

Altium Designer Summer 08 – Разработка конструктивных параметров печатной платы

Алексей Сабунин (Москва)

В очередной статье серии рассмотрены вопросы первого этапа разработки печатной платы, касающиеся оформления конструктивных параметров.

В предыдущих статьях, посвященных работе с программой Altium Designer, было рассказано о приемах разработки библиотек и электрических принципиальных схем (СЭ №№ 6, 7, 2008). После создания схемы была выполнена компиляция, и теперь проект готов к разработке печатной платы, процесс которой условно можно разделить на несколько самостоятельных этапов:

- разработка конструктива платы;
- создание правил проектирования;
- размещение компонентов;
- трассировка;
- проверка правил проектирования (DRC);
- отладка и подготовка технологических файлов для производства.

В данной статье будут рассмотрены все вопросы, касающиеся первого этапа разработки платы, а именно оформления конструктивных параметров.

Под разработкой конструктивных параметров подразумевается этап, начинающийся формированием файла платы и завершающийся размещением компонентов. Этот этап состоит из четырех шагов: формирование контура печатной платы, описание стека слоев, установка крепёжных отвер-

тий и определение запрещённых зон для трассировки. Прежде чем приступить к вышеупомянутым действиям, необходимо сформировать в Altium Designer новый файл печатной платы и разобраться с настройками, которых в редакторе печатных плат намного больше, чем в редакторе электрических схем.

Начнём с создания нового файла печатной платы, причём не будем привязывать эту плату к какому-либо ранее созданному проекту, для чего выполним команду *File > New > PCB*. В панель *Projects* будет добавлен новый файл с расширением *.PcbDoc, обозначающим файл печатной платы в программе Altium Designer. При создании файла *.PcbDoc он становится активным, т.е. запускается редактор печатных плат.

Файлу, вновь появившемуся в панели *Projects*, следует присвоить уникальное название, для чего на нём следует нажать правой клавишей мыши (ПКМ) и выбрать команду *Save*. При создании новой платы редактор Altium Designer открывается в дюймовой системе координат, поэтому перед разработкой геометрии платы необходимо сделать пользовательские настройки. Как говорилось ранее (СЭ № 5, 2008), настройки редактора плат делятся на две группы: настройки текущего документа и настройки всего редактора. Настройки всего редактора на данном этапе большого значения не имеют и будут рассмотрены в последующих статьях, а установка параметров текущего документа производится в окне *Design > Board Options*. Здесь необходимо выбрать метрическую систему координат и установить значение 2,5 мм для шага сетки *Snap Grid*.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРА ПЛАТЫ

Создание платы начинается с формирования её контура, для чего используется группа команд меню *Design > Board Shape*, из которых наиболее востребованными являются:

- *Redefine Board Shape* – рисование контура платы вручную;
- *Define from Selected Objects* – формирование контура платы из выделенных объектов;
- *Define from 3D Body* – формирование контура из трёхмерной модели (работает только в трёхмерном режиме);
- *Define Board Cutout* – формирование выреза в плате.

Рассмотрим на примере каждый из этих инструментов. Итак, для создания контура платы вручную выполним команду *Design > Board Shape > Redefine Board Shape*, после чего курсор мыши переходит в режим рисования, сходный с инструментом *Place Line*. Теперь, фиксируя левой кнопкой мыши (ЛКМ) углы контура платы, можно нарисовать граничный рисунок, а комбинацией клавиш *Shift+Space* можно переключать режимы ортогональности для использования дуг и острых углов. При использовании дуги её радиус изменяется комбинациями клавиш *Shift+«.»* (точка) и *Shift+«.»* (запятая).

Следует отметить, что данный инструмент позволяет создавать только простые контуры. В режиме рисования бывает сложно позиционировать курсор в необходимой точке, поэтому координаты углов во время рисования контура можно вводить с клавиатуры. При активной команде следует нажать клавишу *J*, затем клавишу *L*, после чего на экране появится окно *Jump To Location*, в котором предлагается ввести координаты. Описанная команда перемещает курсор в указанную точку, а для фиксации точки контура необходимо после каждого ввода координат нажимать клавишу *Enter*.

