочный вид по команде Place – Board Assembly View.



Он пока не выглядит не очень, его надо поднастроить. Выбираем его и в панели Properties в группе Title снимаем видимость подписи.

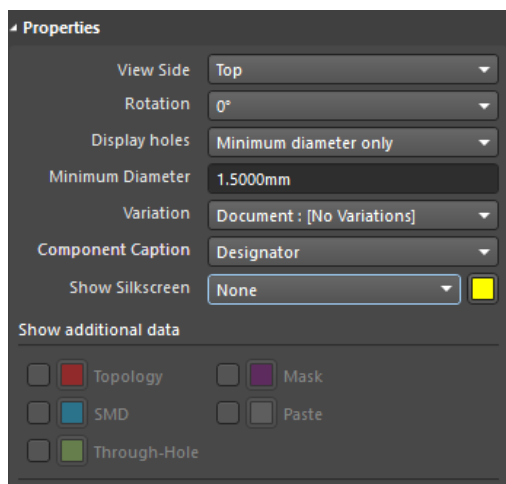


В группе Style установим размер шрифта для позиционных обозначений 10пт (Min/Max).

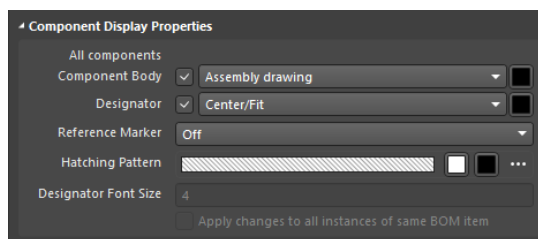


В группе Properties указываем, что это вид сверху (View side = Top), без поворота (Rotation = 0°), отображение отверстий только диаметром больше 1,5мм (Display holes = Minimum diameter only, Minimum Diameter = 1.5mm), в

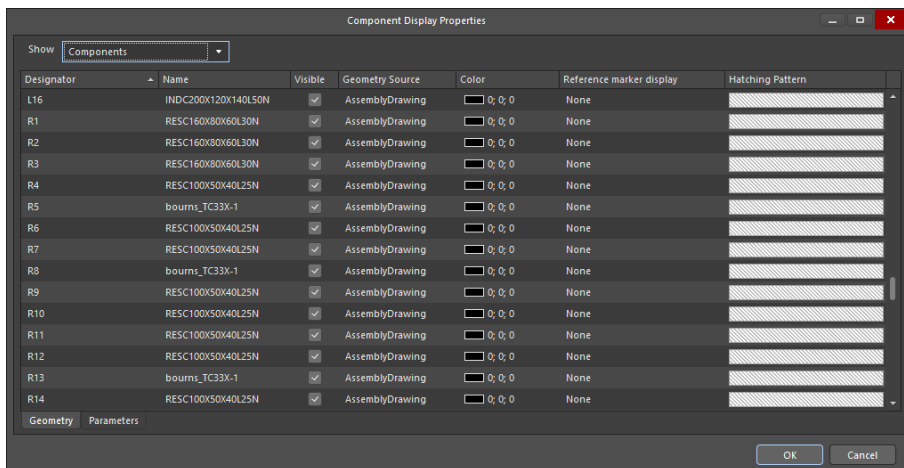
качестве подписи компонентов – позиционное обозначение (Component Caption = Designator), без отображения слоев шелкографии, металлизации, паяльной маски или пасты и пр (сняты галки Show additional data и поле Show Silkscreen = None).



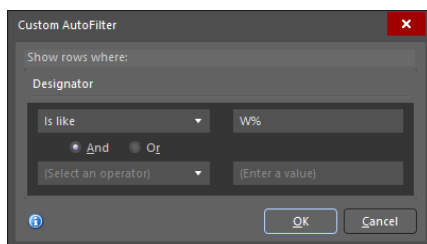
В группе Component Display Properties установим, что компоненты рисуются по графике корпуса (Component Body = Assemble drawings), положение позиционного обозначения по умолчанию в центре компонента (Designator = Center/Fit), дополнительного обозначения ориентации компонентов не надо (Reference Marker = Off).



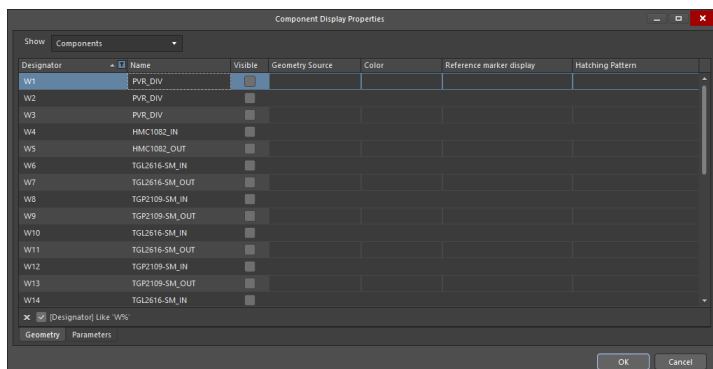
Надо убрать отображение полосковых компонентов. По кнопке Components в группе Properties вызывается окно настройки отображения индивидуальных компонентов Component Display Properties.



Включаем группировку по компонентам (список Show = Components). В нашем проекте все полосковые компоненты имеют префикс позиционного обозначения W. В столбце Designator можно ввести фильтр W%



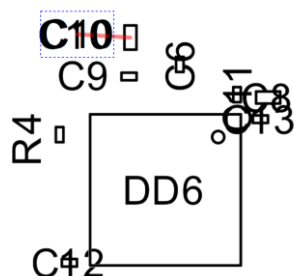
После чего всем полосковым компонентам снять галочку Visible



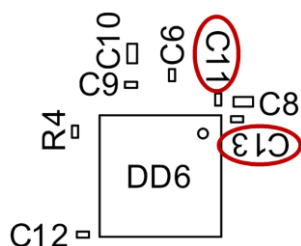
Закрываем окно и для некоторых компонентов сооптимизируем расположение позиционных обозначений, так, чтобы не было нечитаемой



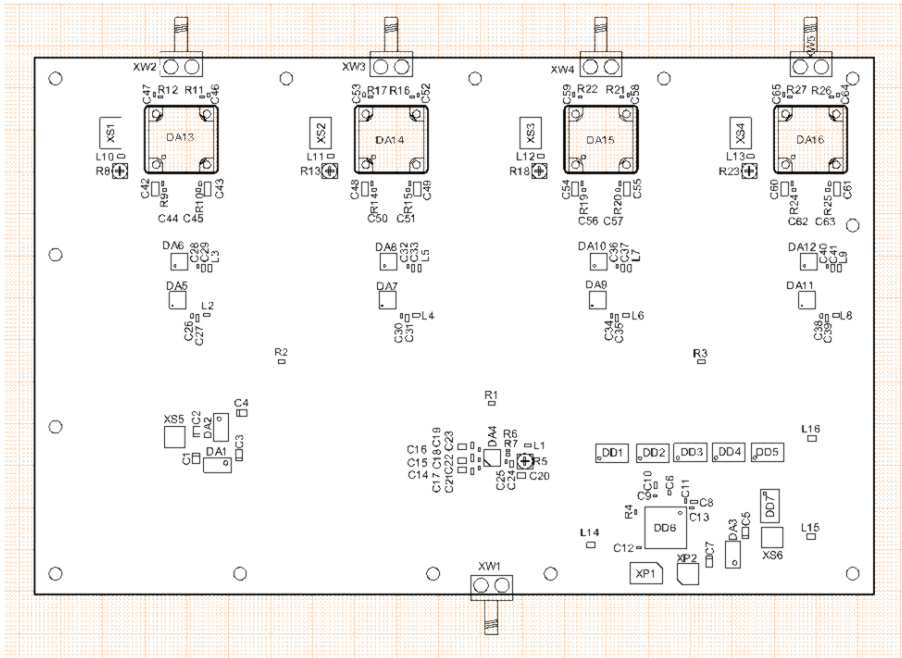
каши. Зажимая CTRL можно переместить расположение позиционных обозначений в пределах сборочного вида. По нажатию на пробел можно повернуть строку. При перетаскивании красной линией отмечается, какому компоненту принадлежит текущая строка.



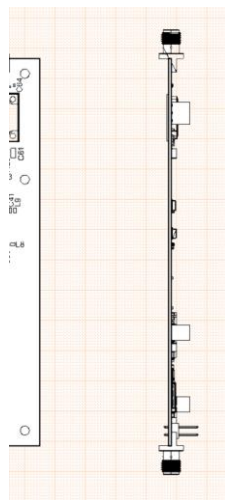
При расположении позиционных обозначений надо следить, чтобы они были ориентированы максимум по двум направлениям, обычно это без поворота и 90 градусов против часовой стрелки. На рисунке красным обведено, так как делать не надо.



После окончательного размещения позиционных обозначений сборочный вид должен выглядеть приблизительно так.

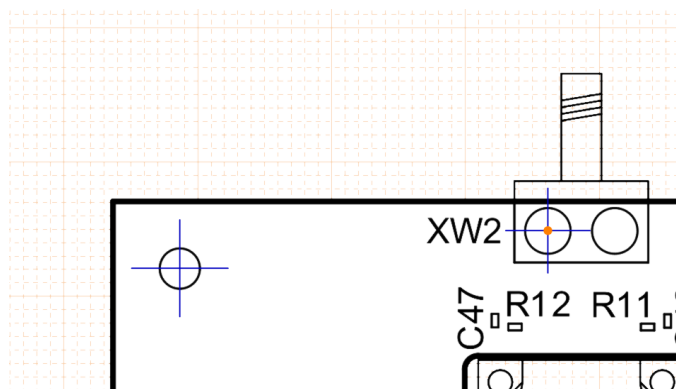


Справа от основного сборочного вида добавим вид сбоку (View Side = Left). Отображение подписи отключим.



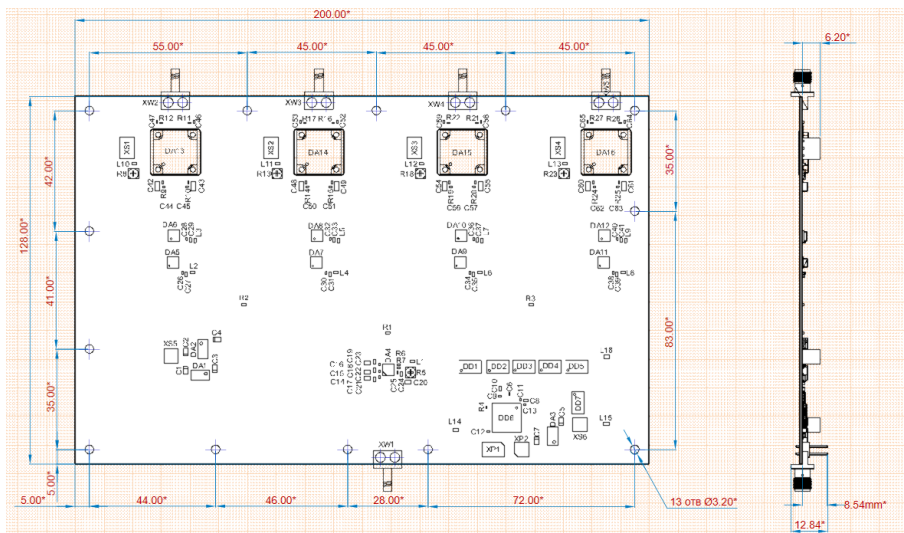
Далее проставим габаритные размеры, метки центров отверстий, размеры между основными отверстиями и диаметр монтажных отверстий.

Метки центров ставятся по Place – Annotations – Center Marks. При установке появляется яркая точка, показывающая к какому отверстию сейчас ставится метка центра.



