

Delta Design 4.0. Задание правил проектирования топологии печатных плат в текстовом виде. Как это понимать

Дмитрий Сорока, Дмитрий Тимасов

Пользователи, знакомые с Delta Design (www.aremex.ru) по работе с предыдущими версиями системы, при переходе на версию Delta Design 4.0 столкнутся с кардинальным изменением методологии задания правил проектирования для редактора топологии печатных плат. Привычная табличная форма задания правил уступила место текстовой. Значительная часть пользователей САПР печатных плат весьма консервативна, и новая методология на первых порах может вызывать некоторый дискомфорт. Поэтому в этой статье мы постарались, не вдаваясь в детали, пояснить базовые принципы организации нового текстового описания правил, после осознания которых переход не должен вызвать особых затруднений.

Взгляд на изменения сверху

Надо сразу отметить, что вместо многоярусной сложной системы таблиц, представленной в подсистеме «Правила» предыдущих версий, теперь все правила проекта представлены в виде единого текста, каждая строка которого задаёт отдельное правило (приоритет правила уменьшается от начала к концу текста), а задание и модификация правил, по сути, сводится к редактированию текста в текстовом редакторе. Все типы правил, поддерживаемые в версии 3.7, поддерживаются в версии 4.0, так же как и механизм автоматической конвертации правил в новое представление.

На рис. 1 показано, как выглядит фрагмент представления правил проектирования топологии печатной платы в подсистеме «Правила» для стандартного примера «Плата управления» в версии 3.7 (а) и в версии 4.0 после автоматической конвертации (б). Сверхсложное табличное представление правил превратилось в пол-экрана текста. К тому же это не самое оптимальное представление, его можно свернуть до полутора десятка строк (в).

Очевидно, новый вариант выглядит гораздо более компактно и вполне симпатично, но не очень привычно и поэтому не совсем понятно. Мы уже сказали, что все типы правил, поддерживаемые в версии 3.7, доступны для задания в текстовом представлении. Если обозначить крупными мазками, то все правила проектирования топологии можно разделить на несколько групп:

- зазоры;
- требования к трассировке цепей;
- запреты/разрешения на размещение объектов цепей.

Задаём зазоры

Зазоры определяют минимально допустимое расстояние между парой объектов топологии печатной платы. Величина задаваемого зазора может зависеть от типа объектов (трек, переходное отверстие, планарная контактная площадка, сквозная контактная площадка, металлизация, отверстие и другие), цепи, которой принадлежит объект, слоя и области печатной платы. Строка правил с ключевым словом **Clearance** позволяет задать значения зазоров между любыми типами объектов с учётом цепей, слоёв и областей. На примере строки для задания зазоров рассмотрим основные принципы, которые лежат в основе языка описания правил.

Формат строки правил для описания зазоров выглядит следующим образом:

Clearance: (ПредикатNO_1; ПредикатNO_2) on (ПредикатP) = {Min: Значение; Not: Значение}

Предикат в контексте языка описания правил – это логическое выражение, определяющее некоторое множество. При задании зазоров **ПредикатNO_1** и **ПредикатNO_2** имеют одну природу и формируют множество объектов топологии цепей на основе типов объектов, имён цепей и классов цепей. Выражение **IsTrack && Net="GND"** определяет множество всех трексов цепи с име-

нем «GND». Для понимания: это можно читать как множество трексов цепи «GND». Выражение **(IsTrack || IsVia) && Net="+5V"** читается как множество трексов и переходных отверстий цепи «+5V». Если цепи не присутствуют в логическом выражении, то считается, что множество указанных типов не фильтруется по цепям, т.е. в множество включаются объекты данного типа всех цепей. Так, например, выражение **IsTrack** задаёт множество всех трексов, а выражение **IsTrack || IsVia** – множество всех трексов и переходных отверстий на плате. Если нет указания на тип объектов, а определены только цепи, то множество включает все объекты цепей, например, выражение **Net="+5V"** определяет множество всех объектов цепи «+5V». Специальный вид выражения **Any** говорит, что все объекты всех цепей включаются в множество.

Скобочная форма (**ПредикатNO_1; ПредикатNO_2**) определяет условие применимости строки правил для заданной пары объектов. Правило применимо к паре объектов, только если существует вариант, когда объекты входят в разные множества, сформированные предикатами. При этом надо понимать, что множества, формируемые выражениями в **ПредикатNO_1** и в **ПредикатNO_2**, могут пересекаться и даже быть, по сути, эквивалентными множествами. Так, например, условие **(IsTrack; IsTrack)** определяет, что строка правил задаёт зазоры между двумя треками произвольных цепей, а условие **(Net="GND"; Net="GND1")** – между любыми объектами цепей «GND» и «GND1». Если надо определить единый зазор для всех объектов цепей, используется выражение **(Any; Any)**. Начало строки **Clearance: (IsSmdPad && Net="GND"; (IsTrack || IsVia) && Net="+5V")** читается как зазоры между планарными контактными площадками цепи «GND» и треками (или переходными отверстиями) цепи «+5V».