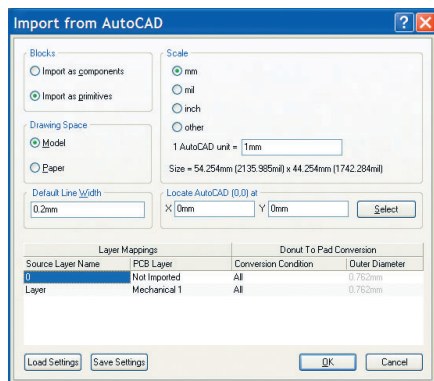


Рис. 1. Импорт формата AutoCAD (DXF, DWG)

Например, чтобы создать контур платы в виде прямоугольника 32,5 × 46 мм, следует выполнить команду *Design > Board Shape > Redefine Board Shape*, а затем, не трогая мышь, вводить последовательно координаты следующим образом: J > L > {100,100} > Enter > J > L > {100,132,5} > Enter > J > L > {146,132,5} > Enter > J > L > {140,100} > Enter и закончить формирование контура нажатием ПКМ.

Данный метод не отличается простотой и поэтому практически не используется. В большинстве случаев контур платы изначально создаётся в механической САПР, а затем импортируется в формате DXF или STEP. Рассмотрим оба этих варианта.

Для создания контура платы воспользуемся заготовкой, созданной в программе AutoCAD и сохранённой в формате DWG(DXF) (см. файл Плата2000.DWG из папки Example на сайте www.soel.ru). Для использования файла в формате DWG(DXF), находясь в редакторе печатных плат, выполним команду *File > Import*. В строке «Тип файлов» следует указать AutoCAD, после чего выбрать исходный файл с будущим контуром платы. На экране появится окно, показанное на рисунке 1, в котором необходимо задать единицы измерения в группе Scale (по умолчанию установлены mil – в этом случае контур будет уменьшен в 2,54 раза).

Остальные настройки не обязательны, но рекомендуется определить расположение начала координат вставляемого рисунка в окне *Locate AutoCAD* и выбрать слои для импорта. При выборе слоёв следует указывать, на какой слой Altium Designer будет передана импортируемая информация. Для контура платы обычно используется графический слой *Mechanical 1*, поэтому именно он был выбран напротив исходного слоя *Layer*, при этом для слоя 0 выбрана настройка *Not Imported* (не импортировать).

После установки всех параметров в соответствии с рисунком 1 нажимаем кнопку *OK*, и в рабочей области редактора появляется импортированный контур. Теперь программе необходимо указать, что этот контур является границами платы. Для этого выделяем весь импортированный контур и выполняем команду *Design > Board Shape > Define from Selected Objects*, после чего область внутри контура становится чёрной, а снару-