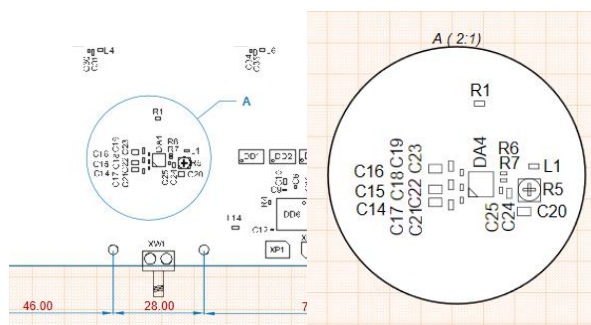
Линейный размер ставится по Place – Linear Dimension. У размеров сделаем так, чтобы значение было над линией (в группе Properties в Text Position = Outside Aligned) и скроем отображение единиц (в группе Units скрыть Primary Units). Также, все приведенные размеры являются справочными, добавим им суффикс «\*» (Suffix = \*)

Диаметр монтажного отверстия поставим с помощью Place – Diametral Dimension, расположение текста в группе Properties в списке Text position = On Top of Elbow, отключим отображение единиц (в группе Units скрыть Primary Units), и допишем, что таких отверстий 13 - в группе Value в поле Prefix перед обозначением диаметра добавим строку «13 отв Ø». Эти размеры также являются справочными, т.е. им надо установить суффикс «\*»



У нас в области предусилителя (DA4) и его обвязки получилось довольно плотное расположение компонентов. Сделаем выносной вид этой области. По Place – Additional View – Board Detail View разместим выносной вид. Сначала окружностью отметится область для выноски, затем где разместить вид. Если на основном виде область размещена неудачно, то прижатом CTRL ее можно подправить.

В свойствах вынесенного вида укажем, что он с масштабом 2:1 (группа Scale в списке Scale = 2:1) и заменим подпись (в группе Title в поле Title «=ViewLabel (=ViewScale)»).



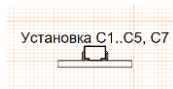
Теперь на втором листе надо разместить виды установки компонентов. Здесь нет автоматической группировки по типу посадочного места, придется вернуться в плату. Или воспользуемся временной дополнительной таблицей (Place – Bill of Materials). В ней включим отображение столбца Footprint и

отключим Description (на вкладке Columns). Также включим режим отображение – консолидированный (вкладка General в группе Properties в списке View Mode = Consolidated).

Bill Of Materials			
Line #	Designator	Quantity	Footprint
5	C1..C5, C7	6	CAPPM320X160X180L80X120N
9	C10	1	CAPC160X80X90L30N
8	C14..C16, C20	4	CAPC200X125X95L50N
7	C17..C19, C24, C27, C28, C31, C33, C35, C37, C39, C41	12	CAPC160X80X90L30N
6	C21..C23, C25, C26, C28, C30, C32, C34, C36, C38, C40	12	CAPC100X50X55L20N
3	C6, C11..C13, C44, C45, C50, C51, C56, C57, C62, C63	12	CAPC100X50X55L20N
4	C8	1	CAPC160X80X90L30N
2	C9, C46, C47, C52, C53, C58, C59, C64, C65	9	CAPC100X50X55L20N
10	C42, C43, C48, C49, C54, C55, C60, C61	8	CAPC320X160X180L20N
	DA1..DA3	3	SOT223-4P230_700X180L92X74N
15	DA13..DA16	4	TGA2624-CP
12	DA4	1	QFN25P50_400X400X100L40X24T280N
16	DA5, DA7, DA9, DA11	4	TGL2616-SM
17	DA6, DA8, DA10, DA12	4	TGP2109-SM
11	DD1..DD5, DD7	6	SOP24P65_780X640X110L50X24N
	DD6	1	QFP64P50_1200X1200X160L60X19N
19	L1..L13	13	INDC160X80X100L30N
18	L14..L16	3	INDC200X120X140L50N
21	R1..R3	3	RESC160X80X60L30N
22	R4	1	RESC100X50X40L25N
22	R5, R8, R13, R18, R23	5	ourns_TC33X-1
23	R6, R7	2	RESC100X50X40L25N
20	R9..R12, R14..R17, R19..R22, R24..R27	16	RESC100X50X40L25N
25	XP1	1	HDRV6W64P254_3X2_762X508H884
24	XP2	1	HDRV4W64P254_2X2_508X508H884
27	XS1..XS4	4	TE 969973-3 BACK
26	XS5, XS6	2	TE 969973-2 BACK
28	XW1..XW5	5	HGM(G)-300-467B-1

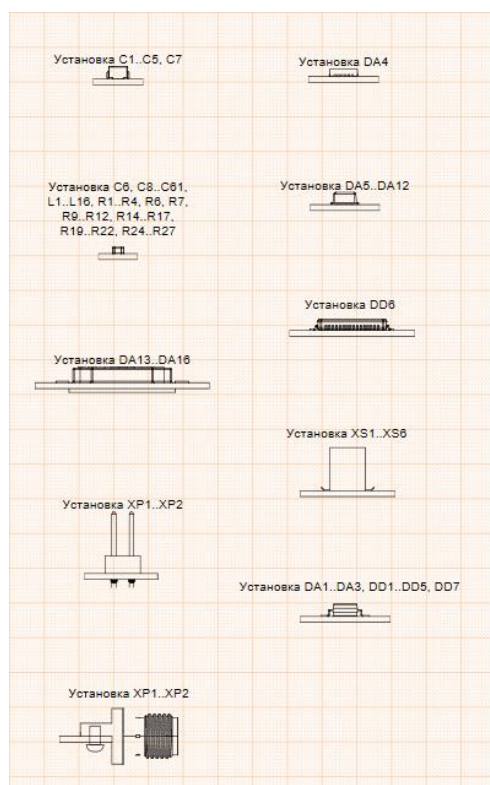
У нас теперь есть список компонентов с их посадочным местом. Компоненты с разными типоразмерами, но устанавливаемые одинаковым способом тоже можно объединить на установочном виде (например, CAPC100X50 и RESC100X50).

Установим установочный вид компонента C1 по Place – Additional View – Component View. Установим ему нормальный масштаб (в группе Scale параметр Scale=2:1), заменим подпись на «Установка C1..C5, C7» (Строка Title в группе Title) и отцентрируем ее (в группе Title в списке Location = Center-Above). Если изображение плоскости платы слишком длинное по отношению к компоненту, то его можно подправить в параметре Distance To Board Edge в группе Style.

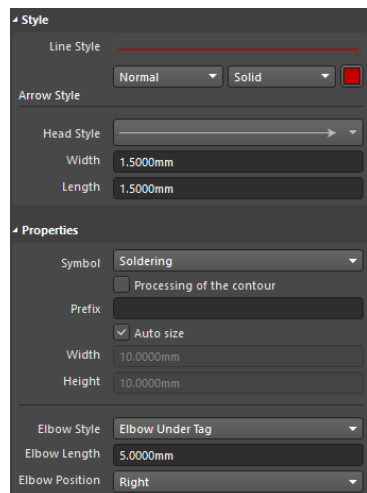


Аналогично проставим остальные компоненты. Если строка подписи получается слишком широкой и не входит в одну строку, то выполним

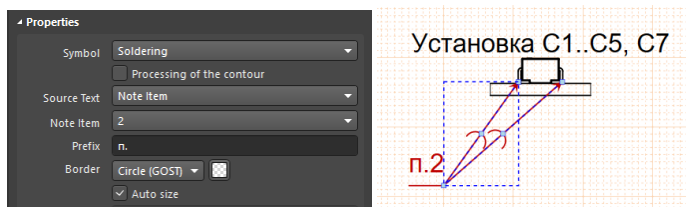
подпись с помощью отдельной строки Place – Text, а собственно подпись спрячем. Если вид получается не вдоль длинной стороны компонента, то ему можно заменить вид в списке View Side в группе Properties.



Далее на установочные виды нанесем обозначения пайки. Чтобы каждый раз не задавать кучу параметров, установим часть из них по умолчанию. В настройках Altium Designer Preferences – Draftsman – Defaults для объекта Callout (выноска) установим на конце линии стрелку (Head Style – Arrow, размером 1,5мм/1,5мм), символ на выноске – пайка (Symbol = Soldering), без пайки по контуру (снята галка Processing of the contour), расположение текста над полкой выноски (Elbow Style = Elbow Under Tag).



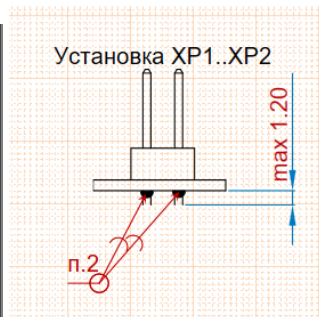
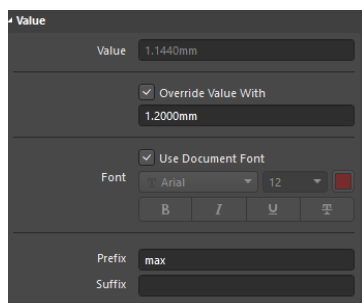
По Place – Annotation – Callout зададим выноску. По ПКМ – Add Source можно добавить еще одну линию в другую часть установочного вида. В группе Properties заменим источник выноски на пункт из технических требований. Для этого в группе Properties в списке Source Text = Note Item, далее в списке Note Item выбрать соответствующую запись из технических требований про припой (2) и в поле Prefix дописать «п.».



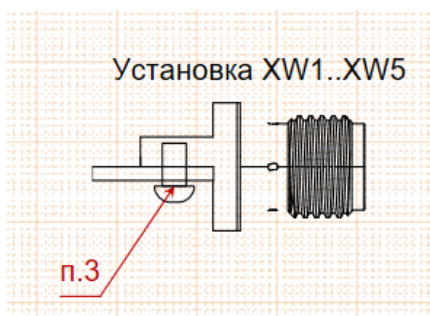
Далее надо выбрать вторую запись (обозначена как «?») и ей тоже указать источник 2 из технических требований 2. Метки объединятся.

Повторить для всех остальных паянных установочных видов. При этом, у штыревых разъемов XP1..XP2 пайка будет идти по контуру, им надо установить галку Processing of the contour, в основании выноски появится окружность. С помощью заливки полигона отметить расположение припоя. Также, для таких паянных соединений указывают исполнительные размеры, в данном случае, на сколько может вниз от платы торчать запаянный вывод. Сделаем max 1,2, переопределим значение через поле Override Value With = 1.2 и добавим префикс max.

**Commented [АЖ1]:** А еще надо размер указать, на сколько выводы торчат из мест пайки, может их откусывать надо, к стати такой размер будет исполнительным и для него должна быть указана точность, а вот размеры определяющие расположение отверстий – они для справок. В ТТ это должно быть оговорено

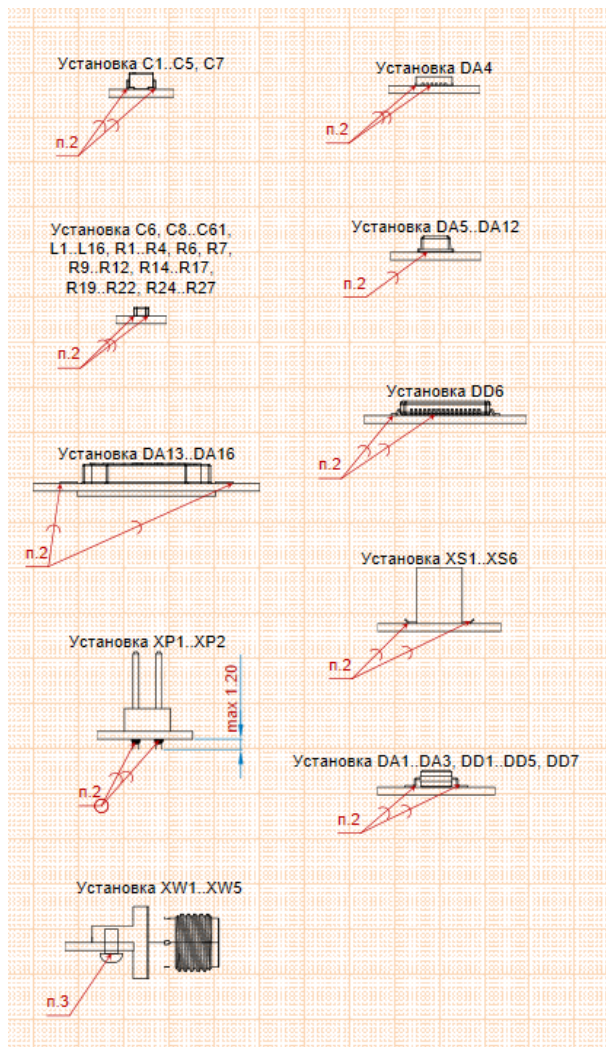


Для ВЧ-разъемов, которые устанавливаются прижимными винтами, укажем источником 3 из технических требований и снимем метку пайки (в группе Properties в списке Symbol=None). Также дорисуем схематичное обозначение винта.



