

Управление параметрами сигналов при проектировании высокоскоростных печатных плат. Часть 2

В предыдущей части мы научились создавать группы сигналов и определять для них законы по расстоянию между объектами [1].

Евгений Махлин

design@schematica.ru

Подобным образом определяются и физические параметры для группы сигналов (рис. 26). Под физическими параметрами мы подразумеваем:

- ширину сигнала;
- ширину «шейки» сигнала и ее длину;
- параметры дифференциальной пары;
- назначение типа переходного отверстия;

- разрешение размещения переходных отверстий внутри вывода;
- разрешение размещения глухих/слепых переходных отверстий одно над другим и расстояние между ними.

Сначала мы определяем список законов для физических параметров сигналов (*Physical Constraint Set*) (рис. 27).

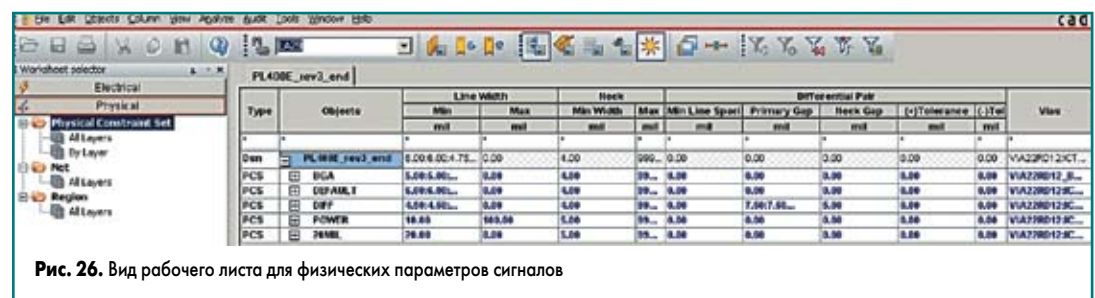


Рис. 26. Вид рабочего листа для физических параметров сигналов

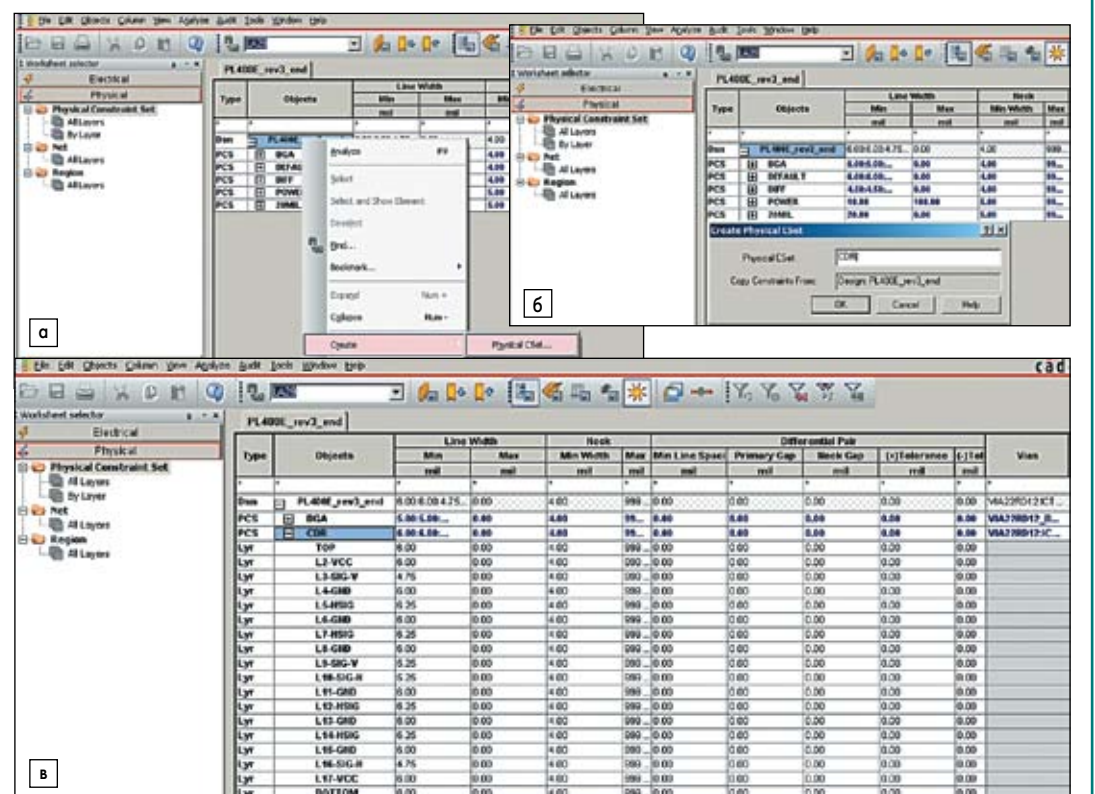


Рис. 27. Определение нового набора физических параметров (Physical Constraint Set)