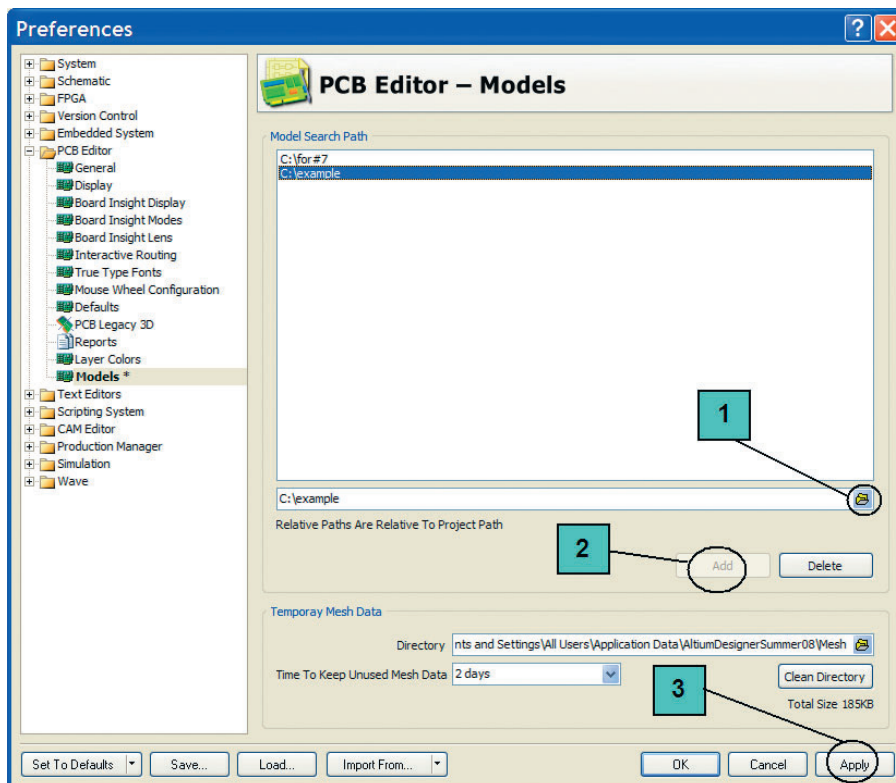


Рис. 2. Подключение папки с моделями STEP

жи – серой, что свидетельствует о корректном создании платы.

Создание контура платы посредством импорта сложного контура из механических САПР в формате DXF (DWG) является наиболее удобным, но не обладает возможностью взаимного редактирования. Пояним, о чём идёт речь. В последней версии программы имеется возможность в качестве платы использовать внешнюю модель в формате STEP, при этом, если в исходной программе изменяется контур платы или отверстия, они автоматически сохраняются в начальную модель STEP и переносятся в Altium Designer.

Рассмотрим процедуру создания ссылки на модель STEP в качестве контура платы на конкретном примере. В качестве заготовки воспользуемся моделью плата.STEP из папки Example. Прежде чем приступить к подключению данной модели, выполним некоторые подготовительные действия. Во-первых, сделаем «откат» (Ctrl+Z) последних действий, чтобы убрать ранее созданный контур платы. Во-вторых, для использования возможности задавать ссылки на модели STEP необходимо в настройках заранее указать расположение папки с моделями, для чего откроем окно *DXP > Preferences > PCB Editor > Models*. В появившемся окне

следует нажать кнопку и указать путь к расположению моделей, в нашем случае .../example (в которой находится файл плата.step), после чего нажать кнопку *Add*. В списке подключенных папок с моделями появляется новая ссылка, после чего нажимаем кнопку *OK* (см. рис. 2).