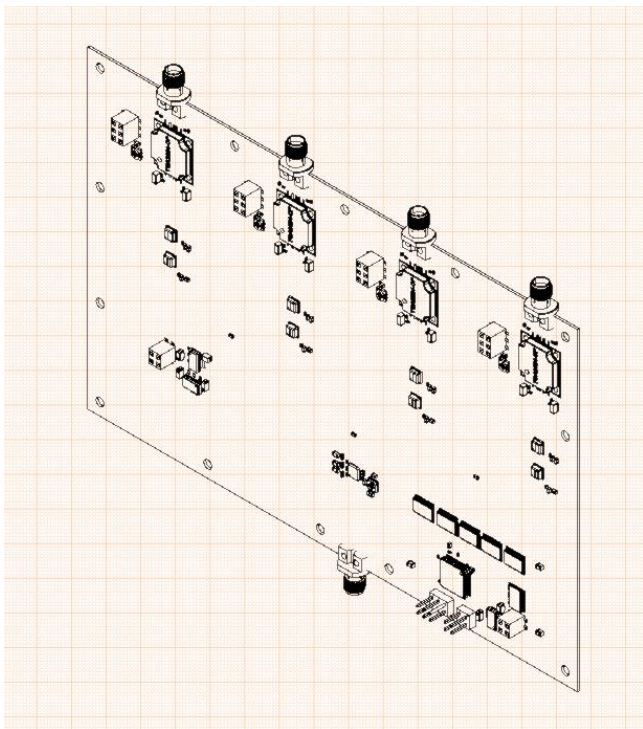
Общий вид группы установочных видов должен выглядеть приблизительно следующим образом.





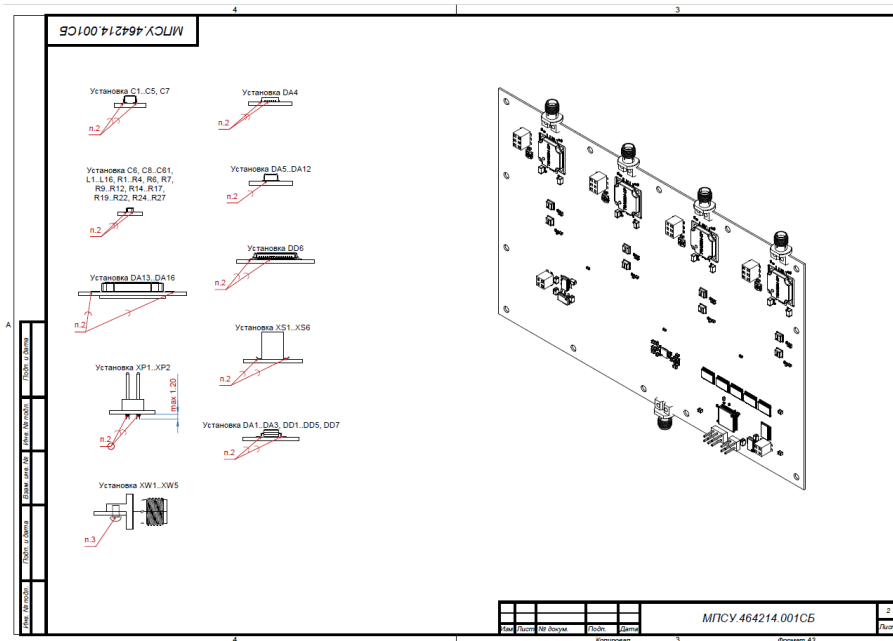
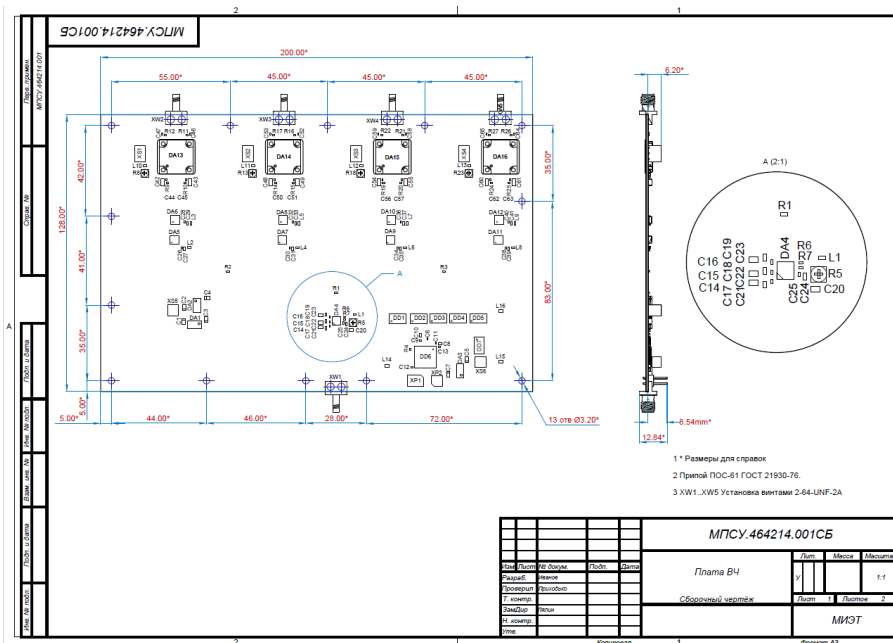
Дополнительно добавим изометрический вид. Он вообще говоря не очень нужен, но позволяет улучшить представление о всей плате, особенно если присутствуют различные механические составляющие (крепеж, радиаторы, рамка и пр.).

Разместим его справа от группы установочных видов по Place – Additional Views – Board Isometric View. У него отключим отображение подписи (скрыть Title).



Ранее добавленная в чертеж таблица компонентов больше не нужна, ее можно удалить.

Сборочный чертеж на печатный узел готов. Он получился на два листа. Его теперь можно экспортировать в pdf по File – Export to PDF.



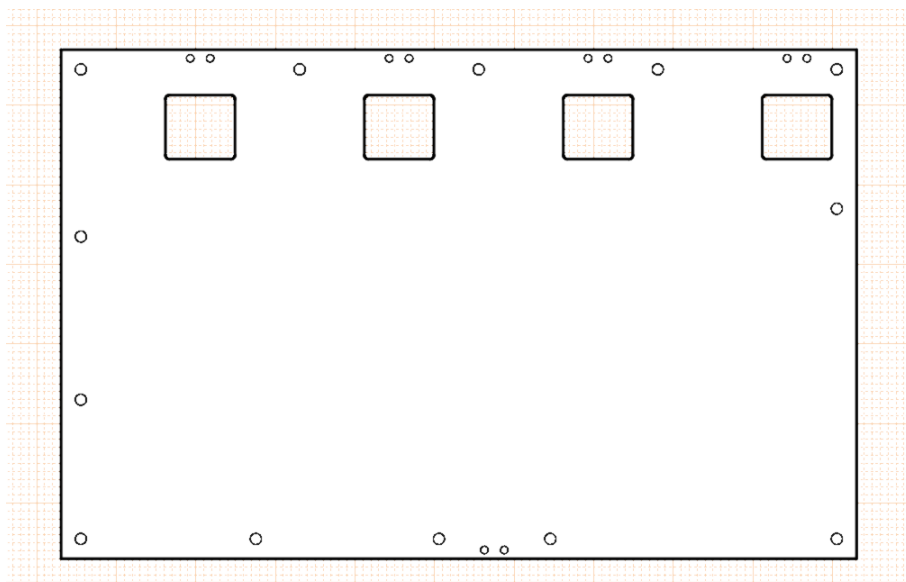
### Создание сборочного чертежа на печатную плату (МПСУ.687254.001СБ)

Создаем новый документ в составе проекта. Сразу сохраним его как МПСУ.687254.001СБ.PCBDwf.

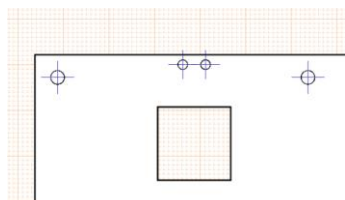
Установим ему формат GOST A3 Sheet 1 из нашей папки правленных шаблонов. Введем параметры чертежа.

<i>Имя параметра</i>	<i>Значение</i>
1_DocumentName	Плата печатная многослойная
1_DocumentType	Сборочный чертёж
2_DocumentNumber	МПСУ.687254.001СБ
2_DocumentPerv	МПСУ.687254.001
4_LiterA	У
9_Organization	МИЭТ
11_DevelopedBy	Иванов
11_CheckedBy	Приходько

На первую страницу вынесем сборочный вид (Assembly View), но отключим ему отображение подписи (скрыть Title из группы Title) и всех компонентов (снять галку Component Body в группе Component Display Properties).



Далее проставим на все отверстия метку центра (Place – Annotations – Center Mark)



Затем создадим технические требования (Note). Сразу добавим три пункта:

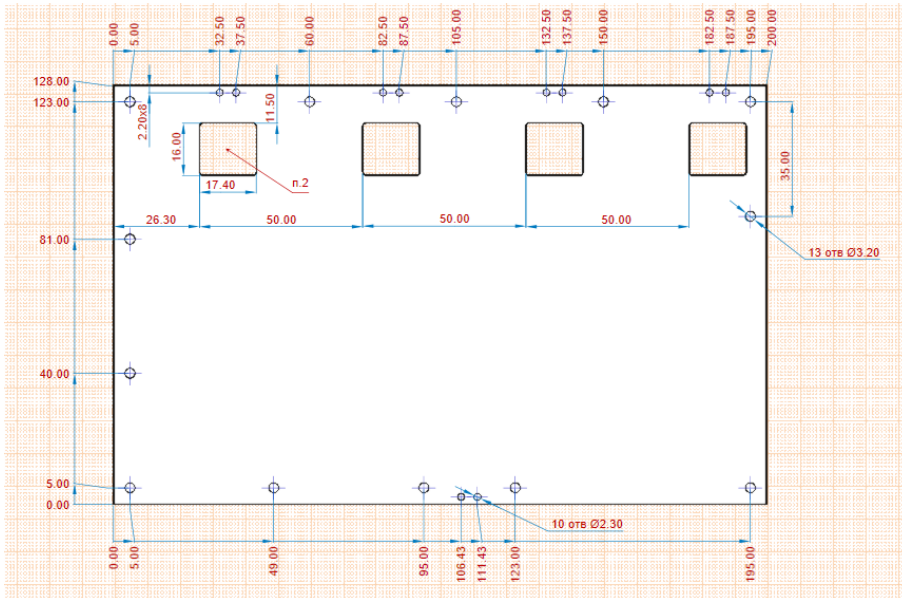
1. Размеры для справок
2. Четыре выреза 17.4x16 со скруглением R 1мм
3. Проводящий рисунок на плате выполнить в соответствии с данными проектирования МПСУ.687254.001Д1 и данными конструкции МПСУ.687254.001Т5М

В данном чертеже все данные для справок, радиус скруглений вырезов будет 1мм, и ссылки на документы данных конструкции и данных проектирования (на печатную плату, а не печатный узел!).

Далее проставим размеры и положение отверстий. Можно воспользоваться координатными размерами (Place – Ordinate Dimension) вместо большого числа линейных размеров.

Для отверстий проставим размеры диаметра и числа отверстий.

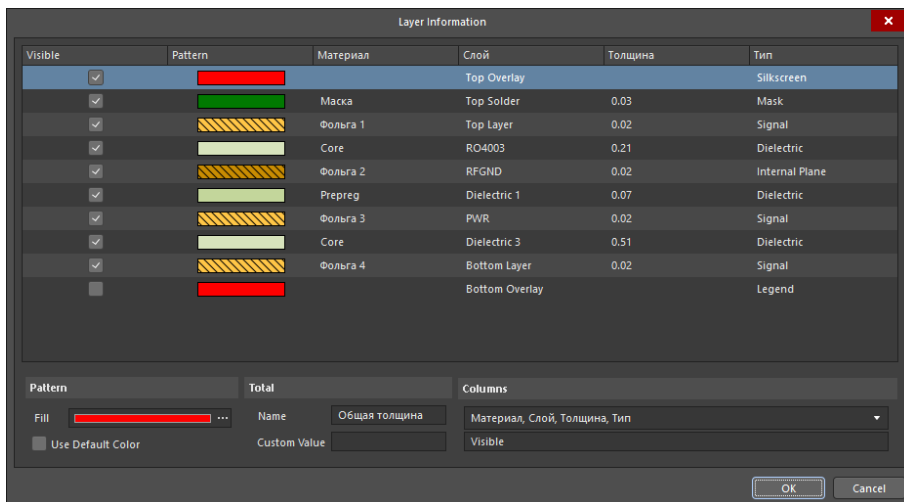
У одного из вырезов поставим выноску с ссылкой на п.1. технических требований.



