

Altium Designer Summer 08 – разработка правил проектирования для печатной платы

Алексей Сабунин (Москва)

При разработке печатной платы наиболее важным этапом является установка правил проектирования, т.е. конструктивных и технологических ограничений. От него зависит вся последующая работа: размещение компонентов, трассировка печатных проводников и последующая верификация проекта. В данной статье будут рассмотрены правила проектирования и сфера их действия, описана процедура создания правила и разобраны примеры создания сложных правил с помощью запросов (Query).

В предыдущих статьях были описаны процедуры разработки схемы и конструктива печатной платы (СЭ №№ 7 и 8, 2008), и предполагается, что в наличии имеется файл платы с загруженными на неё компонентами. Для работы с правилами проектирования мы будем использовать проект Example_Rules из дополнительных материалов, размещённых на интернет-странице журнала СЭ (www.soel.ru). Вопросы передачи информации из схемы в плату обычно не вызывают проблем у начинающих пользователей Altium Designer, однако всё, что касается параллельной работы «схема-плата», будет рассмотрено в одной из следующих статей.

Установка и редактирование правил проектирования может производиться вручную или с помощью мастера (Rule Wizard). Сначала рассмотрим назначения и классификацию правил программы Altium Designer и порядок их описания вручную через диалоговое окно Design Rules, которое вызывается с помощью команды меню Design>Rules.

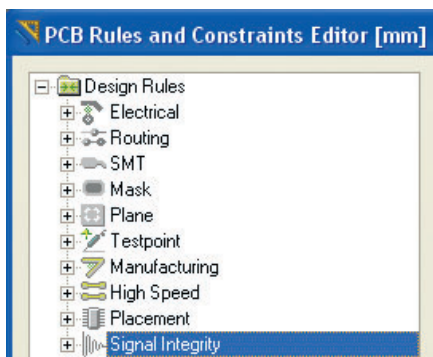


Рис. 1. Группы правил

Все доступные в редакторе печатных плат правила проектирования делятся по функциональным назначениям на десять групп, каждой из которых в диалоговом окне Design Rules выделена отдельная вкладка (см. рис. 1). В рамках данной статьи будем рассматривать только правила, относящиеся непосредственно к разработке платы. Все правила имеют свою сферу применения: некоторые из них используются при трассировке, другие – при размещении компонентов, третьи – только при проверке DRC. Назначение всех правил показано в таблице. При разработке плат чаще используются те правила, которые оказывают влияние на интерактивную трассировку.

ОПИСАНИЕ ПРАВИЛ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассмотрим назначение правил, указанных в таблице.

Группа Electrical

В данной группе расположены правила, учитывающие электрическое соединение компонентов.

Clearance (зазоры) – определяет минимально допустимый зазор между любыми двумя металлизированными объектами на сигнальном слое. Это правило используется для задания расстояния между проводниками на плате.

Short Circuit (короткозамкнутые цепи) – проверяет наличие короткого замыкания между примитивами различных цепей. Наличие короткого

замыкания констатируется, когда два объекта, принадлежащие цепям с различными именами, касаются друг друга.

Un-Routed Nets (неразведанные цепи) – проверяет статус завершения трассировки всех цепей, попавших в указанную область. Если трассировка некоторой цепи выполнена не до конца, то каждая незаконченная часть цепи (sub-net) заносится в список, где также указывается коэффициент завершения, рассчитываемый как отношение выполненного числа соединений к полному числу соединений (в процентах).

Un-Connected Pin (неподключенные выводы) – данное правило служит для выявления выводов, не соединенных с проводниками на плате.

Группа Routing

Правила, учитываемые при трассировке, располагаются в большей степени в группе *Routing*.

Width (ширина проводника) – данное правило определяет минимальную, максимальную и рекомендуемую ширину проводников и дуг на медном слое. Следует учитывать, что если не задан разброс от минимальной до максимальной ширины проводника, то программа не только не будет сужать дорожки при автоматической трассировке, но и не позволит уменьшить ширину трассы в интерактивном режиме (по команде Shift+W). Параметры печатного проводника могут быть заданы и в относительных единицах, т.е. имеется возможность указать волновое сопротивление проводника, по которому программа автоматически вычислит ширину трассы по ранее заданным параметрам платы.