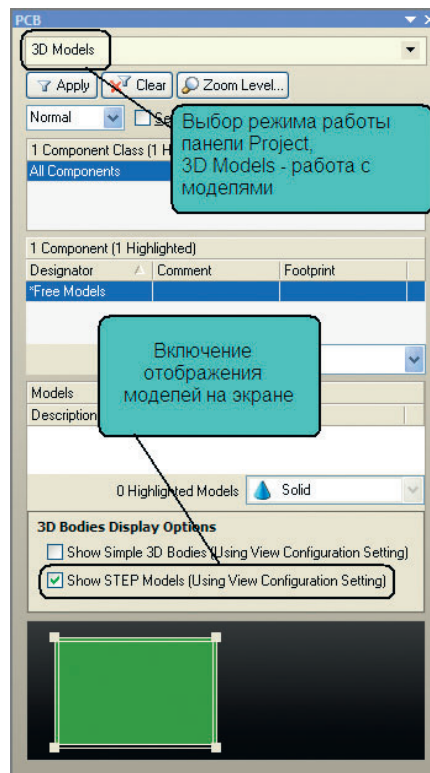


Рис. 3. Новый режим работы панели Project – работа с 3D-моделями

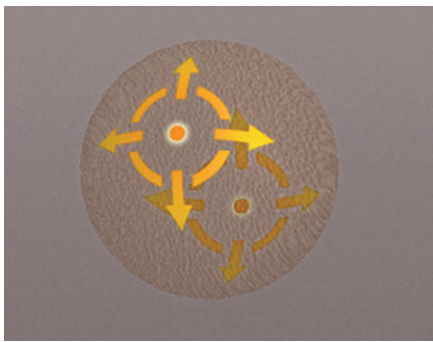


Рис. 4. Кнопки поворота платы в трёхмерном формате

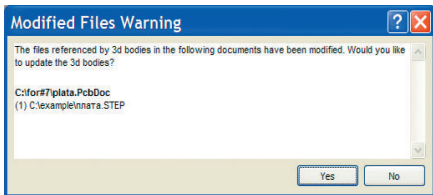


Рис. 5. Сообщение об обновлении модели

Чтобы использовать STEP-модель платы, ранее созданной в механической САПР, необходимо переключиться в трёхмерный режим работы. Переключения между двумерным и трёхмерным режимами работы выполняются нажатием клавиш 2 и 3, при этом следует помнить, что не все видеокарты поддерживают режим работы с трёхмерной графикой (необходима видеокарта с поддержкой DirectX9.0C и Shared Mode 3.0). Итак, после нажатия клавиши 3 программа переходит в трёхмерный режим работы, и плата отображается синим цветом. Теперь необходимо включить отображение STEP-моделей, ко-

торое выполняется через панель *Project* (см. рис. 3). Далее можно разместить модель STEP в рабочей области, для чего выполним команду *Place > 3D Body* и на экране появится диалог *3D Body*. В появившемся окне выбираем тип модели *Generic STEP Model* и в нижней части нажимаем кнопку *Link to Step Model*.

После предложения создать ссылку на модель откроется окно, в котором показана ранее заданная папка и все хранящиеся в ней модели. В списке выбираем модель *плата.STEP* и нажимаем кнопку *OK*. Теперь в диалоге *3D Body* нажимаем кнопку *OK* и размещаем модель в рабочей области нажатием ЛКМ. После размещения модели программа предлагает установить следующую модель; в нашем случае следует отказаться от этого нажатием кнопки *Cancel*. Последним шагом необходимо указать, что добавленная модель в формате STEP является платой, для чего выполним команду *Design > Board Shape > Define from 3D Body* и два раза щёлкнем мышью на добавленной модели. В результате будет выведено сообщение, в котором предлагается задать контур платы из выбранной модели, с чем следует согласиться.

Теперь плата существует в трёхмерном виде со ссылкой на модель STEP, и её можно вращать во всех плоскостях нажатием клавиши Shift, после чего на экране появится «шар со стрелками» (см. рис. 4), на котором расположены кнопки управления поворотом:

- при наведении курсора на стрелки и движении мыши с нажатой правой клавишей будет осуществляться поворот в указанном стрелкой направлении;
- при наведении курсора на дуги и движении мыши с нажатой правой клавишей будет осуществляться поворот в плоскости рабочей области;
- при наведении курсора на точку и движении мыши с нажатой правой клавишей будет осуществляться свободное вращение.

В результате описанных выше действий мы получили плату в Altium Designer со ссылкой на модель STEP. Следует отметить, что круглые отверстия, которые были созданы в механической САПР, конвертировались в контактные площадки со свойствами обычных крепёжных отверстий. Если на последующем этапе проектирования модель платы будет изменена в той программе, в которой она была создана, то в Altium Designer при обращении к этой модели будет выдано сообщение, показанное на рисунке 5. В сообщении предлагается обновить модель платы в соответствии с исходной моделью в формате STEP.

Кроме инструментов по созданию контура печатной платы в выпадающем меню *Design > Board Shape* содержатся команды для формирования вырезов в плате и несколько команд для редактирования ранее созданного контура платы.

РАБОТА СО СЛОЯМИ

После создания контура платы перейдём ко второму шагу разработки конструктивных параметров платы, на котором определяется порядок расположения слоёв печатной платы. Как известно, работа ведётся с несколькими слоями печатной платы: топология проводников разрабатывается на одних слоях, пасты и маски наносятся в других, и т.д. В программе P-CAD все слои делились на три вида: *Signal* (сигнальные), *Plane* (экранные) и *NonSignal* (не сигнальные). В программе Altium Designer похожее деление, за исключением того, что не сигнальные слои делятся на группы по функциональному назначению.