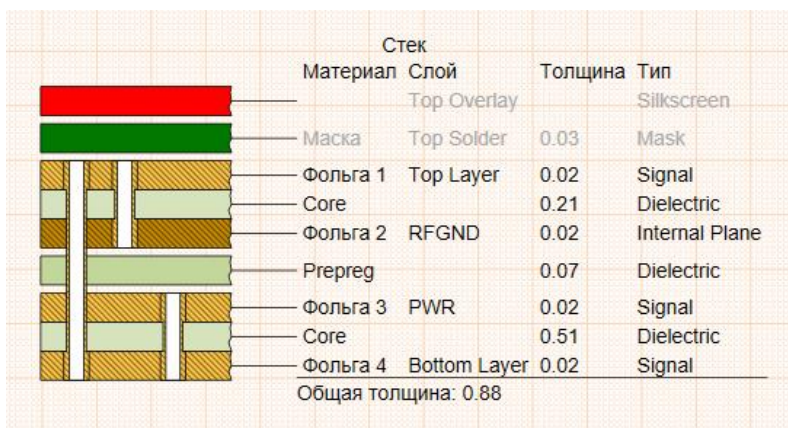
Далее создадим вид стека платы. По Place – Layer Stack Legend добавим стек. Настроим его, чтобы он выглядел более-менее. Заменяем подпись на «Стек», режим рисования стека на выровненный с таблицей (в группе Properties в списке Display Mode = Align Table Rows), включим отображение типов отверстий (галка Show Drill Pairs в группе Properties), включим отображение волнистой линии разреза (галка Draw Break Line в группе Properties), отключим отображение mm (скрыть Primary Units в группе Units).

Далее по кнопке Layer Info зайдём в настройку содержания. Данные для отображения берутся из настроек стека платы (толщины, именования и пр.), изменим только подписи, как показано ниже. Тут есть некоторая особенность Draftsman, за которой надо следить. При проектировании слои RFGND и Top Solder – негативные (где есть рисунок, там нет объектов) и при экспорте герберов эти слои тоже станут негативными. Однако послойное отображение их в Draftsman с помощью Fabrication View будет позитивным.



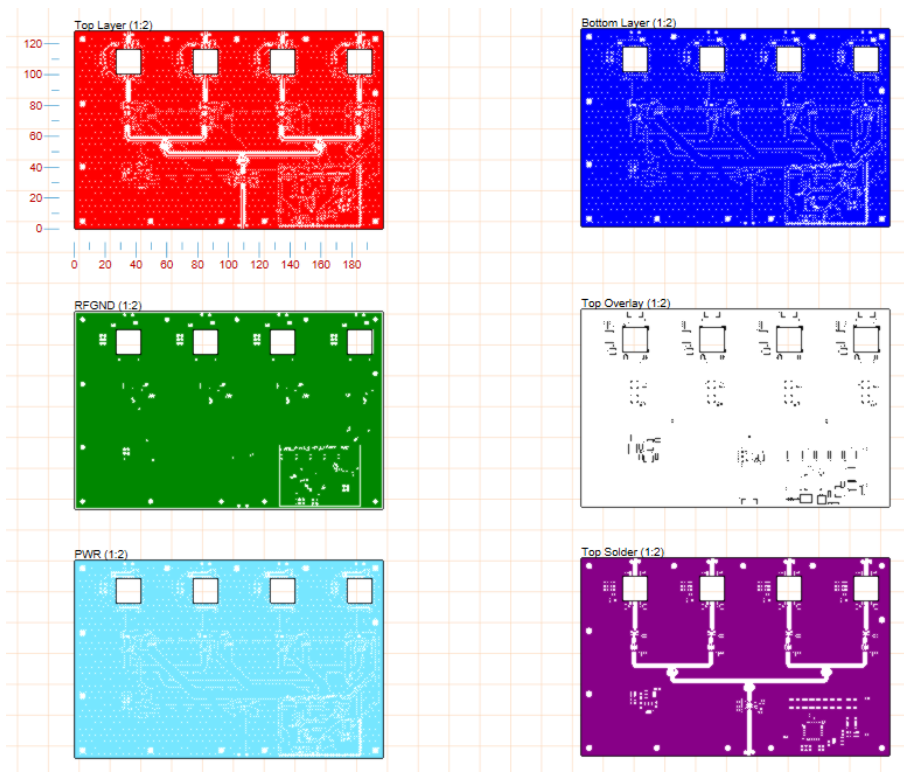


Отображение стека платы должно стать приблизительно как показано ниже.



На втором листе разместим послойно слои металлизации, маски и шелкографии (по Place – Board Fabrication View, затем на вкладке General в группе Properties в списке Layer указывать нужный слой). Все их приведем в масштабе 1:2. Для большинства слоев достаточно оставить цвета по умолчанию, но если его надо изменить (например, желтый цвет у шелкографии на фоне документа не виден), то перейдя на вкладку Layers можно заменить цвет.

Также, для первого слоя металлизации добавим линейки по X и по Y (Place – X, Y Scale).

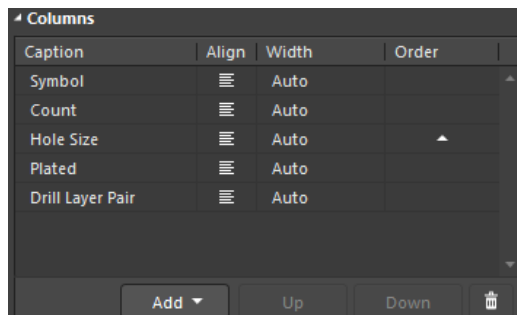


На третьем листе приведем карту сверловки и таблицу отверстий. Карту сверловки разместим по Place – Additional Views – Drill Drawing View, таблицу по Place – Drill Table.

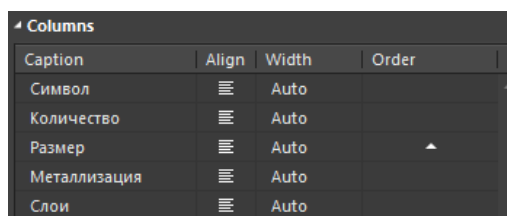
В карте сверловки заменим подпись на «Карта сверловки» и проследим, что отображаются все отверстия (в группе Properties в списке Layer Pairs = All Layers). Таблица отверстий и карта сверловки связаны между собой, поэтому символы будем настраивать в таблице отверстий.

В таблице отверстий заменим подпись на «Таблица отверстий», выставим толщину линий таблицы в нормальную (в группе Properties стиль Border Line Style = Thick, Solid, черный), цвета ячеек белые (в группе Properties цвета Even Row Color и Non-Even Row Color белые). В группе Columns отредактируем состав полей, так чтобы остались «Symbol», «Count», «Hole Size», «Plated», «Drill Layer Pair».

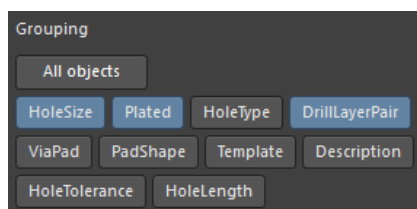




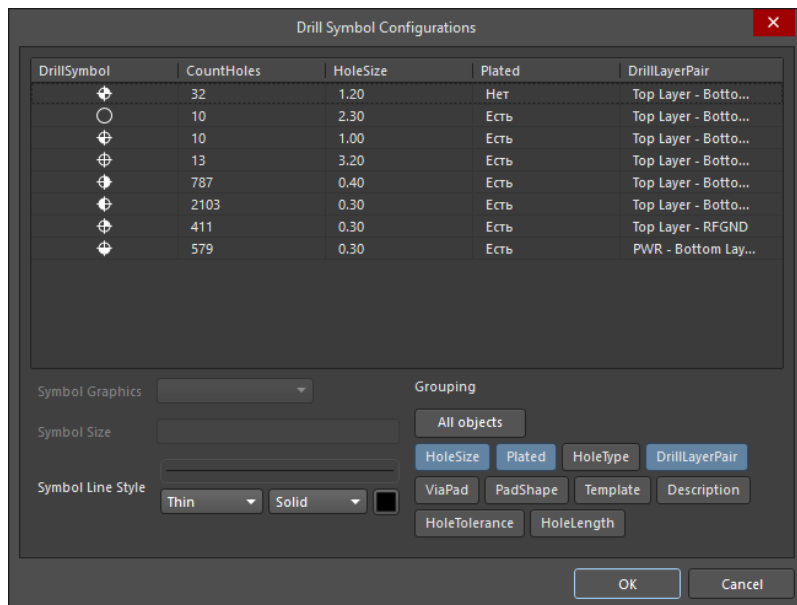
Затем, в этом же окне переименуем имена полей на «Символ», «Количество», «Размер», «Металлизация», «Слои» и включим сортировку по возрастанию размера (щелкнув в столбце Order напротив «Размер»).



Далее по кнопке Drill Symbols зайдем в настройку отображения отверстий. У нас в проекте нет экзотических или слотовых отверстий, оставим группировку по размеру, наличию металлизации и диапазону слоев (подсвечиваемые в группе Grouping).



После этого в окне пройдет группировка типов отверстий и выбрав строку, ей можно в списке Symbol Graphics настроить стиль обозначения. Сделаем, как показано ниже.



В результате карта сверловки и таблица отверстий должны выглядеть приблизительно, как показано на рисунке.