Скобочная форма (**ПредикатP**) определяет, в каких местах платы будет действовать правило. Если данная ско-

Плата управления * x

Плата управления * x

Слой в: ПКП Заливка Трек Все СКП ПО Правила: Колонке Строчке

Цели Слой и рег... Набор прав... Все зазоры

Цели	Слой и рег...	Набор прав...	Все зазоры	Трек к:	Трек к:	СКП к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:
Цели	Слой и рег...	Набор прав...	Все зазоры	Трек к:	Трек к:	СКП к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:	Трек к:
Все цепи	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
+12V	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
+5V	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
GND	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET001	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET002	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET003	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET004	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET005	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET006	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET007	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET008	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET009	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET010	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET011	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET012	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET013	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET014	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET015	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET016	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET017	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET018	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
NET019	Все слои		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Цели Регионы

- +12V
- +5V
- GND
- NET0001
- NET0002
- NET0003
- NET0004
- NET0005
- NET0006
- NET0007
- NET0008
- NET0009
- NET0010
- NET0011
- NET0012
- NET0013
- NET0014
- NET0015
- NET0016
- NET0017
- NET0018
- NET0019

а)

Плата управления x

```

1 Allow: (IsTrack || IsVia || IsMetal) = true
2 Allow: (Any) = {TJunction:PinViaTrack}
3 Allow: (Any) = {ViaOnPad:false}
4 Allow: (Any) = {ViaStyle:[ALL]}
5 DiffPair: (Any) = {Min:0.25; Nom:0.25; Neck:0.25; NeckGlobal:0.25; NeckLocal:0.25; GapMin:0.25; GapNom:0.25; NeckGap:0.12; GapTolerance+:0.05; GapTolerance-:0.05}
6 DiffPair: (Any) = {UncoupledGlobal:3; UncoupledLocal:3; PhaseTolerance:3; IncludeGathering:true}
7 Width: (IsAnnualRing) = 0.1
8 Width: (Net="+12V") = {Min:0.25; Nom:1}
9 Width: (Net="+5V") = {Min:0.25; Nom:0.5}
10 Width: (Net="UCC_MK") = {Min:0.25; Nom:0.5}
11 Width: (Any) = {Min:0.25; Nom:0.25; Neck:0.25; NeckGlobal:0.25; NeckLocal:0.25}
12 Clearance: (IsTrack; IsTrack || IsPad || IsVia || IsHole || IsMetal) = 0.25
13 ClearanceSN: (IsTrack; IsTrack || IsPad || IsVia || IsHole || IsMetal) = 0.25
14 Clearance: (IsSmdPad; IsSmdPad || IsHole || IsMetal) = 0.25
15 ClearanceSN: (IsSmdPad; IsSmdPad || IsHole || IsMetal) = 0.25
16 Clearance: (IsThroughPad; IsPad || IsVia || IsHole || IsMetal) = 0.25
17 ClearanceSN: (IsThroughPad; IsPad || IsVia || IsHole || IsMetal) = 0.25
18 Clearance: (IsVia; IsSmdPad || IsVia || IsHole || IsMetal) = 0.25
19 ClearanceSN: (IsVia; IsSmdPad || IsVia || IsHole || IsMetal) = 0.25
20 Clearance: (IsHole; IsBorder) = 0.35
21 Clearance: (IsHole; IsHole) = 0.45
22 Clearance: (IsMetal; IsBorder || IsHole || IsMetal) = 0.25
23 ClearanceSN: (IsMetal; IsHole || IsMetal) = 0.25
    
```

б)

Плата управления * x

```

1 Allow: (IsTrack || IsVia || IsMetal) = true
2 Allow: (Any) = {TJunction:PinViaTrack}
3 Allow: (Any) = {ViaOnPad:false}
4 Allow: (Any) = {ViaStyle:[ALL]}
5 DiffPair: (Any) = {Min:0.25; Nom:0.25; Neck:0.25; NeckGlobal:0.25; NeckLocal:0.25; GapMin:0.25; GapNom:0.25; NeckGap:0.12; GapTolerance+:0.05; GapTolerance-:0.05}
6 DiffPair: (Any) = {UncoupledGlobal:3; UncoupledLocal:3; PhaseTolerance:3; IncludeGathering:true}
7 Width: (IsAnnualRing) = 0.1
8 Width: (Net="+12V") = {Min:0.25; Nom:1}
9 Width: (Net="+5V" || Net="UCC_MK") = {Min:0.25; Nom:0.5}
10 Width: (Any) = {Min:0.25; Nom:0.25; Neck:0.25; NeckGlobal:0.25; NeckLocal:0.25}
11 Clearance: (IsHole; IsBorder) = 0.35
12 Clearance: (IsHole; IsHole) = 0.45
13 Clearance: (Any; Any) = 0.25
14 ClearanceSN: (Any; Any) = 0.25
    
```

в)

Рис. 1. Представление правил в табличном и текстовом виде: фрагмент представления правил проектирования топологии печатной платы в подсистеме «Правила» для стандартного примера «Плата управления» в версии 3.7 (а); в версии 4.0 после автоматической конвертации (б); после оптимизации (в)