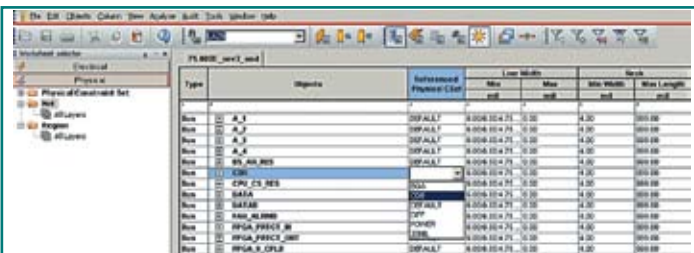


Рис. 28. Присваивание набора физических параметров (Physical Constraint Set) группе сигналов

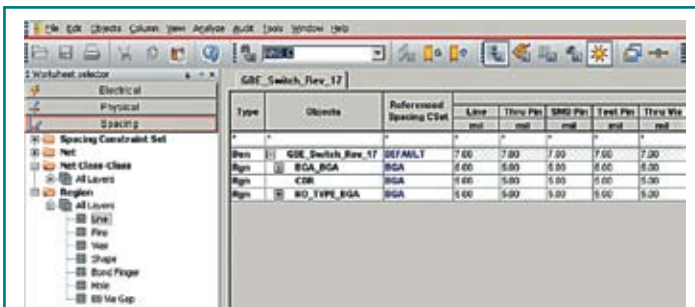


Рис. 30. Определение набора ограничений по расстоянию для Constraint Region

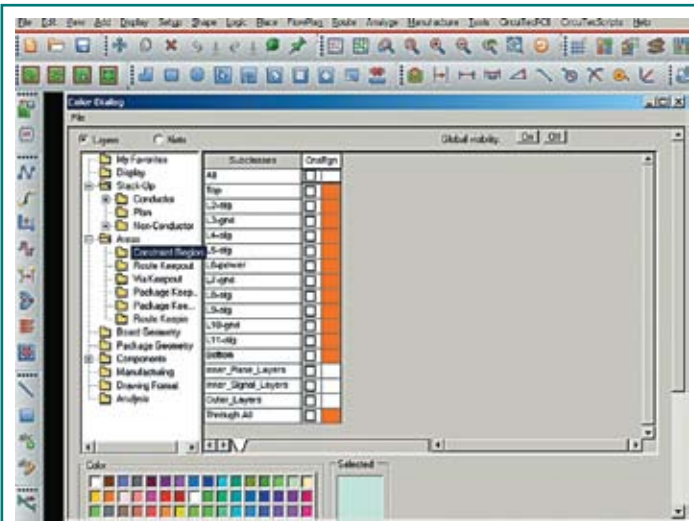


Рис. 29. Расположение Constraint Region в диалоговом окне включения видимости подклассов

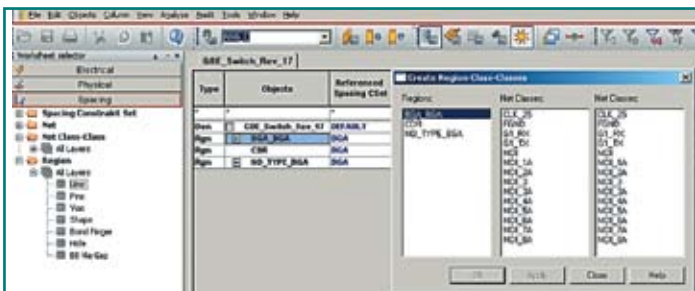


Рис. 31. Выбор закона по расстоянию между классами в Constraint Region

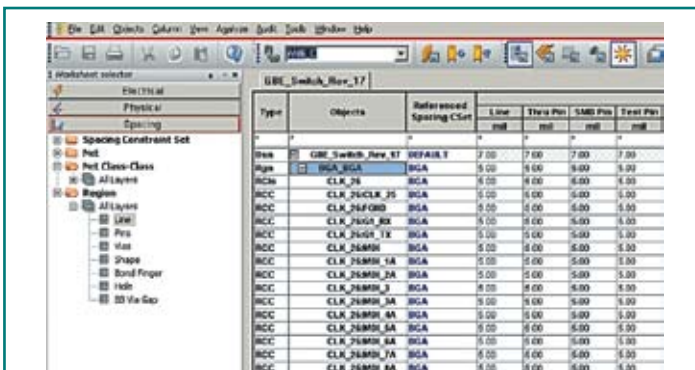


Рис. 32. Взаимодействие ранее определенных законов согласно закону для Constraint Region

Как показано на рис. 27, параметры устанавливаются сразу для всех слоев МПП. При необходимости значение можно изменить для каждого слоя в отдельности. После этого в Worksheet Selector мы выделяем папку Net и в рабочем листе присваиваем созданной группе сигналов CDR свод ограничений CDR (рис. 28). Аналогичным образом поступают с отдельными сигналами. Используя клавиши *Ctrl* или *Shift*, можно выбирать несколько сигналов из рабочего листа и присваивать им заданный ранее закон.