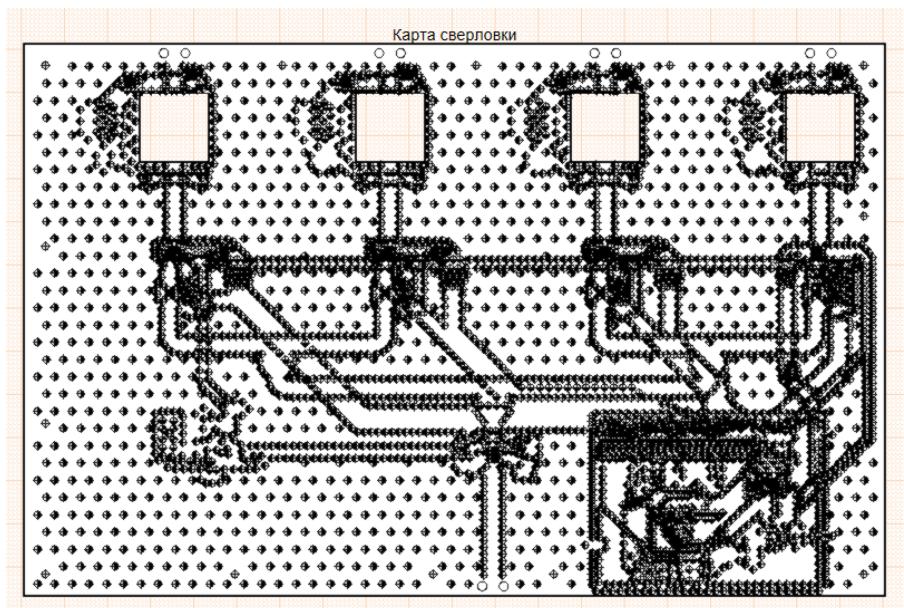
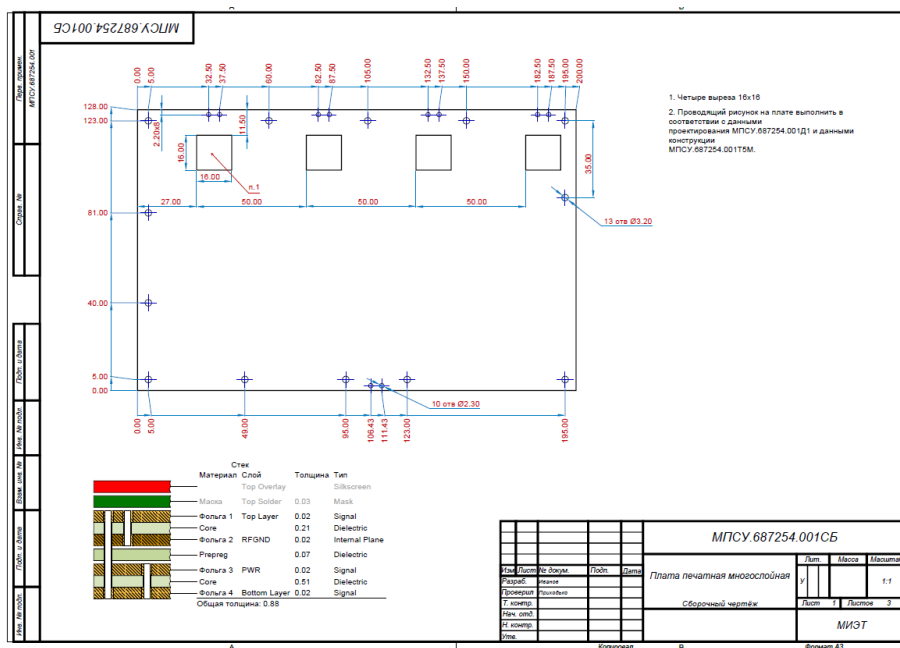
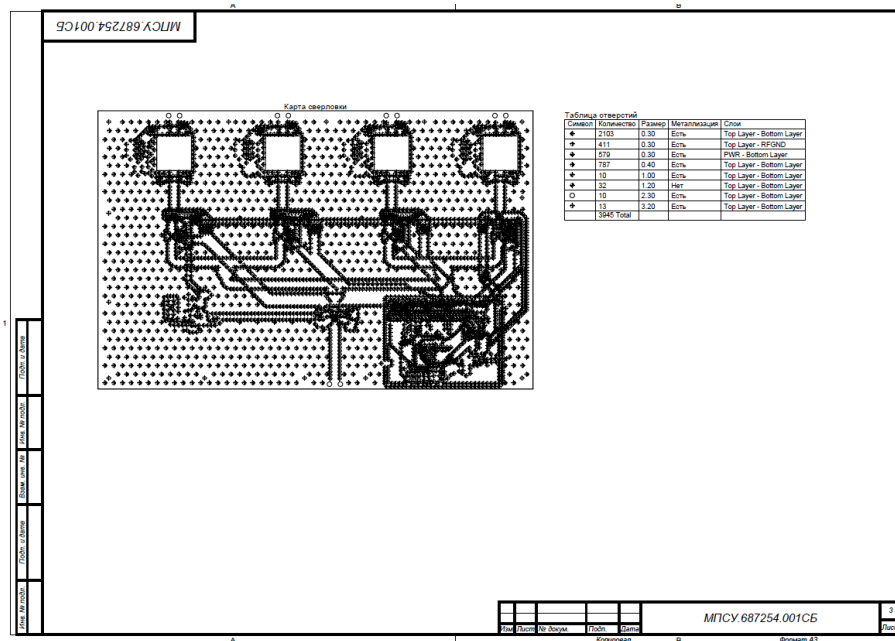
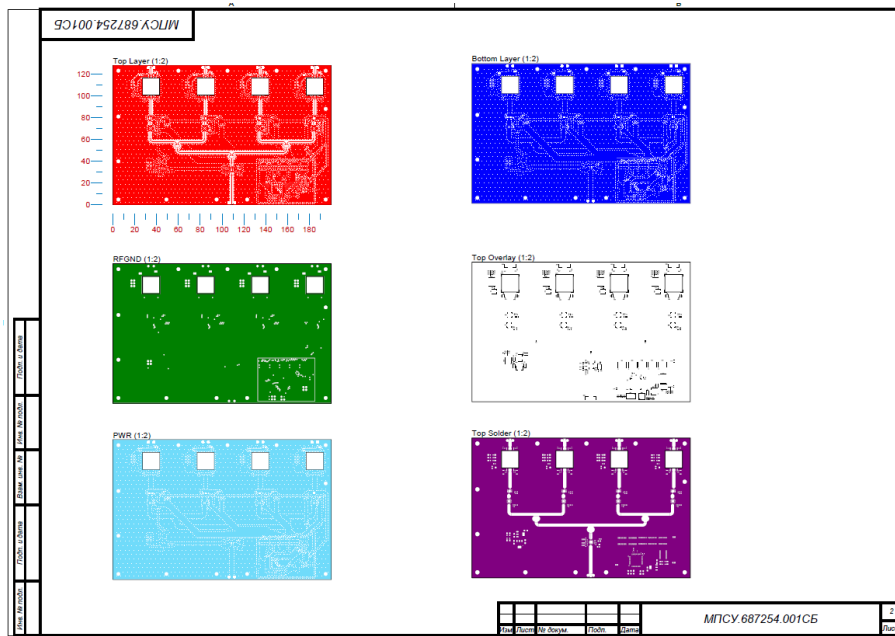


Таблица отверстий

Символ	Количество	Размер	Металлизация	Слой
⊕	2103	0.30	Есть	Top Layer - Bottom Layer
⊕	411	0.30	Есть	Top Layer - RFGND
⊕	579	0.30	Есть	PWR - Bottom Layer
⊕	787	0.40	Есть	Top Layer - Bottom Layer
⊕	10	1.00	Есть	Top Layer - Bottom Layer
⊕	32	1.20	Нет	Top Layer - Bottom Layer
○	10	2.30	Есть	Top Layer - Bottom Layer
⊕	13	3.20	Есть	Top Layer - Bottom Layer
	3945 Total			

Сборочный чертеж на многослойную печатную плату готов, его можно экспортировать в pdf по File – Export to PDF.



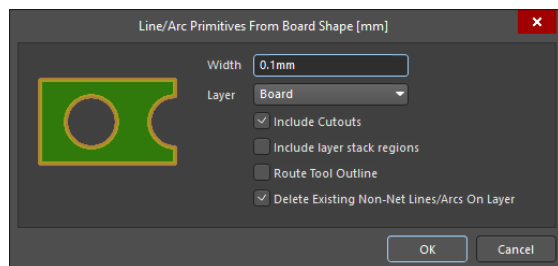


### Создание данных конструкции на печатную плату (МПСУ.687254.001Т5М)

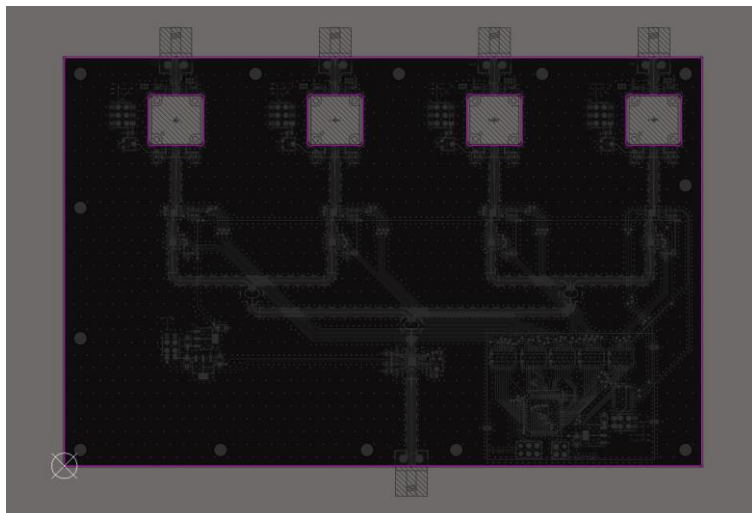
Как уже было сказано ранее, данные конструкции представляют собой архив гербер-файлов. Вообще, для любого предприятия, занимающегося производством печатных плат, именно набор гербер-файлов является необходимыми файлами для производства печатной платы.

Покажем один из вариантов, как сформировать и проверить гербер-файлы в Altium Designer. Вообще, состав и настройки экспорта зависят от производства, на котором будет делаться плата. Покажем наиболее общие настройки, подходящие для большинства современных производств.

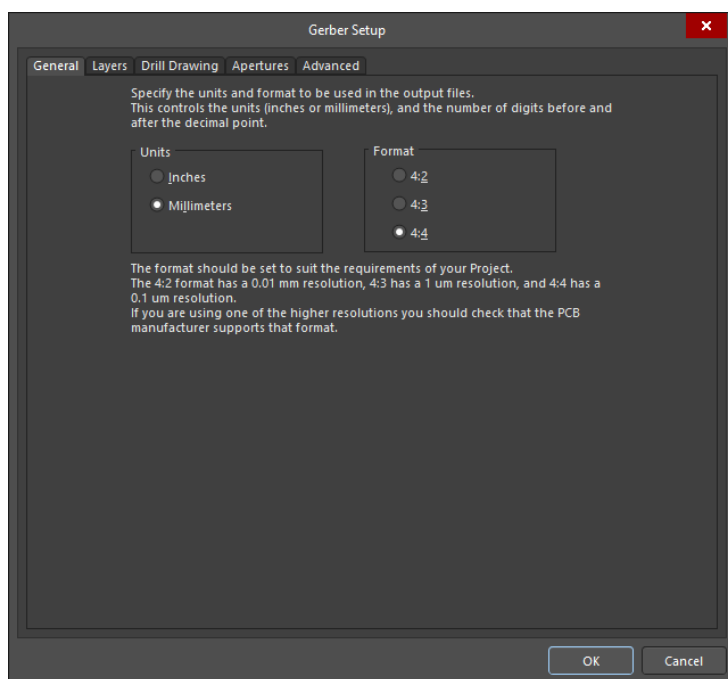
При передаче формировании гербер-файлов по стандарту RS-274X контур платы должен передаваться отдельно. Обычно при проектировании в Altium Designer контур платы принято определять в отдельном механическом слое (в нашей схеме слоев это Mechanical5 типа Board для обычной платы на жестком основании, для гибко-жестких плат все несколько сложнее). Если контур платы определялся в режиме Board Planning Mode или с помощью Board Cutout определены внутренние вырезы, то для них надо в слое Board определить контура. По команде Design – Board Shape – Create Primitives From Board Shape создадим контура толщиной 0,1мм. Галку Route Tool Outline стоит снять, т.к. контур фрезерования определяется уже на производстве исходя из возможностей.



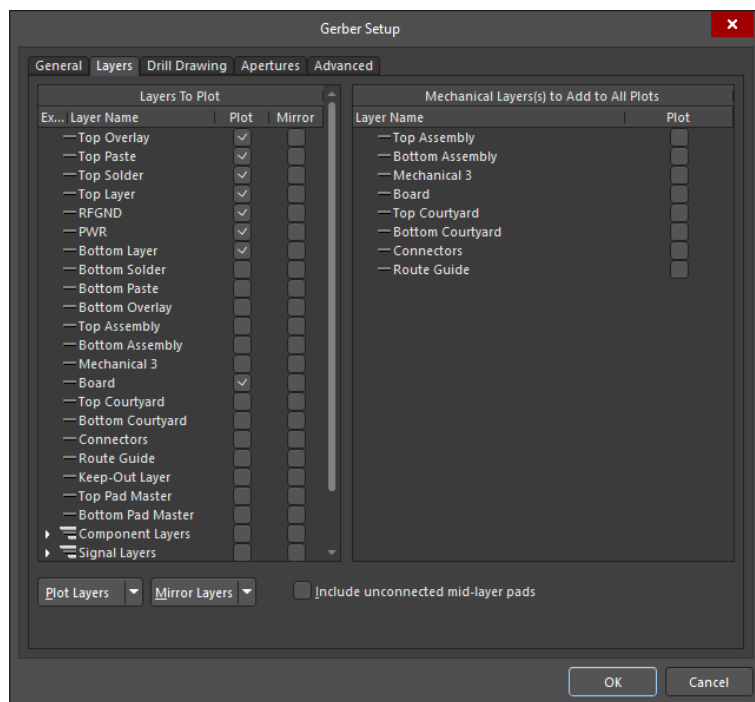
В результате у нас на слое Board появился актуальный контур платы.



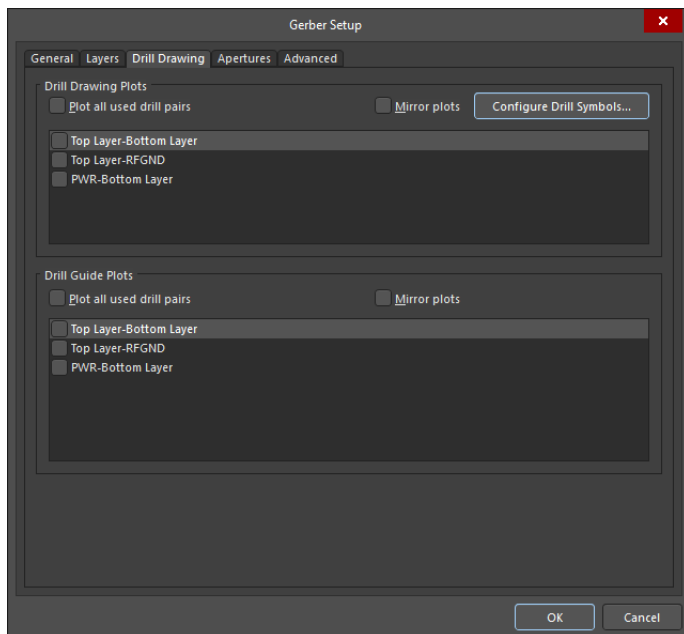
Далее, по File – Fabrication Outputs – Gerber Files запустим мастер формирования гербер-файлов. Откроется окно настроек экспорта Gerber Setup. На вкладке General нужно указать единицы и точность. Укажем мм и формат 4:4 (по четыре знака до и после запятой).