Цели	Слой и регион	Набор прав	Трек	Ширина трек	Мин	Номинал	Зауженный регион	Ширина	Длина общ.	Макс. длин.	Расположе.	Кол. ПО	Стиль ПО	Дифференциальная пара	Зазор ноки.	Зазор ноки.	Зауженный.	Допуск+	Допуск-	Макс. доп.	Длина незавершенных участков	Общая	Ед. участка	Учет выко...
Цель 1	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 2	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 3	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 4	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 5	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 6	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 7	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 8	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 9	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 10	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 11	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 12	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 13	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 14	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 15	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 16	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 17	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 18	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 19	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 20	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 21	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 22	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 23	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 24	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 25	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 26	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 27	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 28	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 29	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						
Цель 30	Все слои	0.1	0.3	0.1	1	0.3	0.1	0.3	-	Разрешены	0.1	0.1	0.05	0.004	0.004	2	5	5						

Рис. 2. Табличное представление «физических» правил для цепей

бочная форма отсутствует в строке, предполагается, что правило действует по всей плате. Предикат задаёт множество «областей-фрагментов» платы, отфильтровывая области по слоям, регионам и стекам слоёв. Задав выражение `Layer="L1"`, мы говорим, что правило относится к слою «L1». Задав `Region="RegionBGA"`, мы отфильтровываем только область платы внутри региона с названием «RegionBGA», а для `Stack="Flex"` область действия правила ограничивается гибкой (судя по названию стека слоёв «Flex») частью платы. Если предикат не содержит выражений, определяющих слой, регион или область с заданным стеком слоёв, то фильтрация области по этим параметрам не осуществляется. То есть выражение: `(Region="RegionBGA")` говорит о том, что правило распространяется на все слои области региона «RegionBGA», а выражение `(Stack="Flex")` – о том, что на все слои области платы со стеком слоёв «Flex». Выражение `(Layer="L1" | Layer="L2")` определяет, что правило действует на слоях «L1» и «L2» по всей области платы (во всех регионах и для всех стеков слоёв). Специальный вид выражения `Any` говорит, что правило работает на всей плате (хотя это можно определить просто, опустив скобочную форму). Если необходимо сказать, что правило действует на всех слоях, кроме слоя «L1» в регионе «RegionBGA», то это будет выглядеть как `(Layer!="L1" && Region="RegionBGA")`.

Теперь мы готовы с пониманием сформулировать условия применения правила, расположенные в левой части строки до знака «=». Например,

мы хотим задать зазоры между треками цепи «+5V» и переходными отверстиями цепи «GND» на слое «L1» в регионе «RegionBGA». Левая часть строки в этом случае может выглядеть следующим образом:

`Clearance: (IsVia && Net="GND"; IsTrack && Net="+5V") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") =`

Или так:
`Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") =`,
 т.е. `ПредикатNO_1` и `ПредикатNO_2` можно переставлять в строке местами.

Осталось понять, каким, собственно, образом задавать значение зазоров. За задание значений отвечает правая часть строки после знака «=» – скобочная форма с фигурными скобками, внутри которой можно задать значения для набора параметров, поддерживаемых для рассматриваемого типа правила. Для правил, определяющих зазоры, поддерживается значение минимального зазора (собственно, то, что определяется как зазоры в большинстве САПР печатных плат) и значение номинального зазора (параметр, используемый инструментами топологического трассировщика TopoR, поддержки которого не было в версии 3.7 из-за трудностей расширения табличного интерфейса). Параметры именованные и значения задаются после имени параметра с двоеточием, точка с запятой разделяет параметры (порядок именованных параметров не важен). Выражение `{Min:0,25; Nom:0,4}` (или эквивалентное `{Nom:0,4; Min:0,25}`) означает, что минимальный разрешён-

ный зазор равен 0,25, а номинальный зазор для TopoR – 0,4 в единицах измерения по умолчанию. Единицы измерения также могут быть указаны после цифровых значений, например, задание в тысячных дюйма будет выглядеть как `{Min:0,25mil; Nom:0,4mil}`.

Теперь мы понимаем, как написать правило полностью:

`Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") = {Min:0,25mil; Nom:0,4mil}`

Что ещё важно понимать при задании значений, так это то, что одна строка правил может содержать не весь набор параметров. Например, строка: `Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") = {Min:0,25mil}` задаёт только значения минимального зазора.

А строка правил: `Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA2") = {Min:0,25mil; Nom:0,4mil}` эквивалентна двум строкам: `Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") = {Min:0,25mil}` и `Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") = {Nom:0,4mil}`.

Такой способ работы с параметрами, с учётом приоритетов правил, позволяет организовать «иерархическое» задание правил:

Clearance: (IsTrack && Net="+5V"; IsVia && Net="GND") on (Layer="L1" && Region="RegionBGA") = {Min:0,25mil}

Clearance: (Any; Any) = {Min: 0,4mil; Nom: 0,4mil}

В этом примере на нижнем уровне для всех объектов на плате задан минимальный и номинальный зазор 0,4, а потом минимальный зазор между треками цепи «+5V» и переходными отверстиями цепи «GND» на слое «L1» в регионе «RegionBGA» переопределён как 0,25. Этот принцип лежит в основе создания «стандартных» правил. Поскольку больший приоритет имеют параметры, определённые в правилах, расположенных ближе к началу текста, мы можем задать в конце текста общий, не детализированный массив правил, а потом переопределить значения для конкретных случаев.