Routing Topology Rule (топология трассировки) – определяет порядок или образец соединения выводов проводниками. По умолчанию редактор печатных плат располагает соединение между выводами таким об-

Применение правил в Altium Designer

№	Правило	Область применения правила			
		автотрассировка	DRC	формирование выходных файлов	другое
Electrical					
1	Clearance	•	•		Интерактивная трассировка, размещение полигонов
2	Short-Circuit		•		
3	Unrouted Net		•		
4	Unconnected Pin		•		
Routing					
5	Width	•	•		Интерактивная трассировка
6	Routing Topology	•			
7	Routing Priority	•			
8	Routing Layers	•			Для внешних трассировщиков (например, Spectra)
9	Routing Corners				
10	Routing Via Style	•			Интерактивная трассировка
11	Fanout Control	•			Интерактивная трассировка
12	Differential Pairs Routing		•		Интерактивная трассировка
SMT					
13	SMD to Corner		•		
14	SMD to Plane		•		
15	SMD Neck-Down		•		
Mask					
16	Solder Mask Expansion			•	
17	Paste Mask Expansion			•	
Plane					
18	Power Plane Connect Style			•	Внутренние экраны
19	Power Plane Clearance			•	Внутренние экраны
20	Polygon Connect Style				Размещение полигонов
Manufacturing					
21	Minimum Anular Ring		•		
22	Acute Angle		•		
23	Hole Size		•		
24	Layer Pairs		•		Интерактивная трассировка
High Speed					
25	Parallel Segment		•		
26	Length		•		
27	Matched Net Length		•		Выравнивание по длине
28	Daisy Chain Stub Length		•		
29	Vias Under SMD		•		
30	Maximum Via Count		•		
Placement					
31	Room Definition		•		Авторазмещение в комнате (команда Within Room)
32	Component Clearance		•		Авторазмещение (Cluster Placer)
33	Component Orientations				Авторазмещение (Cluster Placer)
34	Permitted Layers				Авторазмещение (Cluster Placer)
35	Net to Ignore				Авторазмещение (Cluster Placer)
36	Height		•		Автозазмещение в режиме 3D

разом, чтобы полная длина всех соединений была минимальной. Специфические ограничения могут накладываться на отдельные цепи по нескольким причинам: для высокоскоростных схем, где отражения сигналов должны быть минимизированы, применяется последовательная топология – «цепочка»; для цепей заземления может быть использована топология типа «звезда», что гаранти-

рует наличие общей точки для всех проводников.

В описываемом правиле могут быть применены следующие виды топологий:

- Shortest (минимальная длина) – соединяет все узлы так, чтобы полная длина всех соединений была минимальной;
- Horizontal (горизонтальная) – соединяет все узлы таким образом,

чтобы длина горизонтальных связей относилась к длине вертикальных как 5 : 1;

- Vertical (вертикальная) – соединяет все узлы таким образом, чтобы длина вертикальных связей относилась к длине горизонтальных как 5 : 1;
- Daisy-Simple (простая цепочка) – соединяет все узлы в цепочку один за другим. Порядок следова-

ния узлов в цепочке рассчитывается так, чтобы минимизировать общую длину. Если заданы начальная и конечная контактные площадки (source и terminator), то остальные располагаются по принципу минимизации общей длины. Для назначения начальных или конечных контактных площадок необходимо выполнить их редактирование;

- Daisy-Mid Driven (цепочка с началом в центре) – начальный узел (или узлы) размещается в центре цепочки, остальные узлы делятся на две группы и размещаются по разные стороны от начального узла. При этом необходимо задать два конечных узла, которые размещаются на концах цепочки. Если не определены два конечных узла, то используется топология простой цепочки Daisy-Simple;
- Daisy-Balanced (сбалансированные цепочки) – всё множество узлов делится на одинаковые по числу узлов цепочки, общее количество которых равно числу конечных узлов. Затем эти цепочки соединяются с начальным узлом по схеме «звезда». Несколько начальных узлов соединяются вместе;
- Star (звезда) – каждый узел подсоединяется непосредственно к начальному узлу. Если заданы конечные узлы, они подсоединяются после каждого узла. При наличии нескольких начальных узлов они соединяются вместе, как в топологии типа Daisy-Balanced.