Просмотр всех существующих слоёв проекта и управление их отображением выполняется в окне *View Configurations*, которое вызывается командой *Design > Board Layer&Colors* или нажатием клавиши L. Если эта

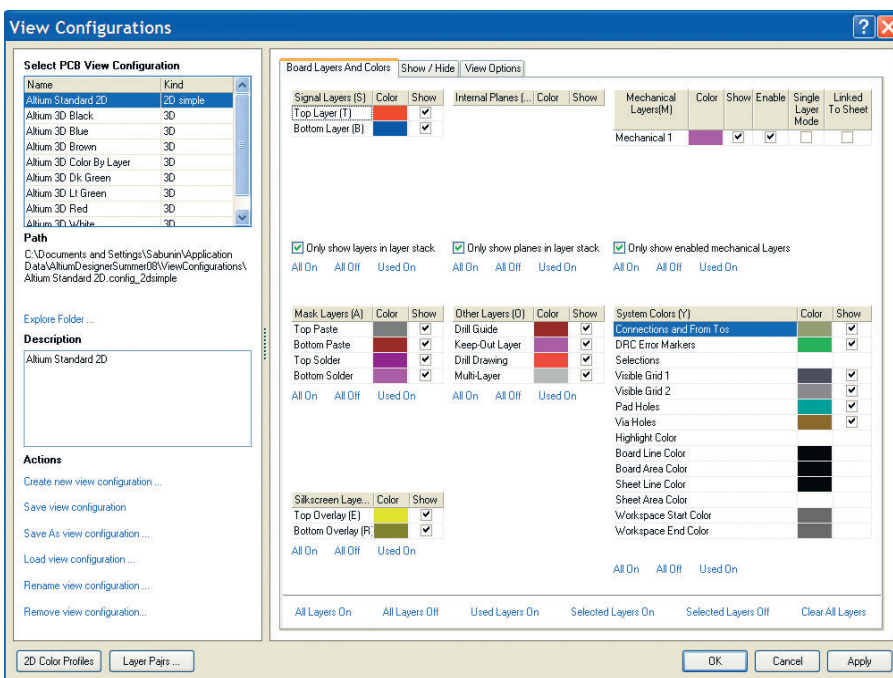


Рис. 6. Настройки отображения слоёв

клавиша была нажата во время работы в двумерном режиме, то окно на экране будет выглядеть согласно рисунку 6. Здесь в правой части показаны группы слоёв редактора плат:

- *Signal Layers* (сигнальные слои) – предназначены для создания топологии проводящего рисунка;
- *Internal Layers* (экранные слои) – предназначены для расположения внутренних полигонов земли и питания, но не для прокладки проводников, и информация в них отображается инверсно;
- *Mechanical Layers* (графические слои) – используются для вспомогательной графической информации, например контур платы, и т.д.;
- *Mask Layers* – слои паяльной пасты и защитной маски;
- *Other Layers* – дополнительные слои, к которым относятся слой зоны запрета и слои, отображающие отверстия в плате;
- *Silkscreen Layers* – слои шелкографии, в которых располагается информация для маркировки на плате;
- *System Layers* (системные слои) – правильно было бы назвать их «системные цвета», к которым от-

носится цвет фона, сетки, соединения и др.

В данном окне нельзя добавлять и удалять слои: здесь выполняется управление видимостью слоёв, для чего используются кнопки в виде гиперссылок под каждой группой слоёв. Например, для сигнальных слоёв – кнопки *All On*, *All Off*, *Used On* (Включить все, Выключить все и Включить только используемые сигнальные слои).

Кроме страницы отображения слоёв, в окне *View Configurations* содержатся вкладки *Show/Hide* и *View Options*. На первой вкладке задаётся режим отображения примитивов (см. рис. 7), который может быть *Final* – полное отображение, *Draft* – отображение в виде контура, *Hidden* – скрыть примитивы. На второй вкладке (*View Options*) устанавливаются дополнительные настройки отображения, из которых на данном этапе следует обратить внимание на параметр *Origin Marker*, который включает отображение начала координат. Закроем окно *View Configuration* нажатием кнопки *OK*.