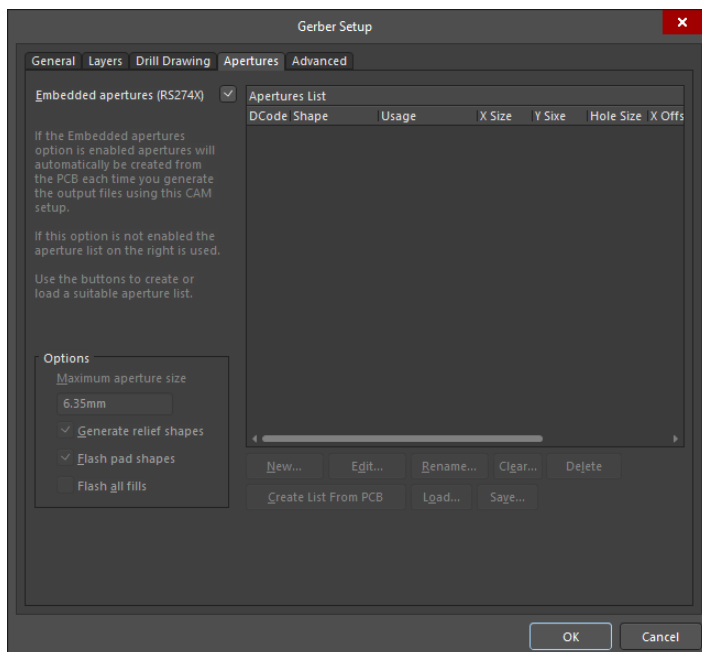
На вкладке Layers нужно указать экспортируемые слои. В нашем случае слои металлизации (Top Layer, RFGND, PWR и Bottom Layer), шелкографию на верхнем слое (Top Overlay), паяльная маска на верхнем слое (Top Solder), паяльная паста на верхнем слое (Top Paste) и контур платы (Board). Ни один из слоев зеркалить не надо.



На вкладке Drill Drawing ничего создавать не надо (это карты сверловки для ручной работы).

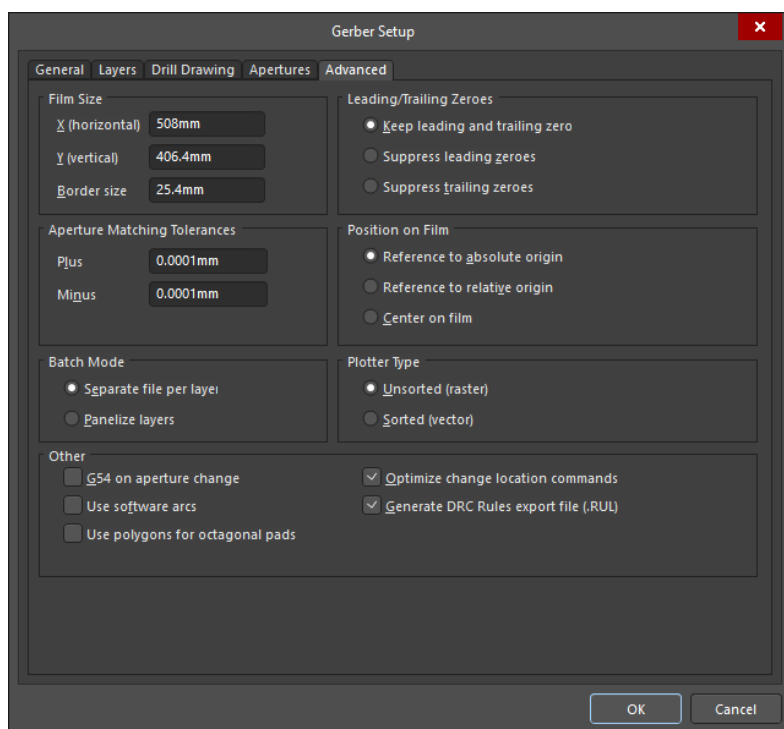


На вкладке Apertures оставить галку Embedded apertures (RS274X), чтобы состав апертур входил в каждый из гербер-файлов.

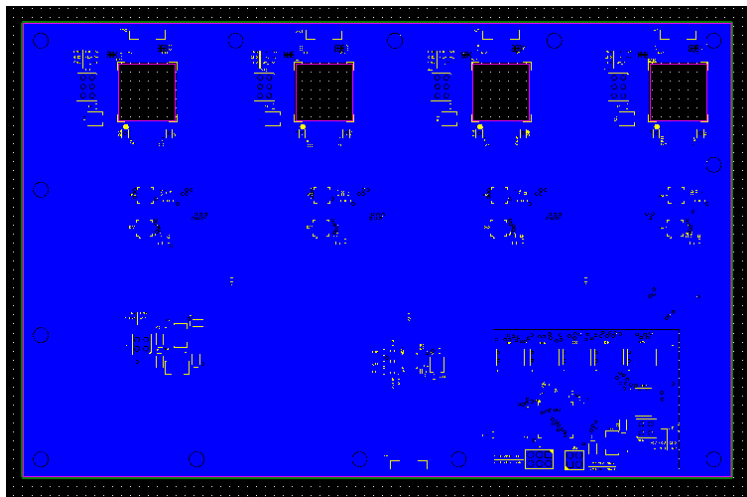




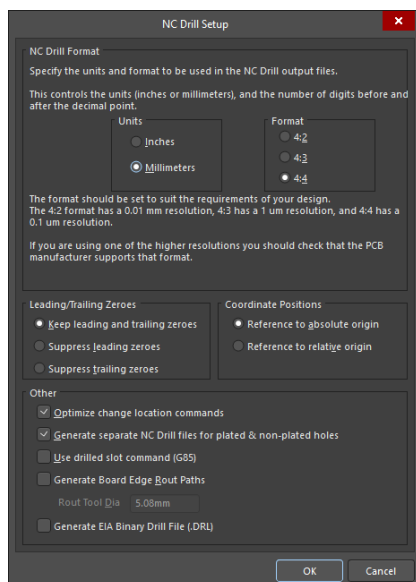
На вкладке Advanced оставим настройки размеров шаблона по умолчанию (группы Film Size и Aperture Matching Tolerances). Гербер-файлы должны создаваться отдельно (Batch Mode = Separate file per layer), формат записи чисел полный (Leading/Trailing Zeroes = Keep leading and trailing zero), запись положения на шаблоне абсолютная (Position on Film = Reference to absolute origin), тип плоттера растровый (Plotter Type = Unsorted (raster)), остальные настройки по умолчанию.



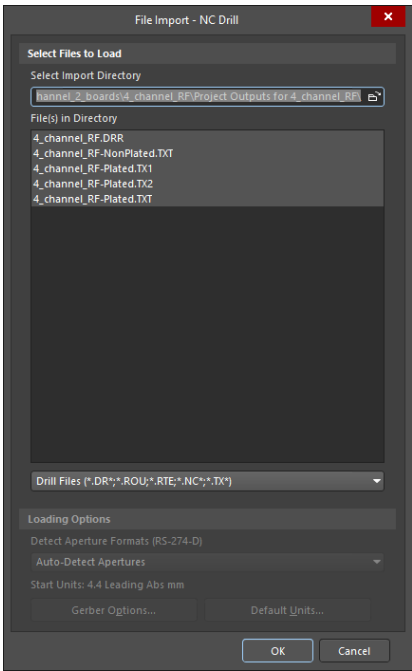
Автоматически создастся проект CAM встроенного в Altium Designer редактора подготовки к производству CAMtastic. Т.к. мы пока экспортировали только слои в нем нет информации об отверстиях.



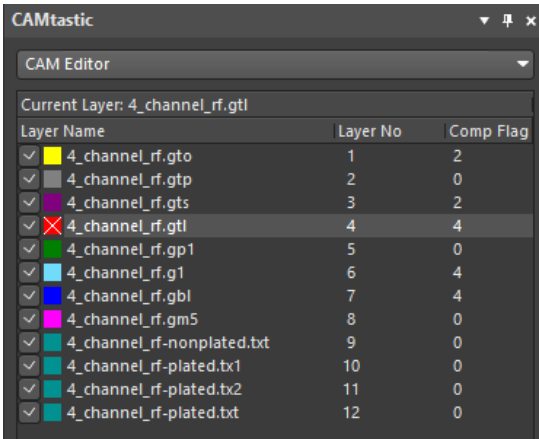
Вернемся в редактор печатных плат и по File – Fabrication Outputs – NC Drill Files создадим файлы сверловки. В окне настроек экспорта укажем настройки аналогичные настройкам экспорта герберов (единицы мм с точностью 4:4, полный формат чисел Keep leading and trailing zeros, расположение абсолютное Reference to absolute origin). Также укажем, чтобы для металлизированных и неметаллизированных отверстий создавались разные файлы (галка Generate separate NC Drill files ...) и снимем галку генерации контура фрезеровки (галка Generate Board Edge Route Path).



Откроется еще один проект CAMtastic. Он нам не нужен, его можно закрыть. Находясь в первом проекте CAM по File – Import – Drill перейдем в текущую папку проекта печатной платы и втянем файлы сверловки

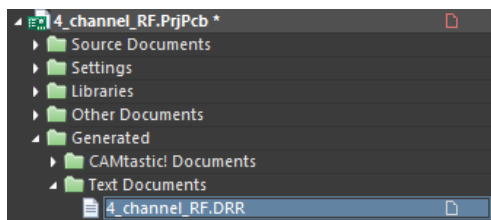


В текущем проекте CAM теперь есть все необходимые слои (показано на панели CAMtastic).



Переходя в соответствующий слой, можно определить, какой файл какому слою соответствует (по расширению файла) и какого типа отображение (позитивное или негативное).

Также, в списке сгенерированных файлов есть файл с расширением DRR. Найти его можно в панели Projects в составе текущего проекта в папке Generated – Text Documents.



В его составе описано, в какой файл записаны какие типы отверстий (сгруппированные по диапазону слоев и наличию металлизации). Таким образом получается следующий список гербер-файлов и файлов сверловки. Эти данные обычно указываются в бланке заказа при оформлении на производстве. Мы их внесём в данные проектирования на печатную плату (МПСУ.687254.001Д1).

Наименование файла	Назначение	Соответствие слоя проекта печатной платы
4_channel_rf.gto	Шелкография верхнего слоя	Top Overlay
4_channel_rf.gtp	Паяльная паста верхнего слоя	Top Paste
4_channel_rf.gts	Паяльная маска верхнего слоя (негативный слой)	Top Solder
4_channel_rf.gtl	Металлизация верхнего слоя	Top Layer
4_channel_rf.gpl	Металлизация первого внутреннего слоя (негативный слой)	RFGND
4_channel_rf.gl	Металлизация второго внутреннего слоя	PWR
4_channel_rf.gbl	Металлизация нижнего слоя	Bottom Layer
4_channel_rf.gm5	Контур платы	Board
4_channel_rf-nonplated.txt	Сквозные неметаллизированные отверстия	
4_channel_rf-plated.txt	Сквозные металлизированные	

	отверстия	
4_channel_rf-plated.txt1	Глухие металлизированные отверстия диапазона 1-2	
4_channel_rf-plated.txt2	Глухие металлизированные отверстия диапазона 3-4	
4_channel_rf.drr	Описание отверстий	

В редакторе CAMtasic мы ничего не редактировали, поэтому проект САМ можно закрыть, и гербер-файлы и файлы сверловки можно собирать в архив T5M (данные конструирования).

Выберем все вышеперечисленные файлы (они находятся в папке проекта в папке Outputs). Скопируем их в отдельную папку МПСУ.687254.001Т5М, переименуем имена файлов так, чтобы исходное имя проекта «4\_channel\_rf» заменилось на «МПСУ.687254.001Т5М».