Правила выполняются в следующем порядке: *Star, Daisy-Balanced, Daisy-Mid Driven, Daisy-Simple, Horizontal, Vertical, Shortest.*

Routing Priority Rule (приоритет трассировки) – присваивает цепи приоритет трассировки. Самый высокий приоритет равен 100, самый низкий – 0. Приоритет трассировки представляет собой относительное значение, используемое для задания порядка автоматической трассировки цепей.

Routing Layers Rule (слои трассировки) – определяет слои, которые будут использоваться при автоматической трассировке.

Routing Corners Rule (углы изгиба проводников) – определяет стиль излома проводников, используемый при автоматической трассировке.

Изломы могут быть скруглёнными или под углом 45°. Устанавливаемые значения определяют минимальный и максимальный размеры скоса или дуги.

Routing Via Style Rule (стиль переходных отверстий) – определяет диаметр контактной площадки и диаметр круглого переходного отверстия.

Fanout Control – стиль отвода проводника от контактной площадки для поверхностного монтажа. Можно задать варианты вывода, т.н. «фан-оуты», для различных типов корпусов.

Differential Pairs Routing (трассировка дифференциальных пар) – настройки интерактивной трассировки дифференциальных пар. Данное правило задаёт зазор между двумя проводниками пары и размер препятствия, которое проводники пары могут огибать не параллельно.

Группа SMD

Правила для контактных площадок под поверхностный монтаж. Согласно таблице, все правила этой группы используются только при проверке правил проектирования, т.е. программа в автоматическом и интерактивном режиме не выполняет требования этих правил.

SMD to Plane (минимальное расстояние до переходного отверстия) – определяет максимальное расстояние от центра контактной площадки компонента для поверхностного монтажа до ближайшего переходного отверстия на внутренний слой питания или заземления.

SMD to Corner (минимальное расстояние до изгиба) – определяет минимальное расстояние от центра контактной площадки компонента для поверхностного монтажа до ближайшего изгиба подключенного к ней проводника.

SMD Neck-Down (сужение ширины проводника) – определяет максимальное отношение ширины проводника к ширине контактной площадки компонента для поверхностного монтажа, выраженное в процентах.

Группа Mask

Правила для нанесения паяльной пасты и защитной маски.

Solder-Mask Expansion Rule (размер окна в трафарете для защитной мас-

ки) – задаётся величина, на которую расширяется или сжимается рисунок контактной площадки на слое Solder Mask, из которого формируются окна в трафарете для пайки волной. Приоритет имеет правило, которое определяет наибольшее значение.

Paste-Mask Expansion Rule (размер окна в трафарете для нанесения паяльной пасты) – задаётся величина, на которую расширяется или сжимается рисунок контактной площадки на слое Paste Mask, из которого формируются окна в трафарете для нанесения паяльной пасты. Сжатие рисунка осуществляется при задании отрицательного значения. Приоритет имеет правило, которое определяет наименьшее расширение.

Группа Plane

В данной группе перечислены правила для подключения полигонов и экранных слоев.

Power Plane Connect Style (стиль соединения выводов со слоем питания) – определяет стиль соединения выводов компонента со слоем питания; аналогичен стилю подключения полигона. Заметим, что слой питания отображается в негативе, следовательно, нарисованный на нём примитив будет вытравлен на слое меди.

Power Plane Clearance (зазоры на слоях питания) – определяет радиальный зазор, создаваемый вокруг переходных отверстий и контактных площадок, которые проходят сквозь слои питания, но не соединяются с ними. Приоритет имеет правило, которое определяет наибольший зазор.

Polygon Connect Style (стиль соединения выводов с полигоном) – определяет стиль соединения выводов компонента с металлизированным полигоном. Система допускает два типа соединения: непосредственное (сплошное) соединение и соединение с тепловым барьером, а также отсутствие соединения. При выборе соединения с тепловым барьером необходимо задать количество и ширину проводников, а также угол их расположения.

Группа Manufacturing

В этой группе расположены правила, учитываемые при производстве, т.е., другими словами, задаются техно-

логические ограничения производства.

Minimum Annular Ring (минимальный размер контактной площадки) – определяет минимально допустимый размер кольца контактной площадки, который измеряется радиально от края отверстия контактной площадки до её кромки. Выполняется правило с наибольшим установленным размером кольца.