Добавление новых слоёв и управление их положением в стеке печат-

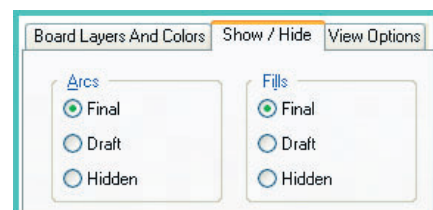


Рис. 7. Переключение режимов отображения примитивов

ной платы производится в окне, которое вызывается командой *Design > Layer Stack Manager* (см. рис. 8). В данном окне показана структура печатной платы, на которой видно расположение сигнальных и внутренних экранных слоёв. В правой части окна отображается набор команд для управления порядком расположения слоёв. Кнопки *Add Layer* и *Add Plane* добавляют сигнальный и экранный слой соответственно; всего в программе Altium Designer может быть создано 32 сигнальных и 16 экранных слоёв. Использование экранных слоёв (*Plane Layer*) изначально не востребовано в практике большинства отечественных предприятий, т.к. вызывает трудности в использовании. Во-первых, на таких

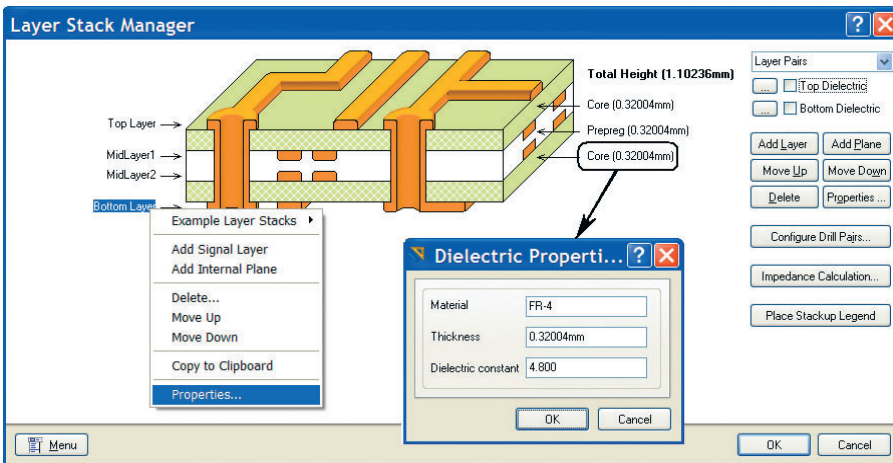


Рис. 8. Управление стеком слоёв

слоях нельзя создавать проводники; во-вторых, не всегда удобно работать с инверсно отображёнными слоями.