МПСУ.687254.001Т5М	DRR
МПСУ.687254.001Т5М-Plated	TX2
МПСУ.687254.001Т5М-Plated	TX1
МПСУ.687254.001Т5М-NonPlated	TXT
МПСУ.687254.001Т5М-Plated	TXT
МПСУ.687254.001Т5М	GM5
МПСУ.687254.001Т5М	GBL
МПСУ.687254.001Т5М	G1
МПСУ.687254.001Т5М	GP1
МПСУ.687254.001Т5М	GTL
МПСУ.687254.001Т5М	GTS
МПСУ.687254.001Т5М	GTP
МПСУ.687254.001Т5М	GTO

Сожмем папку в архив МПСУ.687254.001Т5М.7Z (формат архива не важен, главное, чтобы его поняли на производстве). Данные конструирования готовы.

### Создание данных проектирования на печатную плату (МПСУ.687254.001Д1)

Составим документ, в котором сопоставим файлы из данных конструирования с их назначением, а также дополнительную информацию (единицы, точность и т.д.).

Создадим еще один документ Draftsman в текущем проекте и назовем его МПСУ.687254.001Д1.PCBDwf. Формат установим GOST A4 Sheet 1 из нашей папки правленных шаблонов.

Введем параметры чертежа.

Имя параметра	Значение
1_DocumentName	Плата печатная многослойная
1_DocumentType	Данные проектирования
2_DocumentNumber	МПСУ.687254.001Д1
2_DocumentPerv	МПСУ.687254.001
4_LiterA	У
9_Organization	МИЭТ
11_DevelopedBy	Иванов
11_CheckedBy	Приходько

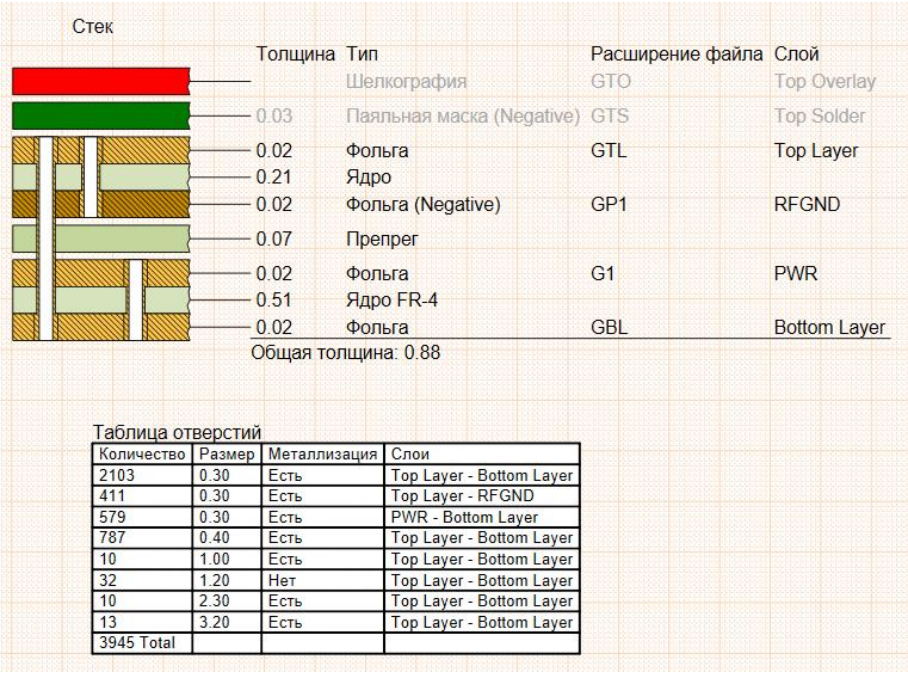
Как уже было отмечено ранее, при работе и экспорте в герберы слои RFGND и Top Solder негативные, а при послойном отображении в Draftsman – позитивные. Данные проектирования говорят, как применять гербер-файлы, т.е. про эти слои надо будет указать, что они негативные.

По ЕСКД не существует утвержденной формы данных проектирования, поэтому разместим на первом листе следующую таблицу. В ней сопоставим гербер-файлы и файлы сверловки, а также укажем формат и единицы этих файлов.

Данные для производства	
Файл	МПСУ.687254.001Т5М.7z
Источник Altium Designer, Gerber	
Формат Gerber mm, 4:4, RS-274X	
Слой	Имя файла
Шелкография верхнего слоя	МПСУ.687254.001Т5М.gto
Паяльная паста верхнего слоя	МПСУ.687254.001Т5М.gtp
Паяльная маска верхнего слоя (негативный слой)	МПСУ.687254.001Т5М.gts
Металлизация верхнего слоя	МПСУ.687254.001Т5М.gtl
Металлизация первого внутреннего слоя (негативный слой)	МПСУ.687254.001Т5М.gp1
Металлизация второго внутреннего слоя	МПСУ.687254.001Т5М.g1
Металлизация нижнего слоя	МПСУ.687254.001Т5М.gbl
Контур платы	МПСУ.687254.001Т5М.gm5
Формат mm, 4:4	
Описание отверстий	МПСУ.687254.001Т5М.drr
Сквозные металлизированные отверстия	МПСУ.687254.001Т5М-plated.txt
Сквозные неметаллизированные отверстия	МПСУ.687254.001Т5М-nonplated.txt
Глухие металлизированные отверстия диапазона 1-2	МПСУ.687254.001Т5М-plated.txt1
Глухие металлизированные отверстия диапазона 3-4	МПСУ.687254.001Т5М-plated.txt2

Ставится таблица общего вида по Place – Table. При ПКМ – Table по ячейке в таблице можно вызывать стандартные при обращении с таблицей операции вида «добавить строки», «убрать столбцы» или «объединение ячеек». Размер ячеек определяется в полях Column Width, Cell Padding Vertical и Cell Padding Horizontal.

На втором листе (формата A4 второй) добавим вид стека (Layer Stack View) и таблицу сверловки (Drill Table). Настроим их на следующий вид:

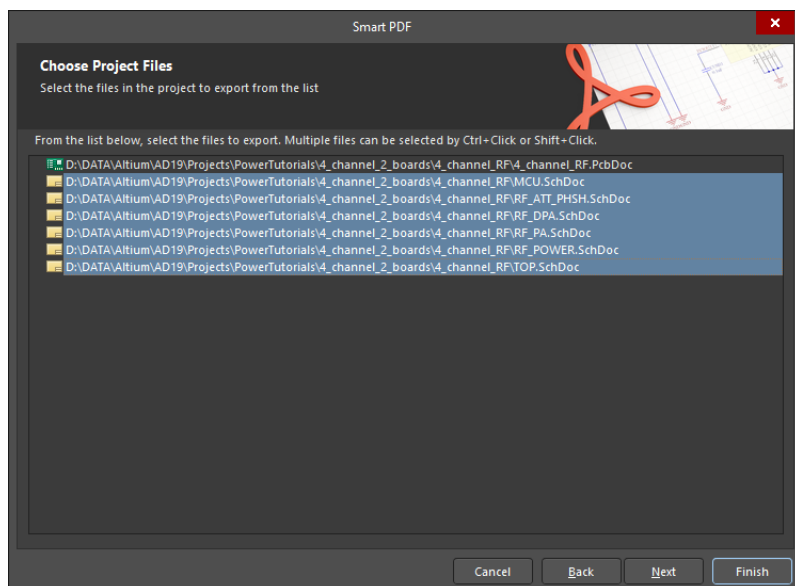


Данные проектирования готовы, можно экспортировать в pdf.

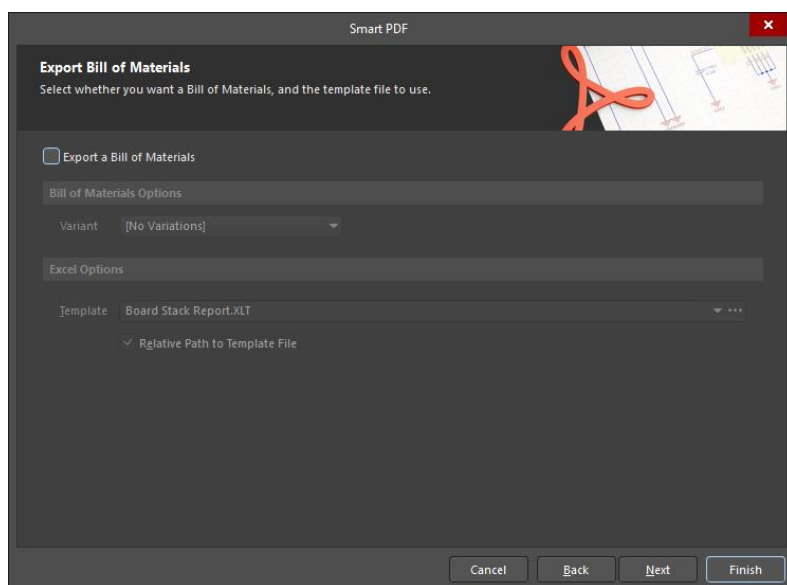




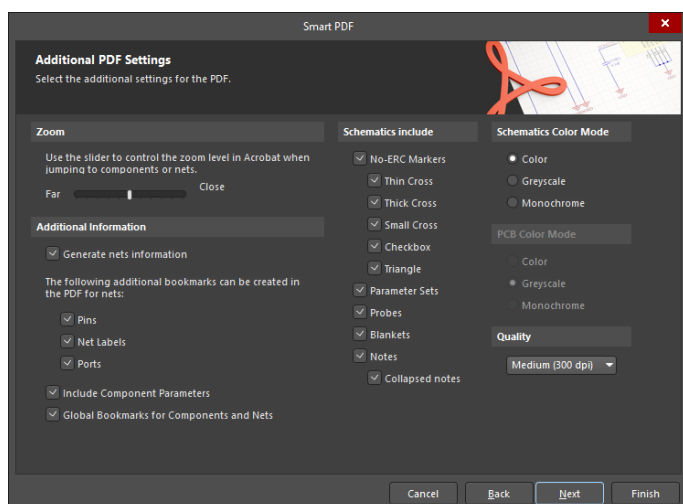
В следующем окне надо отметить экспортируемые файлы – оставляем все, кроме топологии.



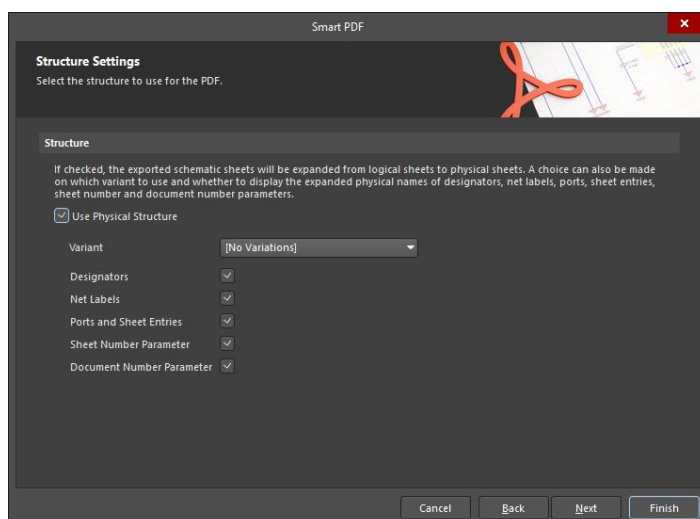
Далее нужно указать, нужно ли экспортировать перечень элементов (по форме ВОР). Его мы делаем в отдельном документе ПЭЗ, отказываемся.



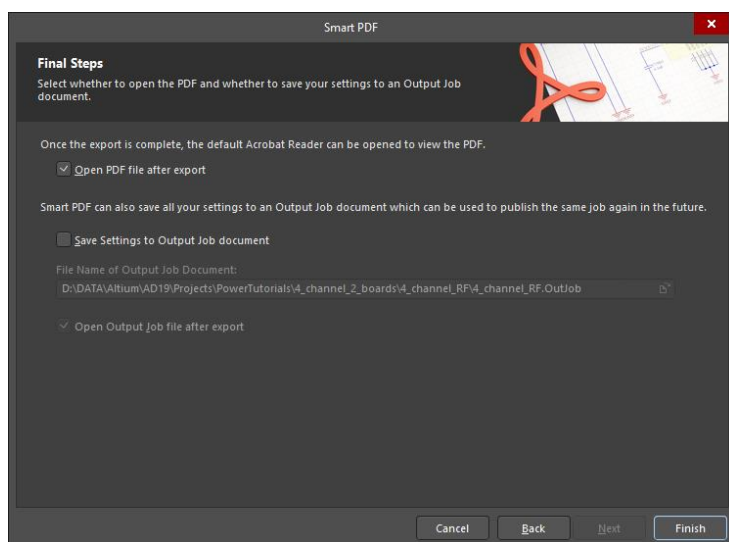
Далее нужно указать, хотим ли мы, чтобы в pdf была некоторая интерактивность или он был простым плоским pdf. Пусть будет интерактивный pdf.