На МПП существуют области, в которых желательно было бы определить законы по расстоянию и физические законы, отличающиеся от заданных для всего поля (*Constraint Region*). Речь идет, прежде всего, об области BGA-компонентов, где плотность расположения выводов в матрице не всегда позволяет выдержать заданные толщины линий и расстояния между сигналами (рис. 29). В Worksheet Selector в папке *Spacing* выбираем *Constraint Region* и определяем закон по расстоянию для заданной области (рис. 30). Затем присваиваем ей те соотношения между группами, которые были заданы для всей области

МПП (рис. 31). В результате получаем соотношение законов между собой в пределах созданной новой области ограничений по расстоянию (рис. 32). На рис. 32 видно, что сейчас в области BGA_BGA все законы взаимодействуют друг с другом по правилам, определенным в наборе ограничений BGA. Выделяем область *Constraint Region* на поле МПП и устанавливаем контуры региона либо на всех слоях МПП, либо только на некоторых, и присваиваем этой области новый набор ограничений (рис. 33, 34). Подобным же образом определяется закон по фи-

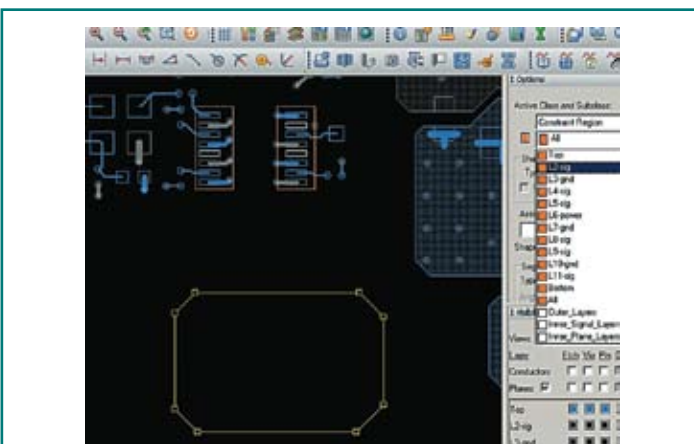


Рис. 33. Определение границ Constraint Region

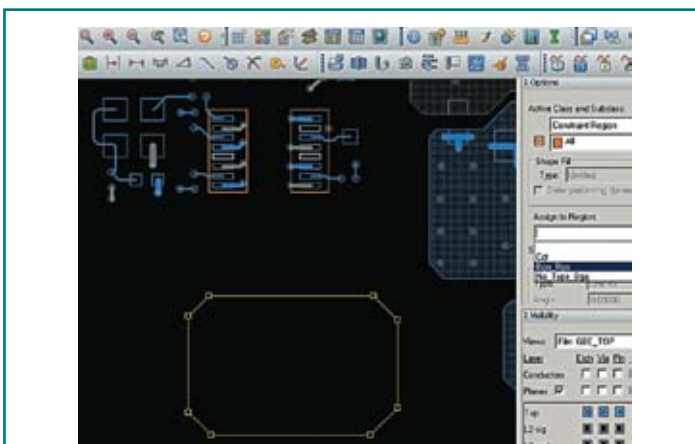


Рис. 34. Присваивание закона для Constraint Region

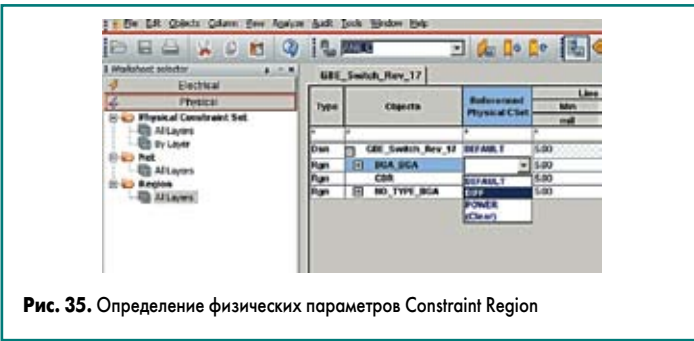


Рис. 35. Определение физических параметров Constraint Region

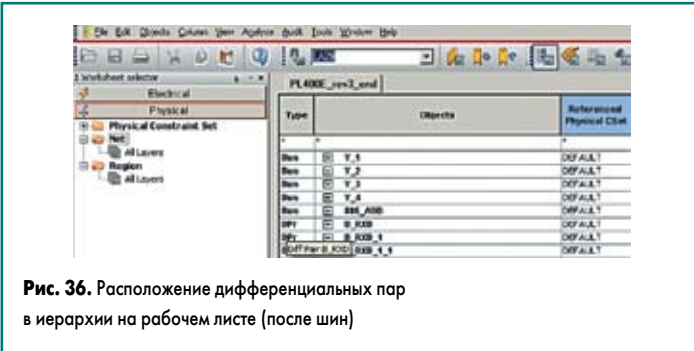


Рис. 36. Расположение дифференциальных пар в иерархии на рабочем листе (после шин)