Хотя рассмотренная конструкция задания правил для зазоров между объектами цепей теоретически может работать и для объектов внутри одной цепи, в версии Delta Design 4.0 для совместимости с предыдущими версиями используется конструкция

ClearanceSN: (ПредикатNO_1; Предикат NO_2) on (ПредикатP) = {Min: Значение; Nom: Значение}.

Она фактически повторяет конструкцию **Clearance**, но правило **ClearanceSN** используется только для пары объектов, принадлежащих одной цепи (в то время как в текущей версии 4.0 строка правил **Clearance** работает, только если объекты принадлежат разным цепям). Строки правил:

ClearanceSN: (NetClass="Земля"; Any) = {Min:0,25mm}

и

ClearanceSN: (NetClass="Земля"; NetClass="Земля") = {Min:0,25mm}

читаются одинаковым образом – «Минимальный зазор между любыми объектами одной цепи, для цепей, входящих в класс «Земля», равен 0,25 миллиметра».

Задаём требования к трассировке цепей

Достаточно подробно рассмотрев принципы организации строки текстовых правил для задания зазоров, рассмотрим, как можно задать правила других типов. Правила трассировки цепей в Delta Design 3.7 услов-

но разделены на «Физические» и «Электрические». Таблица для задания «Физических» правил в версии 3.7 представлена на рис. 2.

Здесь определяются требования к ширине треков при трассировке, типу и числу использованных переходных отверстий и другие.

Пожалуй, наиболее часто рассматриваемые требования – задание параметров, определяющих ширину трека. Ширина трека может зависеть от цепи (класса цепей) и от области, поэтому левая часть строки должна включать выражение, задающее множество цепей и областей:

Width: (ПредикатN) on (ПредикатP) =,

где предикат места **ПредикатP** организован так же, как и рассмотренный нами в строке описания требований к зазорам, а **ПредикатN** формирует подмножество цепей и классов цепей на базе всего множества цепей. Если мы хотим сказать, что правило относится к множеству цепей, состоящих из цепи «ВХОД8» и цепей, входящих в класс «Земля», то предикат будет выглядеть следующим образом:

(NetClass="Земля" || Net="ВХОД8").



РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОНДЕНСАТОРОВ

<p>Оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы K50-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>3,2 ... 485 1,0 ... 470 000 -60 ... 125</p>	
<p>Объемно-пористые танталовые конденсаторы K52-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>3,2 ... 200 1,5 ... 60 000 -60 ... 175</p>	
<p>Оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>2,5 ... 63 0,033 ... 2 200 -60 ... 175</p>	
<p>Суперконденсаторы K58-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды и эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>2,5 ... 2,7 1,0 ... 4 700 -60 ... 65</p>	
<p>Накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная емкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>5,0 ... 48 0,08 ... 783 -60 ... 65</p>	

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3
 Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53
 e-mail: elecond-market@elcudm.ru, www.elecond.ru



Реклама

Сигналы	Длина трека	Задержка сигнала	Относительная длина трека	Относительная задержка сигн...
U1.17(#17) -> U2.61(#61)				
U1.37(#37) -> U2.62(#62)				
U1.70(#70) -> U2.55(#55)				
U1.85(#85) -> U2.58(#58)				
U1.84(#84) -> U2.53(#53)				
U1.127(#127) -> U2.56(#56)				
ADD_DDR				1
CTRL_DDR				1
U1.89(#89) -> U2.63(#63)				
U1.88(#88) -> U2.57(#57)				
U1.70(#70) -> U2.55(#55)				
U1.127(#127) -> U2.56(#56)				
DATA_DDR				1
U1.31(#31) -> U2.33(#33)				
U1.49(#49) -> U2.9(#9)				
U1.86(#86) -> U2.34(#34)				
U1.83(#83) -> U2.10(#10)				
U1.29(#29) -> U2.41(#41)				
U1.11(#11) -> U2.38(#38)				
U1.30(#30) -> U2.46(#46)				
U1.48(#48) -> U2.45(#45)				
U1.10(#10) -> U2.43(#43)				
U1.47(#47) -> U2.48(#48)				
U1.9(#9) -> U2.31(#31)				
U1.28(#28) -> U2.36(#36)				
U1.46(#46) -> U2.17(#17)				
U1.8(#8) -> U2.14(#14)				
U1.7(#7) -> U2.22(#22)				
U1.27(#27) -> U2.21(#21)				

Рис. 3. Табличное представление «электрических» правил

Заметим, что союз «и» в предложении заменяется операцией «Или» (| |). Кажется, что использование операции «И» (&&) здесь вообще не потребуется, поскольку правило определяет требования к цепи, а не к паре объектов. Но вот в формах с отрицанием оно может быть вполне себе уместно и удобно, например, в выражении:

(NetClass != "Земля" && NetClass != "Питание"),

которое на словах будет звучать как «все цепи, не входящие в классы “Земля” и “Питание”». Выражение **Any** говорит, что правило будет действовать для всех цепей. Чтобы задать правило ширины, действующее по всей плате, мы можем написать:

Width: (Any) on (Any) = или **Width: (Any) =**,

опустив предикат места, так же, как и при задании зазоров.