Acute Angle (ограничение на размер острых углов) – определяет минимально допустимый угол излома проводников. Наличие острых углов может стать проблемой при производстве платы, т.к. при травлении в точке излома может возникнуть разрыв. Выполняются правила с максимально заданными размерами углов.

Hole Size (диаметр отверстия) – определяет минимально и максимально допустимые значения диаметра присутствующих на плате отверстий. Может быть задано как абсолютное значение диаметра, так и относительное (от размера контактной площадки или кольца переходного отверстия). Приоритет имеет правило с наименьшим минимальным значением и наименьшей разностью максимального и минимального значений.

Layer Pairs (пары слоёв) – проверяет соответствие используемых пар слоёв парам слоёв для сверления, которые определяются из присутствующих на плате контактных площадок и переходных отверстий. Для каждой пары слоёв один выбирается Start Layer, другой – End Layer.

Группа High Speed

В этой группе представлены правила задаваемые для высокоскоростных схем.

Parallel Segment Constraint (ограничение на длину параллельных сегментов) – определяет длину параллельных сегментов двух проводников в зависимости от заданного расстояния между этими сегментами. Заметим, что данное правило тестирует только два сегмента проводников и не тестирует наборы сегментов. Для оценки уровня перекрёстных искажений, которые являются функцией длины и размера зазора, необходимо использовать несколько таких правил для множества параллельно проложенных сегментов цепи. Уста-

новка данного правила не создаёт конфликта дублированных правил. Данное правило проверяется программой проверки (DRC) в интерактивном и пакетном режимах.

Length (ограничение длины проводника) – определяет минимальную и максимальную длину проводника. Приоритет имеет правило, которое определяет наименьшую разницу между установленными значениями.

Matched Net Lengths (допуск согласования длин цепей) – определяет разницу длин цепей, которые должны быть выровнены по длине. Редактор печатных плат определяет самую длинную цепь (в указанной группе) и сравнивает её с другими цепями в этой группе.

Daisy Chain Stub Length (ограничение на длину шлейфа) – определяет максимально допустимую длину шлейфа для цепей с топологией в виде цепочки. Приоритет имеет правило, которое определяет наименьшую длину шлейфа.

Via Under SMD (переходные отверстия под SMD-элементами) – устанавливает возможность размещения переходных отверстий во время автоматической трассировки под контактными площадками для устройств, использующих технологию поверхностного монтажа.

Maximum Via Count (максимальное число переходных отверстий) – определяет максимально допустимое количество переходных отверстий.

Группа Placement

В последней группе перечислены правила проектирования, используемые при размещении компонентов.

Room Definition (области размещения) – определяет область (Room), в которой либо разрешено, либо запрещено размещать некоторый набор объектов. Области размещения определяются с помощью команды меню *Place > Room*. Редактирование областей производится аналогично любым другим объектам на плате. Установленные правила проверяются в режимах интерактивной или пакетной проверки правил проектирования (DRC), а также при автоматическом размещении компонентов программой Cluster Placer.

Component Clearance Constraint (расстояние между компонентами) – устанавливает минимально допус-

тимое расстояние между компонентами. В списке задаётся один из двух режимов проверки: либо выбирается общий зазор между компонентами по горизонтали и вертикали (Infinite), либо задаются отдельные значения (Specified).

Component Orientation Rule (ориентация компонентов) – определяет допустимую ориентацию компонентов. Разрешается назначать одновременно несколько видов ориентации, что позволяет программе автоматического размещения выбирать любую из них.

Permitted Layers Rule (разрешённые слои) – определяет, на каких слоях программой Cluster Placer могут быть размещены компоненты. Программа Cluster Placer не может изменить слой, где будут размещаться компоненты, поэтому необходимо устанавливать слой до её запуска.

Nets to Ignore (игнорирование цепей) – определяет, какие цепи не должны быть оптимизированы при выполнении программой Cluster Placer операции автоматического размещения. Отключение оптимизации цепей питания и земли может помочь в быстром и качественном размещении компонентов.

Height (высота) – определяет ограничение по высоте компонентов, которые могут располагаться в указанной области. ☺

Продолжение следует.