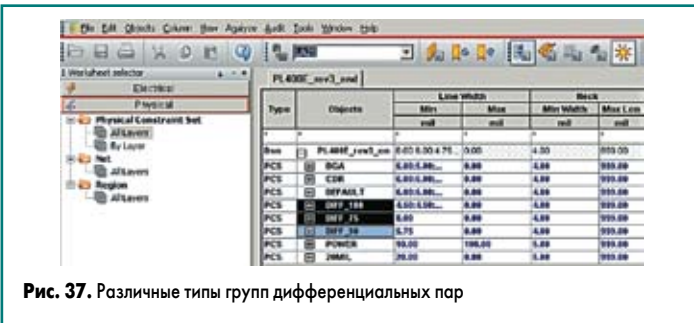


Рис. 37. Различные типы групп дифференциальных пар

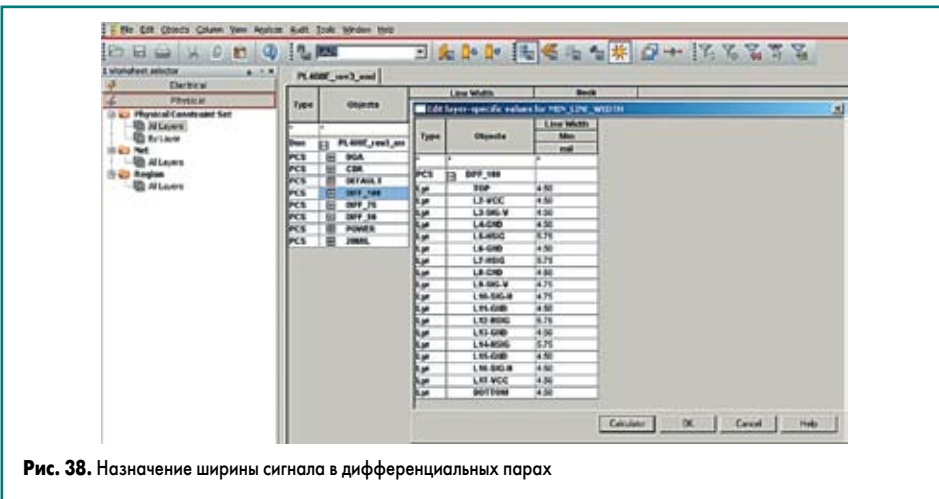


Рис. 38. Назначение ширины сигнала в дифференциальных парах

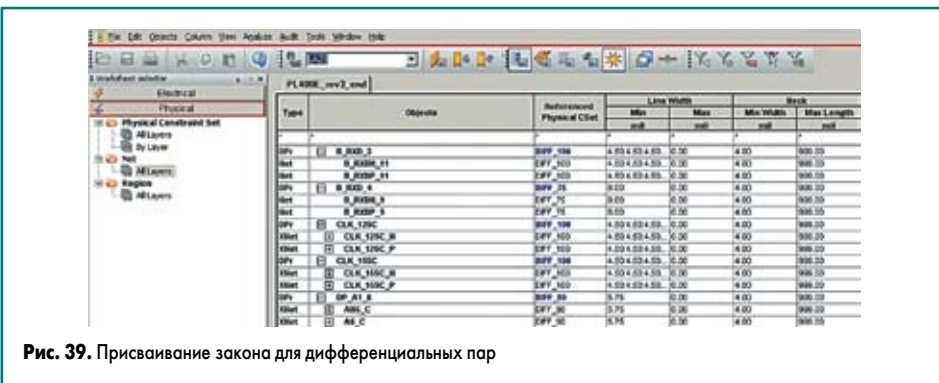


Рис. 39. Присваивание закона для дифференциальных пар

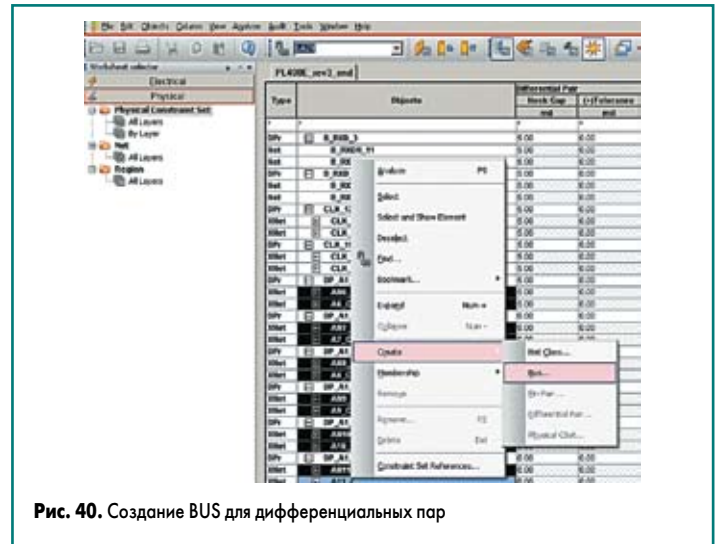


Рис. 40. Создание BUS для дифференциальных пар

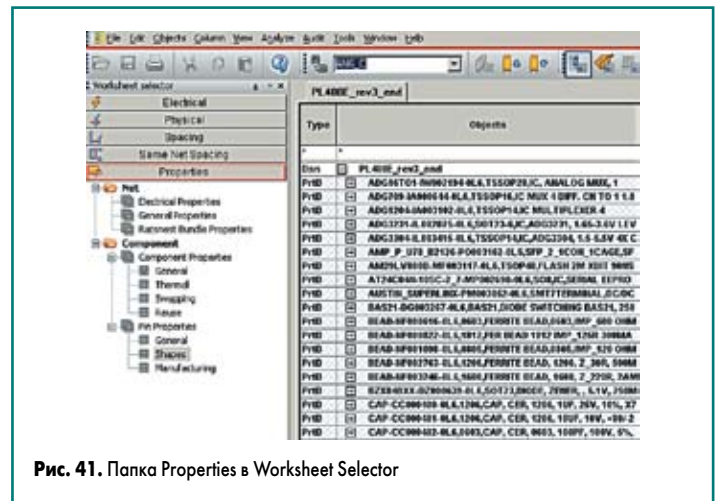


Рис. 41. Папка Properties в Worksheet Selector

зическим параметрам для данного **Constraint Region** (рис. 35). Определенные области **Constraint Region** можно копировать в другие места МПП, переносить с места на место, менять их геометрию и переназначать для них другие законы по расстоянию и физическим параметрам.

Ранее в [1] были описаны способы задания дифференциальных пар (ДП). Напомним лишь, что их можно задавать как на уровне схемы, так и непосредственно в самой среде Allegro. В данном случае происходит только назначение сигналов как членов в дифференциальной паре. Параметры ДП определяются в Constraint Manager. В зависимости от технического задания на плате может быть несколько типов ДП (например, 100, 90 и 75 Ом). Естественно, и значения для каждого типа должны быть разные.