Набор значений в правой части строки организован таким же образом, как и для зазоров, в виде скобочной формы с фигурными скобками:

{MinWidth: Значение; NominalWidth: Значение; NeckWidth: Значение; NeckMaxTotalLength: Значение; NeckMaxLocalLength: Значение}.

Набор значений такой же, как и в версии 3.7:

- минимальная ширина трека (**MinWidth** или **Min**);
- номинальная ширина трека (**NominalWidth** или **Nom**);
- ширина зауженного трека (**NeckWidth** или **Neck**);
- максимально допустимая суммарная длина зауженных участков (**NeckMaxTotalLength** или **NeckGlobal**);
- максимально допустимая длина одного зауженного участка (**NeckMaxLocalLength**, **NeckLocal**).

Интегрально формат строки для задания ограничений на ширины трексов выглядит как:

Width: (ПредикатN) on (ПредикатP) = {MinWidth: Значение; NominalWidth: Значение; NeckWidth: Значение; NeckMaxTotalLength: Значение; NeckMaxLocalLength: Значение}.

Если мы хотим задать набор параметров для ширины трексов для цепи «ВХОД8» на слое «L1» в регионе «BGA», то это может выглядеть так:

Width: (Net="ВХОД8") on (Layer="L1" && Region="BGA") = {MinWidth: 0,1; NominalWidth:0,2; NeckWidth: 0,08; NeckMaxTotalLength: 1,8; NeckMaxLocalLength: 0,9}.

Не забываем, что не обязательно задавать все параметры в одной строке правил и можно организовать «иерархические» правила.

Width: (Net="ВХОД8") on (Layer="L1" && Region="BGA") = {NominalWidth: 0,2};
Width: (Any) = {MinWidth: 0,1; NominalWidth: 0,3; NeckWidth: 0,08; NeckMaxTotalLength: 1,8; NeckMaxLocalLength: 0,9}.

Последние две строчки, с точки зрения задания параметров ширины для цепи «ВХОД8», эквивалентны предыдущей строчке. Но, задав общий базовый набор параметров для всех цепей на нижнем уровне, на более верхнем можно определять только существенные параметры.

Важное замечание: заданные в строке **Width** параметры ширины трексов действуют только для регулярных цепей, для трексов дифференциальных цепей параметры задаются другим правилом:

DiffPair: (ПредикатN) on (ПредикатP) = {MinWidth: Значение; NominalWidth: Значение; NeckWidth: Значение; MinGap: Значение; NominalGap: Значение; NeckGap: Значение; NeckMaxLocalLength: Значение; NeckMaxTotalLength: Значение; GapTolerance+: Значение; GapTolerance-: Значение; LengthDelayTolerance: Значение; LocalUncoupledLength: Значение; GlobalUncoupledLength: Значение; IncludeGathering: Значение}.