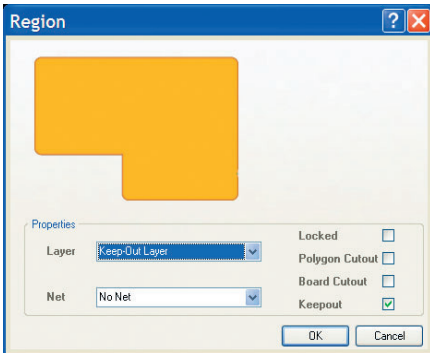


Рис. 9. Свойства зоны запрета

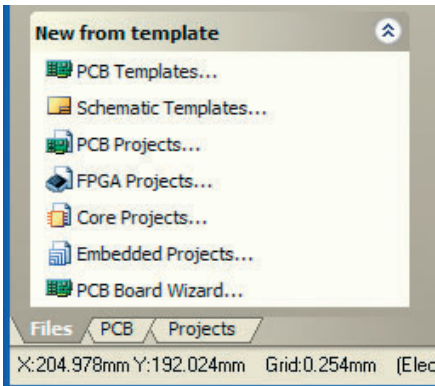


Рис. 10. Запуск мастера создания печатных плат

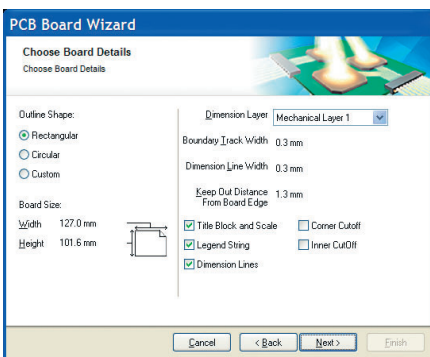


Рис. 11. Мастер создания печатных плат

Для расположения внутренних полигонов питания и земли используются обычные сигнальные слои, которые обладают большей гибкостью при работе. Кнопки *Move Up* и *Move Down* (см. рис. 8) перемещают выбранный слой вверх и вниз по списку. Для изменения свойств слоя можно выполнить двойное нажатие ЛКМ на его названии или использовать кнопку *Properties*.

При намерении разработчика провести анализ целостности сигнала (команда меню *Tools > Signal Integrity*) необходимо правильно указать следующую информацию. Для сигнальных слоёв: *Name* – задаваемое пользователем название слоя; *Copper thickness* – толщина слоя металлизации, необходимая для анализа целостности сигналов. Для внутренних слоев питания и заземления: *Name* – задаваемое пользователем название слоя; *Copper thickness* – толщина слоя металлизации, необходимая для анализа целостности сигналов. Для подложек и изолирующих слоев: *Material* – тип используемого материала; *Thickness* – толщина диэлектрического слоя, необходимая для анализа целостности сигналов; *Dielectric constant* – относительная диэлектрическая проницаемость материала, необходимая для анализа целостности сигналов.

При формировании стека слоёв конструктор должен определить пары слоёв для сверления отверстий (*drill-pairs*). Термин *drill-pairs* относится к двум слоям, участвующим в сверлении (начальный и конечный слой). Если на плате не применяются глухие и скрытые переходные отверстия, то в проекте присутствует только одна пара слоёв сверления, состоя-

щая из верхнего и нижнего слоёв. Эта пара устанавливается по умолчанию и не подлежит ни удалению, ни модификации.

Пары слоёв сверления задаются в диалоговом окне *Drill-Pair Manager*, которое вызывается нажатием кнопки *Drill-Pair* в диалоговом окне *Layer Stack Manager*. При использовании в проекте глухих и скрытых переходных отверстий, пары слоёв сверления должны быть определены с учётом используемого стиля стека слоёв в строгом соответствии с требованиями представителей производства.

КРЕПЁЖ И ЗОНЫ ЗАПРЕТА

Последние действия на подготовительном этапе разработки печатной платы – это установка крепёжных отверстий и формирование зон запрета для металлизации. Крепёжные отверстия определяются командой *Place > Pad* как обычные контактные площадки. После запуска команды размещения отверстий следует нажать клавишу *Tab*, в свойствах указать нулевые значения в параметрах формы контактной площадки (*Size and Shape*) и при необходимости отключить металлизацию внутри отверстия (*Plated*). Следует отметить, что при формировании контура платы посредством импорта модели платы в формате STEP были автоматически созданы отверстия, в свойства которых включена металлизация и сформирован поясок металлизации, равный диаметру отверстия.

Для расположения зон запрета для металлизации используется группа команд *Place > Keepout*, в которой содержатся инструменты формирования линий запрета и полигонов запрета. Исторически сложилось, что зоны запрета в виде линий (а также дуг) не воспринимаются автоматическими трассировщиками *Specctra* и *Situs*, поэтому рекомендуется их выполнять только с помощью команды *Place > Keepout > Solid Region*. Кроме необходимости использовать зоны запрета только в виде полигона следует отслеживать слой, на котором выполнена графика, относящаяся к *Keepout* (зоне запрета).

При размещении зоны запрета, действующей на все сигнальные слои брать слой *Keep-Out layer*; в противном случае в этом окне придётся выбрать конкретный слой, на который

оказывает действие данная зона запрета. Зону запрета можно создать и для определённой цепи, которая указывается в окне *Net* свойств полигона (см. рис. 9).

Итак, мы рассмотрели комплекс мероприятий по формированию конструктивных особенностей печатной платы. Все описанные выше действия можно выполнить, используя мастер создания печатных плат, в котором параметры платы, создаваемые вручную, будут сгенерированы автоматически путём пошагового ввода информации о плате.