Согласно иерархии, определенной для рабочего листа в Constraint Manager, ДП (DPR) идут следом за шинами сигналов (Bus) (рис. 36).

Для создания закона, предназначенного определенному типу ДП, в Worksheet Selector в папке **Physical Constraint Set** выбираем раздел **Diff Pair** и в рабочем листе уже известном нам способом создаем «физический набор ограничений» (**Physical CSet**). В каждой такой группе устанавливаем соответствующие ей параметры согласно расчетам волнового сопротивления — либо для всей платы в целом, либо по слоям, если значения отличаются в разных слоях МПП (рис. 37).

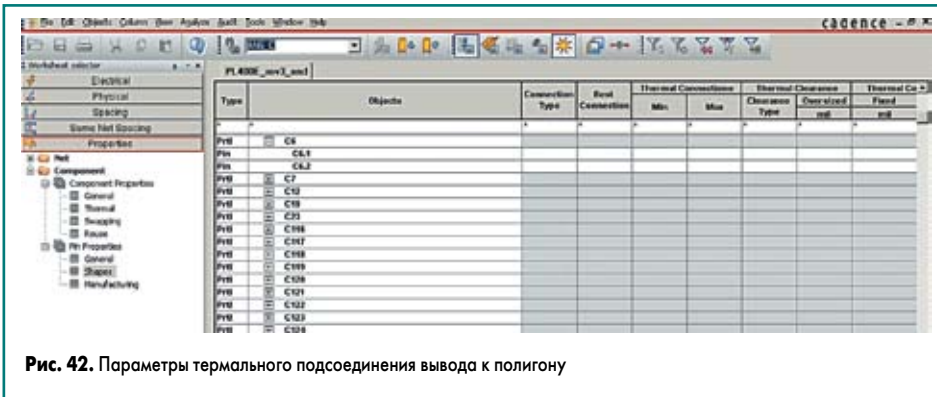


Рис. 42. Параметры термального подсоединения вывода к полигону

- Устанавливаются следующие параметры:
- ширина сигнала;
 - ширина «шейки» сигнала;
 - расстояние между крайними точками сигналов в ДП (Air Gap);
 - расстояние между крайними точками «шейки» сигналов в ДП (Air Gap);
 - разница по длине между сигналами в ДП (Tolerance);
 - выбор переходного отверстия;
 - разрешение установки переходного отверстия одно над другим;
 - разрешение установки переходного отверстия внутри ножки компонента.