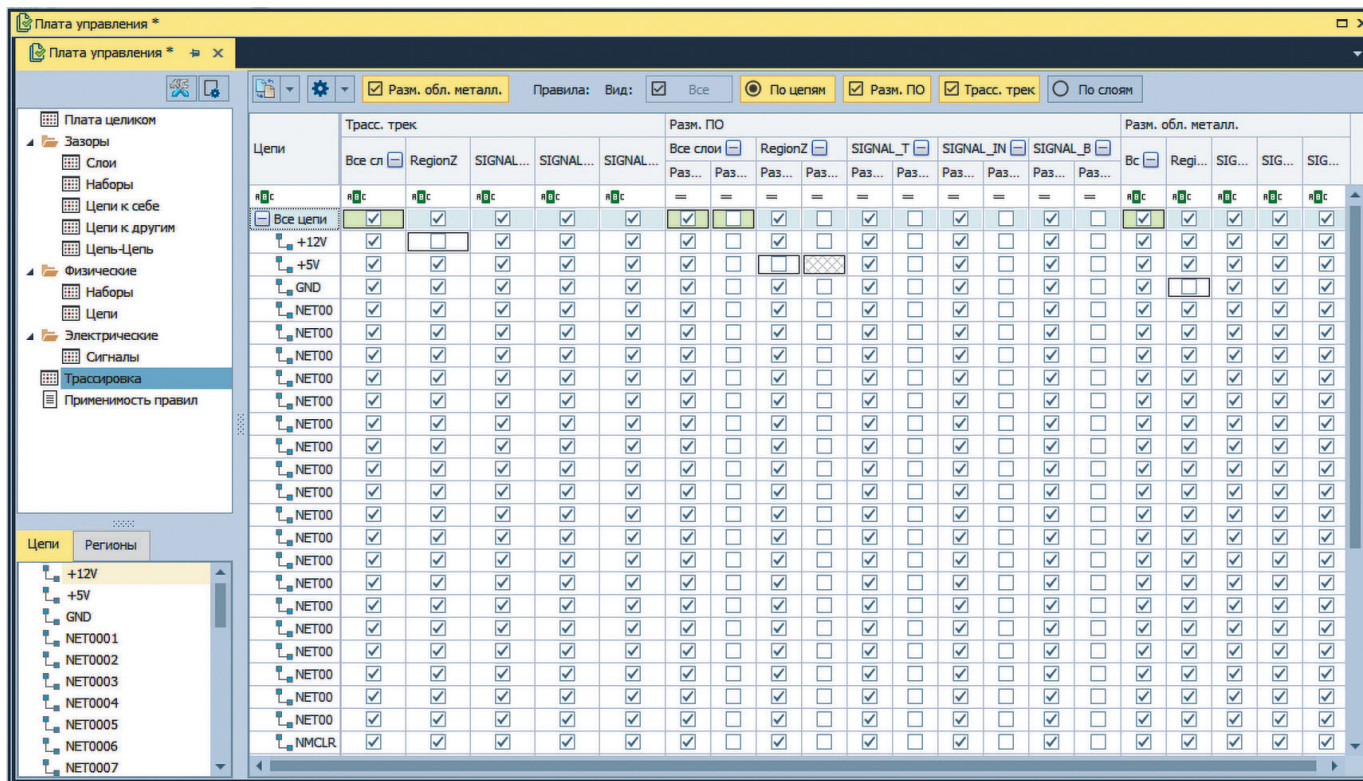


Рис. 4. Табличное представление запретов/разрешений на размещение объектов трассировки

Структура левой части правила аналогична структуре рассмотренного правила для ширины, но набор параметров гораздо шире. Связано это с особенностями трассировки дифференциальных пар, когда значения ширины трек и зазора должны быть синхронизированы, чтобы обеспечить неизменное значение волнового сопротивления выравниванием длин трек и синхронизацией фаз распространения сигнала:

- минимальная ширина трека и соответствующее ей значение дифференциального зазора (*MinWidth, Min, MinGap, GapMin*);
- номинальная ширина трека и соответствующее ей значение дифференциального зазора (*NominalWidth, Nom, NominalGap, GapNom*);
- ширина зауженного трека и соответствующее ей значение дифференциального зазора (*NeckWidth, Neck, NeckGap*);
- максимально допустимая суммарная и локальная длина зауженных участков (*NeckMaxTotalLength, NeckGlobal, NeckMaxLocalLength, NeckLocal*);
- максимально допустимая разность длин трек дифференциальной пары (*LengthDelayTolerance, PhaseTolerance*);
- ограничение на локальную, суммарную длину непарно-

го прохождения трасс и учёта выходов из контактных площадок (*LocalUncoupledLength, UncoupledLocal, GlobalUncoupledLength, UncoupledGlobal, IncludeGathering*);

- разрешённый допуск на уменьшение и увеличение зазора (*GapTolerance-, GapTolerance+*).

Поскольку параметров много, имеет смысл разбивать строку правил на несколько, например, так:

```
DiffPair: (Any) = {MinWidth:0,15;
MinGap:0,15; NominalWidth:0,2;
NominalGap:0,2}
DiffPair: (Any) = {NeckWidth:0,12; NeckGap:0,12;
NeckMaxTotalLength:0,8;
NeckMaxLocalLength:0.4}
DiffPair: (Any) = {UncoupledGlobal:2;
UncoupledLocal:1;
IncludeGathering:true}
DiffPair: (Any) = {LengthDelayTolerance:3}
DiffPair: (Any) = {GapTolerance+:0,05;
GapTolerance:-0,05}.
```

Другие типы поддерживаемых «физических» правил:

- разрешение на использование определённого стиля переходного отверстия;

- разрешение на установку переходных отверстий в области контактной площадки;
- разрешение на использование T-соединений при трассировке цепи;
- ограничение на число используемых при трассировке цепи переходных отверстий.

Первые два зависят от цепи и от области, два другие – только от цепи, соответственно для первых строка будет включать пару предикатов, а вторые – только предикат цепи.

```
Allow: (ПредикатN) on
(ПредикатP) = {ViaStyle: [Cnucok
значений]}
```

```
Allow: (ПредикатN) on
(ПредикатP) = {ViaOnPad:
Значение}
```

```
Allow: (ПредикатN) = {Tjunction:
Значение}
```

```
Allow: (ПредикатN) =
{MaxViaCount: Значение}
```

Здесь появляется ключевое слово **Allow**. С ним вот такое правило на разрешение использования переходных отверстий в области контактных площадок:

```
Allow: (Net="BXOД8") on
(Region="BGA") = {ViaOnPad:true}
```

звучит следующим образом: «разрешить при трассировке цепи “BXOД8” установку переходных отверстий на контактных площадках в регионе “BGA”». (Значение можно устанавли-