МАСТЕР СОЗДАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Вернёмся к начальному этапу и создадим плату для данного проекта с помощью мастера печатных плат, для чего выберем команду *PCB Board Wizard* в панели *File* (см. рис. 10). Появившийся мастер *PCB Board Wizard* последовательно запрашивает информацию о печатной плате, которая затем оформляется в виде конструктивных параметров и правил проектирования. Для продолжения в появившемся окне нажмём кнопку *Next*. В следующем окне будет предложено выбрать систему единиц измерения, – в нашем случае это метрическая система. Нажмём кнопку *Next*. Далее будет предложен список существующих шаблонов стандартных промышленных печатных плат; поскольку шаблон отсутствует, выбираем *Custom* (пустой бланк). Появляется окно, в котором необходимо задать форму и размеры будущей платы (см. рис. 11). В правой части данного окна задаётся толщина линий прорисовки границы платы (*Boundary Track Width*) и размеров (*Dimension Line Width*), а также отступ от края платы (*Keepout Distance From Board Edge*).

Следующее окно предложит выбрать число сигнальных слоёв, а также внутренних слоёв питания и заземления. Наша плата будет иметь только два сигнальных слоя, поэтому в поле *Signal Layers* следует ввести число 2, а в поле *Power Planes* – число 0. Для продолжения нажмём кнопку *Next*. Далее следует определить тип переходных отверстий. Поскольку мы проектируем простую двухстороннюю плату, выберем тип *Thru-hole Vias* (сквозные переходные отверстия). Заметим, что

Altium Designer позволяет использовать на многослойных платах слепые и глухие переходные отверстия, в том числе и по технологии *Microvia*. Для использования слепых и глухих переходов в текущем окне следует выбрать параметр *Blind and Burier Vias Only*.

В следующем окне необходимо выбрать преобладающую технологию монтажа компонентов (поверхностный или монтаж в отверстия). При выборе параметра *Thru-hole components* (монтаж в отверстия) ниже указывается допустимое число проводников между смежными контактными площадками. Если был выбран параметр *Surface-mount components* (поверхностный монтаж), ниже указывается, разрешено или нет двухстороннее размещение SMD-компонентов.

На следующем шаге требуется задать размеры объектов на печатной плате, которые будут преобразованы мастером в правила проектирования (см. рис. 12). Здесь задаются минимально допустимые: ширина проводника (*Track Size*), диаметр площадки переходного отверстия (*Via Width*), диаметр переходного отверстия (*Via Hole Size*) и зазор между проводниками (*Clearance*). Для простоты оставим значения по умолчанию. Нажмём кнопку *Next*. Последнее диалоговое окно сообщает, что создание заготовки платы завершено. Если необходимо внести исправления, то с по-

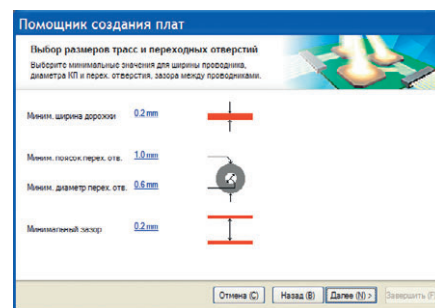


Рис. 12. Мастер создания печатных плат (русифицированный интерфейс)

мощью кнопки *Back* можно вернуться в соответствующее окно. Если исправления не требуются, нажимаем кнопку *Finish*.

После описанных действий откроется файл платы созданного шаблона с базовыми настройками. Описанный выше мастер удобен для создания печатных плат, имеющих простой контур.

Итак, мы рассмотрели варианты разработки конструктива платы и подошли к основной стадии проектирования печатной платы. В следующей статье будут рассмотрены вопросы передачи информации из схемы на плату, формирование классов различных объектов и разработка правил проектирования.

Для более подробного изучения материала рекомендуется просмотреть следующие файлы документации Altium Designer: TR0112 PCB Editor and Object Reference.pdf, TU0132 Integrating MCAD Objects and PCB Designs.pdf. ©