Значение ширины сигнала в ДП назначаются как глобально, так и по слоям. Проверить правильность значений можно, используя встроенный калькулятор (рис. 38). После этого в рабочем листе для дифференциальной пары устанавливаем подходящий ей закон (рис. 39). Добавлю, что ДП также можно объединять в шины и группы по расстоянию (рис. 40).

Папка **Property** (Свойства) в Worksheet Selector для конструктора МПП является скорей информационной (рис. 41), поскольку отражает свойства сигналов и компонентов, введенные на уровне схемы. Но и здесь можно найти полезные функции для конструктора. Например, в папке **Pin Property** можно менять

параметры термального подсоединения вывода к полигону (рис. 42).

Папка списка ошибок (рис. 43), появляющихся при разработке МПП (DRC), в Worksheet Selector разбита на разделы, характеризующие типы ошибок по их параметрам:

- электрические;
- физические;
- ошибки по расстояниям;
- ошибки по расстояниям для одного и того же сигнала;
- конструктивные;
- внешние.

Рабочий лист для каждого типа DRC представлен в виде отчета «только для чтения»,

то есть внести изменения тут невозможно. Можно лишь найти на МПП местонахождение данной ошибки, выбрав курсором необходимую координату (рис. 44).

Выравнивание длин сигналов в группе

Одним из основных достоинств Constraint Manager является удобство в определении и работе с группами сигналов, объединенных общим требованием как по длине в целом (**Total Etch Length**, **Min/Max Propagation Delay**), так и по разнице длин между сигналами в группе (**Relative Propagation Delay**) (рис. 45).

Если необходимо проверить длину всего сигнала или группы, то удобнее всего пользоваться папкой **Total Etch Length**. В этом случае мы создаем в рабочем листе папки **Total Etch Length** набор ограничений по длине (**ECS_CDR_TOTAL_ETCH**) и определяем минимальное и максимальное значение длин сигналов для данного закона. Затем просто присваиваем этот закон для отдельного сигнала или целой их группы (рис. 46). Отметим, что проверку по длине можно задавать непосредственно в рабочем листе даже без определения закона. Просто в этом случае придется занести значение каждый раз для каждого объекта, будь то сигнал или группа сигналов (например, на рис. 47 **Bus FPGA_FRTCT_OUT**).