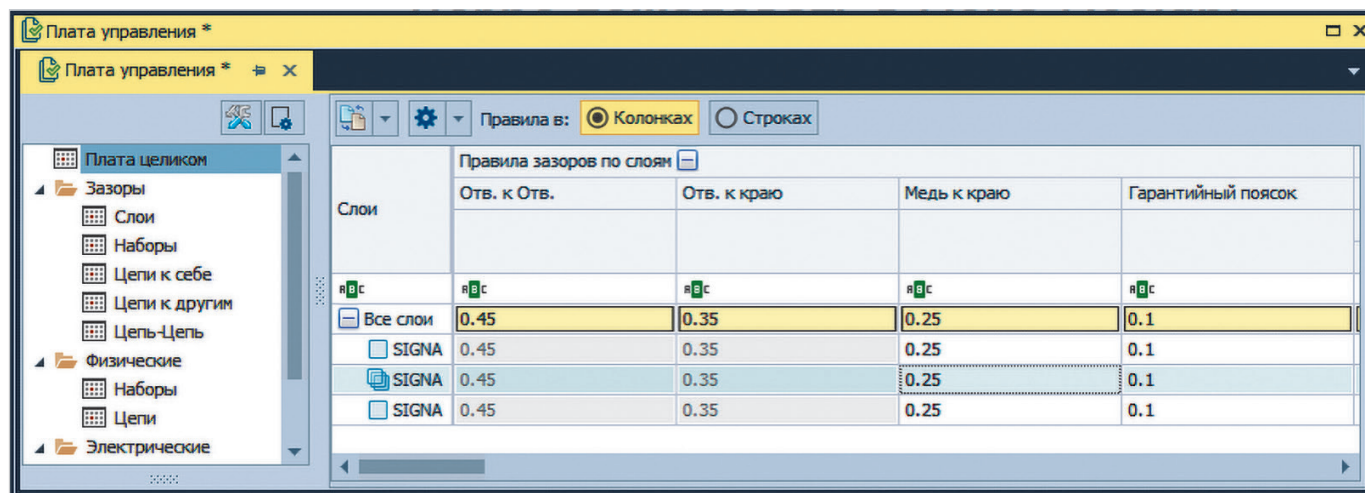


Рис. 5. Раздел «Плата целиком» табличного представления правил

вать в false, но на практике часто можно просто опустить правило.)

А вот правило **Allow: (Net="ВХОД8") on (Region="BGA") = {ViaStyle: ["ПО(flex)"; "Style 1"]}**

будет читаться как «разрешить использование при трассировке цепи «ВХОД8» в регионе «BGA» только переходные отверстия со стилями «ПО(flex)» и «Style 1»». В квадратных скобках перечисляются через точку с запятой имена разрешённых к установке стилей переходных отверстий. Значение ALL говорит, что все существующие в проекте стили могут быть задействованы.

Прочитать следующее правило, думаем, не составит особого труда:

Allow: (Net="ВХОД8") = {MaxViaCount:2}

(Разрешить использование при трассировке цепи «ВХОД8» не более двух переходных отверстий.)

Ну и, наконец, **Allow: (Net="ВХОД8") = {Tjunction:PinViaTrack}**

будет звучать как «разрешить при трассировке цепи «ВХОД8» формирование Т-соединений в области контактных площадок, переходных отверстий и трек (допустимые значения – **PinViaTrack, PinVia, Pin, None**). При значении **None** правило будет звучать как «не разрешается формирование Т-соединений».

«Электрические» правила трассировки цепей

Под «электрическими» правилами трассировки цепей в Delta Design 3.7 понимаются ограничения на длины/задержки и соотношение длин/задержек так называемых «сигналов» (сигнал представляется парой контактов,

обычно источник-приёмник, и фрагментом трассировки между этими контактами). Таблица для задания «Электрических» правил в версии 3.7 представлена на рис. 3.

Прямые ограничения на длины/задержки задаются правилом:

PinPair: (ПредикамS) = {MinLength: Значение; MaxLength: Значение},

где **ПредикамS** формирует множество имён сигналов (пар контактов), а значения задают минимальную и максимальную длину пути трассировки между контактами (или задержку, в зависимости от того, единицы длины или единицы времени используются при задании).

PinPair: (Name="XS4.2;DD1.2" || Name="XS5.1;DD1.3")

= {MinLength:10mm ; MaxLength:20mm},

PinPair: (Name="XS4.2;DD1.2" || Name="XS5.1;DD1.3") =

{MinLength:60ps ; MaxLength:20ps}

В правиле выравнивания сигналов в группах задаётся максимальная величина отклонения длины/задержки между двумя сигналами внутри одной группы сигналов:

MatchGroup: (ПредикамGS) = Значение максимального отклонения,

где **ПредикамGS** формирует множество имён групп сигналов, а значение может быть как длиной, так и задержкой в зависимости от используемых единиц измерения. В примере ниже для двух групп сигналов «GS1» и «GS2» задано, что максимальное отклонение задержки между сигналами внутри каждой группы не должно превышать 20 наносекунд:

MatchGroup: (Name="GS1" || Name="GS2") = 20ns.