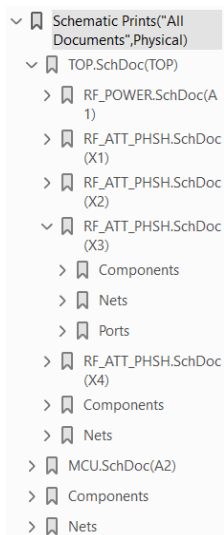
Далее, если проект иерархический многоканальный, то нужно указать, чтобы экспортировалась схема, полностью соответствующая топологии. В этом случае, каждое вхождение отдельной повторяющейся схемы (канала) будет экспортировано на свою страницу с позиционными обозначениями элементов и именами цепей и портов, соответствующие данному каналу (а не схематику-шаблону).



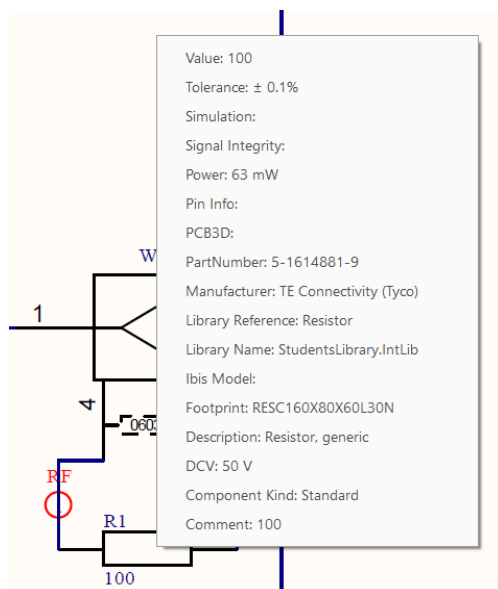
Далее финальные настройки экспорта, в том числе, открыть ли pdf после и добавить ли настройку экспорта Smart PDF в список автоматически формируемой выходной документации Outjob.



Создастся многостраничный pdf файл. При этом, pdf будет иметь полный набор закладок, соответствующих каждому листу, компоненту, цепи и порту.



Также, если в pdf-файле ЛКМ по любому компоненту, то откроется вкладка со всей введенной для него информацией.



Из минусов данного инструмента — не всегда возможно корректно проставить номера листов у каналов сквозным способом. Т.е. листы для каналов будут либо не иметь номера, либо номера вида 3.3 или 3.4 для третьего и четвертого каналов. В случае многоканального иерархического проектов проще параметр «Номер листа» не заполнять, а делать это уже после экспорта.

#### **Формирование спецификации на печатный узел (МПСУ.464214.001) перечня элементов (МПСУ.464214.001ПЭЗ) и ведомости покупных (МПСУ.464214.001ВП)**

Эти документы можно сформировать с помощью расширения GOSTBOM, которое входит в российскую поставку Altium Designer.

Для начала надо провести несколько настроек. Настройки можно проводить как находясь в редакторе печатных плат, так и в редакторе схем. Настроить нам надо две составляющие.

По Reports – GOST BOM – Project Properties внесем фамилии разработчиков, название и десятичный номер печатного узла (Плата ВЧ,

МПСУ.464214.001), а также десятичный номер печатной платы как отдельной сборочной единицы (МПСУ.687254.001).

Затем настроим способ сортировки компонентов для перечня элементов. По Reports – GOST BOM – Name Mode for GOST BOM.

Сделаем сортировку по параметрам в следующем порядке исходя из параметров компонентов, определённых в нашей библиотеке StudentsLibrary:

Value – Tolerance – VDC – Dielectric – DCV – Power – DCR – ISAT – SRF – PartNumber – Manufacturer.

Такая схема нужна, чтобы, например, резисторы имели в своем обозначении полную информацию и при этом одинаковые были сгруппированы. Вообще, данную таблицу ее можно упростить, если все специфические параметры вынести в состав поля Comment (например, у резистора можно сделать Comment = Value

+’ ‘+Tolerance+’ \_’+DCV+’ \_’+Power). Тогда сортировку можно упростить до Comment – PartNumber – Manufacturer.

Теперь, по Reports – GOST BOM – Make List of Elements создается xls-файл с перечнем элементов.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Конденсаторы			
C1-C5	10 uF	5	
C6	0.1 uF	1	
C7	10 uF	1	
C8	1 uF	1	
C9	0.01 uF	1	
C10	4.7 uF	1	
C11-C13	0.1 uF	3	
C14-C16	2.2 uF	3	
C17-C19	1000 pF	3	
C20	2.2 uF	1	
C21-C23	100 pF	3	
C24	1000 pF	1	
C25-C26	100 pF	2	
C27	1000 pF	1	
C28	100 pF	1	
C29	1000 pF	1	
C30	100 pF	1	
C31	1000 pF	1	
C32	100 pF	1	
C33	1000 pF	1	
C34	100 pF	1	
МПСУ.464214.001ПЭЗ			
Плата ВЧ			
МПСУ.464214.001. Первый лист. 2 3 4 Лист регистрации изменений.			

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Микросхемы			
DA9	TGL2616-SMQorvo	1	
DA10	TGP2109-SMQorvo	1	
DA11	TGL2616-SMQorvo	1	
DA12	TGP2109-SMQorvo	1	
DA13-DA16	TGA2624-CPQorvo	4	
DD1-DD5	T4LVX3245MOn Semiconductor	5	
DD6	STM32F030R8T6TRSTM	1	
DD7	T4LVX3245MOn Semiconductor	1	
Катушки индуктивности			
L1-L13	TBD	13	
L14-L16	10 mH	3	
Резисторы			
R1-R3	100 ± 0.1% 50 V 63 mW5-1614881-9TE Connectivity (Tyco)	3	
R4	10k	1	
R5	10k TC33X-1Bourns	1	
R6,R7	10kOhm	2	
R8	10k TC33X-1Bourns	1	
R9-R12	10 5% 50V	4	
R13	10k TC33X-1Bourns	1	
R14-R17	10 5% 50V	4	
R18	10k TC33X-1Bourns	1	
R19-R22	10 5% 50V	4	
R23	10k TC33X-1Bourns	1	
R24-R27	10 5% 50V	4	
МПСУ.464214.001ПЭЗ			
Лист 3			

Обратите внимание, в него не попали полосковые компоненты из проекта (согласующие цепи и кольцевые развязанные делители). Связано это с тем, что полосковые компоненты имеют тип Net-Tie (No BOM). Данное решение несколько противоречиво, т.к. на схеме их обозначения присутствуют и с точки зрения нормоконтроля – это ошибка. Но мы намеренно шли на данный шаг, чтобы данные компоненты не попадали в BOM – список, на основании которого формируется закупка.

Также в перечне элементов нет обозначений подсхем со схемы верхнего уровня (функциональных групп). Их также необходимо будет добавить вручную с пояснением, что это функциональные группы.

Переименуем его в МПСУ.464214.001ПЭЗ.xls. Его можно экспортировать в pdf.

По Reports – GOST BOM – Make List of Elements аналогично создается ведомость покупных в формате xls.

Листовой номер	Материал	Наименование	Код продукции	Значение документа на постав	Поставщик	Куда входит (обозначение)	Количество				Примечания
							На издел ие	В компл екте	На резул тир	Всего	
Сборка №		Прочие изделия									
		Конденсаторы									
		1 0.01 uF					1				
		2 0.01 uF 10% 50V					8				
		3 0.1 uF					4				
		4 0.1 uF 10% 50V					8				
		5 1 uF					1				
		6 10 uF					6				
		7 100 pF					12				
		8 1000 pF					12				
Сборка №		9 2.2 uF					4				
		10 4.7 uF					1				
		11 45 uF 20% 50V					8				
		Микросхемы									
		12 74LVX3245M On Semicond			On Semiconductor		6				
		13 MIC1082 Analog Devices			Analog Devices		1				
		14 MCP1117LFS750T3G On			On Semiconductor		3				
		Semiconductor									
		15 STM32F030R8T6TR STM			STM		1				
		16 TGA2624-CPQorvo			Qorvo		4				
Сборка №		17 TGL2616-SMIQorvo			Qorvo		4				
		18 TSP2109-SMIQorvo			Qorvo		4				

Страница 1

Переименуем в МПСУ.464214.001ВП.xls и экспортируем в pdf.

Теперь перейдем в редактор печатных плат. Там по Reports – GOST BOM – Make Specification создадим спецификацию на печатный узел. Это тоже файл в формате xls. В макросе могут быть ошибки: обозначение перечня элементов почему-то Э2, исправим на Э3 и нет фамилий исполнителей. Исправим это в сгенерированном xls.

Видно, что в список сборных единиц входит собственно печатная плата МПСУ.687524.001. Все конденсаторы, резисторы, индуктивности, микросхемы и пр. попали в раздел «Прочие изделия».

[illegible]

Переименуем в МПСУ.464214.001.xls и экспортируем в pdf.

Автоматического генератора для спецификации на печатную плату нет, возьмем ранее сформированную спецификацию на печатный узел, скопируем ее как МПСУ.687254.001.xls и отредактируем ее.





## Литература

1. Лопаткин, А. Проектирование печатных плат в Altium Designer. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2016. — 400 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/93565>
2. Суходольский В.Ю. Altium Designer: сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах: учеб. Пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 560 с.
3. Желобаев А.Л. Методические указания к лабораторным работам по курсу «САПР Altium Designer»: М.:МИЭТ, 2019 – 104с.

### *Перечень ресурсов сети «Интернет»*

4. Репозиторий автора с учебной библиотекой  
<https://github.com/dee3mon/StudentsLibraryGIT>
5. Репозиторий автора с учебными материалами по Altium Designer  
<https://github.com/dee3mon/altium-methodic>
6. Репозиторий автора с шаблонами для Altium Designer  
<https://github.com/dee3mon/altium-templates>
7. Онлайн-документация Altium Designer  
<https://www.altium.com/documentation/altium-designer>
8. Тематический форум electronix.ru, раздел «Разрабатываем ПП в САПР - PCB development», <https://electronix.ru/forum/index.php?showforum=17>, доступно после свободной регистрации
9. Сайт Eurointech, раздел «Учебные материалы»  
<http://www.eurointech.ru/education/selftraining/>
10. Классификатор ЕСКД <http://classinform.ru/ok-eskd/kod>
11. ГОСТ 2.701-2008 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению <http://docs.cntd.ru/document/1200069439>
12. ГОСТ 2.123-93 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Комплектность конструкторских документов на печатные платы при автоматизированном проектировании <http://docs.cntd.ru/document/1200001997>
13. ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначение изделий и конструкторских документов (с Поправками) <http://docs.cntd.ru/document/1200008241>

### ***Каналы Youtube с видеоуроками по Altium Designer***

14. Официальный канал Altium Designer  
<https://www.youtube.com/channel/UCpCi8Hpe4nlg4qvy2vpCGNQ>
15. Канал Алексея Сабунина <https://www.youtube.com/user/SabuninAlexey>
16. Плейлист «Altium Designer» на канале Сергея Булавинова  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLgUwXvgNkHqJ3G5UoLGMfHJM2c-m4Afdx>
17. Канал официального представительства Altium Russia  
[https://www.youtube.com/channel/UCvZ\\_kyV4ATrOfjmtVpuj0LQ](https://www.youtube.com/channel/UCvZ_kyV4ATrOfjmtVpuj0LQ)
18. Плейлист «Altium Designer» на канале консультационного центра АМКАД  
<https://www.youtube.com/watch?v=PcStOG7sRqk&list=PLUk9KaCJSP-UAcH1uLu6mOOmDTmZGCND8>
19. Плейлист «Уроки Altium Designer» на канале разработчика Nordic Energy  
[https://www.youtube.com/playlist?list=PLUYH9oDZsrZ25Lv\\_HNp03AzZTBotullBa](https://www.youtube.com/playlist?list=PLUYH9oDZsrZ25Lv_HNp03AzZTBotullBa)
20. Канал Robert Feranec - автора образовательного сообщества Fedevel Academy <https://www.youtube.com/user/matarofe/featured>

### **Разработчик:**

Ст. преподаватель Института МПСУ

Приходько Д.В.