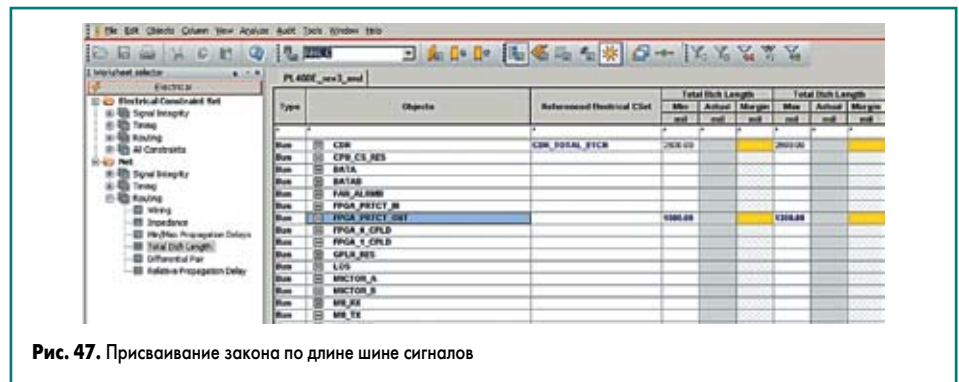


Рис. 47. Присваивание закона по длине шине сигналов

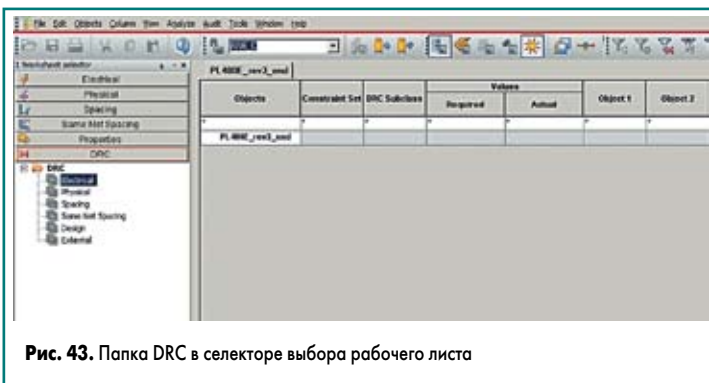


Рис. 43. Папка DRC в селекторе выбора рабочего листа

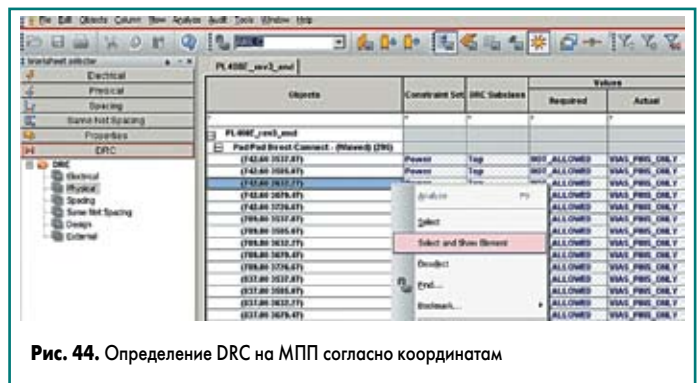


Рис. 44. Определение DRC на МПП согласно координатам

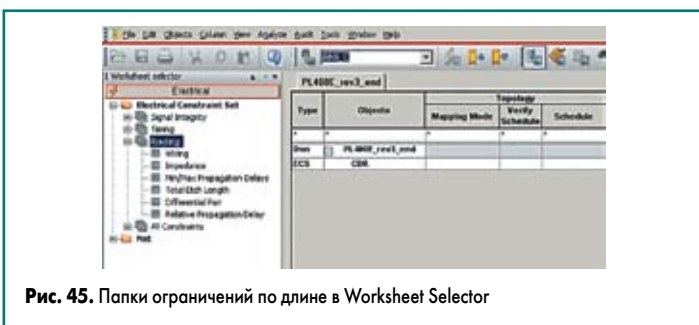


Рис. 45. Папки ограничений по длине в Worksheet Selector

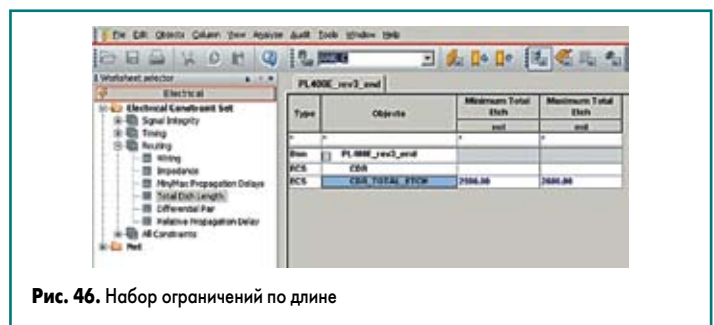


Рис. 46. Набор ограничений по длине

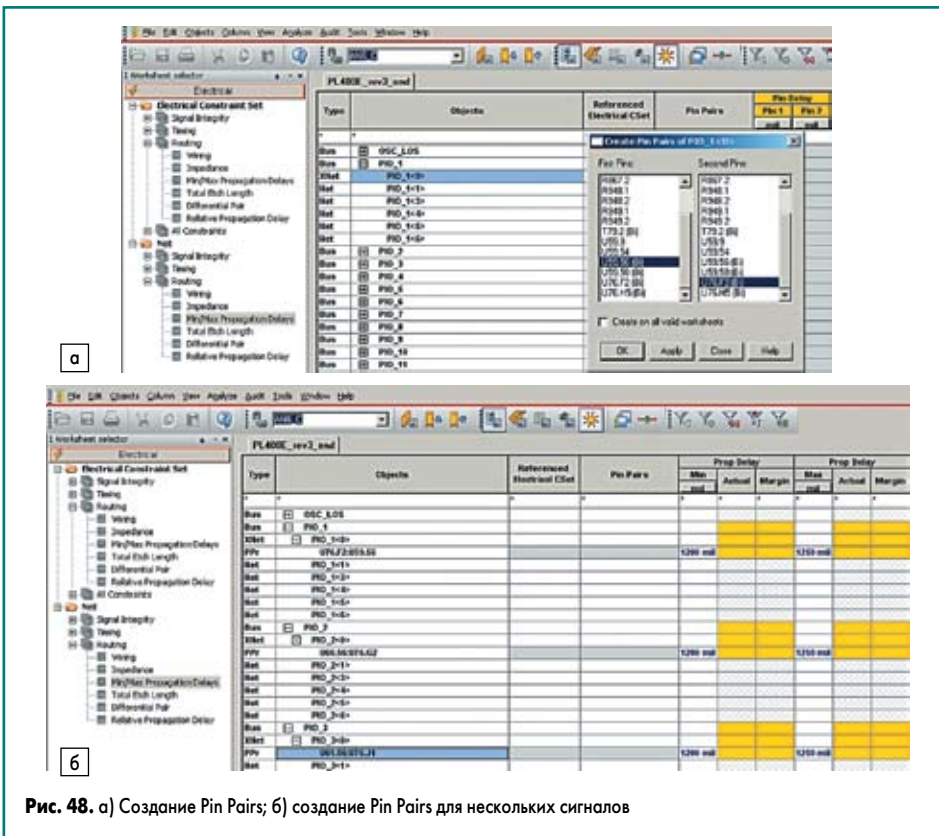


Рис. 48. а) Создание Pin Pairs; б) создание Pin Pairs для нескольких сигналов

Иногда конструктору необходимо задать и, соответственно, проверить длину или разницу по длине не всего сигнала целиком, а только его фрагмента или нескольких фрагментов, так называемых Pin Pairs. Для этого надо нажать на необходимый нам сигнал правой кнопкой мыши, вызвать меню задания пар выводов и указать ту пару выводов, расстояние между которыми нас интересует (рис. 48). Данную операцию необходимо проделать для каждого сигнала в группе.