Надо обратить внимание, что правило задаёт отклонение внутри каждой группы. Соотношение длин/задержек между группами здесь никак не ограничивается.

Следующее правило как раз задаёт соотношение длин/задержек между группами. Заметим, что введению таких ограничений в предыдущих версиях Delta Design препятствовал жёстко фиксированный табличный интерфейс. Текстовое представление обладает гораздо большей гибкостью, и добавление новых текстовых конструкций реализуется достаточно просто (поддержка новых правил в инструментах проектирования – это отдельный вопрос).

Delay: (ПредикамSuGS_1) from (ПредикамSuGS_2) = {MinLength: Значение; MaxLength: Значение},

где **ПредикамSuGS** формирует множество сигналов, как на основе имён сигналов, так и на основе имён групп сигналов (в данном случае группа сигналов трактуется как набор сигналов). Значения определяют минимальную и максимальную разницу между длинами/задержками двух сигналов, один из которых принадлежит множеству, определяемому предикатом **ПредикамSuGS_1**, а другой множеству, определяемому предикатом **ПредикамSuGS_2**. Например, строка правила

Delay: (Name="U3.1;U4.3") from (Name="SGroup") = {MinLength: 20ns; MaxLength: 40ns}

говорит, что задержка сигналов из группы «SGroup» должна быть на 20–40 наносекунд больше, чем задержка сигнала «U3.1;U4.3».

Запреты на размещение объектов цепей

На рис. 4 представлена табличная форма, которая позволяет для различных цепей указать, на каких областях и в каких регионах разрешено или запрещено размещение объектов трассировки.

Формат строки правил для запрета на размещения не предполагает наличия правой части:

Deny: (ПредикатNO) on (ПредикатP).

С предикатами типа **ПредикатNO** и **ПредикатP** мы уже познакомились при обсуждении зазоров. **ПредикатNO** указывает, что будет запрещено к размещению в области, определяемой предикатом **ПредикатP**.

Тем, кто внимательно дочитал до этого места, не должно составить труда проинтерпретировать следующую строку правил:

Deny: (IsTrack && Net="NET0001") on (Layer="L1" && Region="Z").

Но на всякий случай, здесь определено, что не допускается размещение трексов цепи «NET0001» на слое «L1» в регионе = «Z».

Ещё несколько правил

Поскольку мы говорили, что все типы правил, поддерживаемые в версии Delta Design 3.7, поддерживаются в версии 4.0, для полноты картины рассмотрим оставшиеся несколько правил, которые в табличной форме можно было определить в разделе «Плата целиком» (рис. 5), и то, как они определяются в текстовом виде.

Зазор между отверстиями:
Clearance: (IsHole; IsHole) on (ПредикатP) = Значение
Clearance: (IsHole; IsHole) = 0,45

Зазор между отверстием и границей платы:
Clearance: (IsHole; IsBorder) on (ПредикатP) = Значение
Clearance: (IsHole; IsBorder) = 0,35

Зазор между областью металлизации и границей платы:
Clearance: (IsMetal; IsBorder) on (ПредикатP) = Значение
Clearance: (IsMetal; IsBorder) = 0,25

Ширина гарантийного пояса:
Width: (IsAnnularRing) on (ПредикатP) = Значение
Width: (IsAnnularRing) on (ПредикатP) = 0,1

Что ещё

В этой статье мы рассмотрели основные принципы организации нового текстового описания правил проектирования топологии печатных плат, появившегося в версии Delta Design 4.0 (www.egemex.ru), показали, что все типы правил, поддерживаемые в подсистеме «Правила» предыдущей версии 3.7, доступны и в версии 4.0. Детали и полное описание формата строк можно найти в документе «Руководство пользователя. Редактор правил» (смотрите по ссылке в QR-коде).

Надо заметить, что методология текстового описания правил обладает большой гибкостью, и система правил и работы с текстовым описанием находится в развитии. Мы будем держать пользователей в курсе изменений и в следующей публикации рассмотрим, как работает «Помощник формирования правил» – пользовательский интерфейс, облегчающий формирование строки правил за счёт доступа к актуальным данным проекта и использования правильных синтаксических конструкций. ☺





Промышленный ТЕХНОПАРК

Производство, разработка и поставка постоянных резисторов, аттенюаторов и чип-индуктивностей:

- Эквиваленты нагрузок ПР1-24 (от 50 Вт - 2000 Вт)
- Аттенюаторы ПР1-25 (от 50 Вт - 2000 Вт)
- ТПИ -тепловые чип-перемычки
- СВЧ резисторы
- Мощные СВЧ резисторы P1-170 (до 1000 Вт)
- Силовые резисторы P1-150M (до 1500 Вт)
- Наборы резисторов НР1-82
- Чип-резисторы P1-8В (А,И,С) соответствуют требованиям стандарта АЕС-Q200

■ Современная производственная база

■ Высокое качество

■ Индивидуальный подход к потребителю

■ Изделия по вашему ТЗ





Связаться с нами: **8 (800) 456-33-22**

г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6
e-mail: info@erkonpark.ru

erkonpark.ru