Существует опция автоматического назначения пар выводов по трем вариантам (рис. 49):

- максимальное/минимальное расстояние между вариантами пар выводов в сигнале (*Longest/Shortest Pin Pair*);
- максимальное/минимальное расстояние между драйвером и ресивером (*Longest/Shortest Driver/Receiver*);
- общая длина (*All Drivers/Receivers*);
- очистка параметров (*Clear*).

Недостаток автоматического способа задания пар выводов в том, что система автоматически проверяет расстояние не согласно необходимой топологии, а по расстоянию между объектами, что не всегда одно и то же.

Аналогичным образом поступаем, когда требуется задать и проверить разницу по длине в группе сигналов (*Relative Propagation Delay*). Отличие лишь в том, что тут мы задаем *Match Group*, с которой потом будем работать (рис. 51), и определяем цепь, которая будет принята за «абсолютный ноль» в группе (*Target*). Относительно этой цепи и будет проверяться каждый сигнал в пределах установленного предела длины (*Tolerance*) (рис. 52).

После задания необходимых групп сигналов для проверки параметров для ДП, длин сигналов и т. д. приступаем к трассировке платы и доведению длин сигналов до необходимых

значений. В процессе работы включается режим online-проверки (о нем говорилось в [1]), и по наличию красного или зеленого окна рядом с сигналом конструктор видит, попал ли он в заданную область параметров (рис. 53). Если в рабочем листе в колонках параметров указан желтый цвет, это значит, что сигналы либо не проведены, либо отключена проверка на DRC. Красный цвет свидетельствует о том, что какой-либо сигнал не удовлетворяет задан-

ным условиям, а зеленый — что все в порядке. Кроме того, в рабочем листе представлены реальные значения длин сигналов и величин, по которым сигнал не удовлетворяет условиям, наложенным на данную группу (рис. 54).

Логично было бы предположить, что должна существовать возможность проверки проделанной работы и сохранения заданных параметров для переноса их в другие проекты с аналогичной структурой либо для распространения параметров на все части проекта в случаях, когда выполняется параллельное проектирование. И такая возможность действительно существует. Чтобы проверить правильность выполнения задания, инженеру-схемотехнику не обязательно иметь PCB-редактор (тут можно говорить об экономии средств на приобретение САПР и техническую поддержку). МПП в целом и отдельные компоненты проекта в частности, включая информацию об объектах проектирования, можно посмотреть при помощи программы просмотра (Free Allegro PCB Viewer), которая распространяется бесплатно. Результат работы конструктора можно проверить при помощи отчета в формате Excel, который выводится непосредственно из программы Constraint Manager (рис. 55). Таким же образом можно экспортировать файл с параметрами, технологический файл и другую информацию. Соответственно, все это можно импортировать в другую плату, не тратя время на повторное внесение условий и ограничений (рис. 56).

Заключение

Являясь интегральной составляющей всей платформы Cadence, программа внесения правил и ограничений Constraint Manager

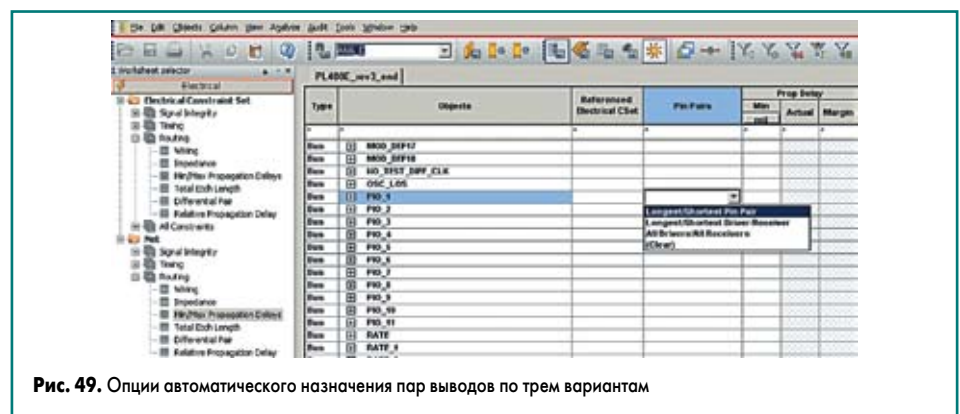


Рис. 49. Опции автоматического назначения пар выводов по трем вариантам

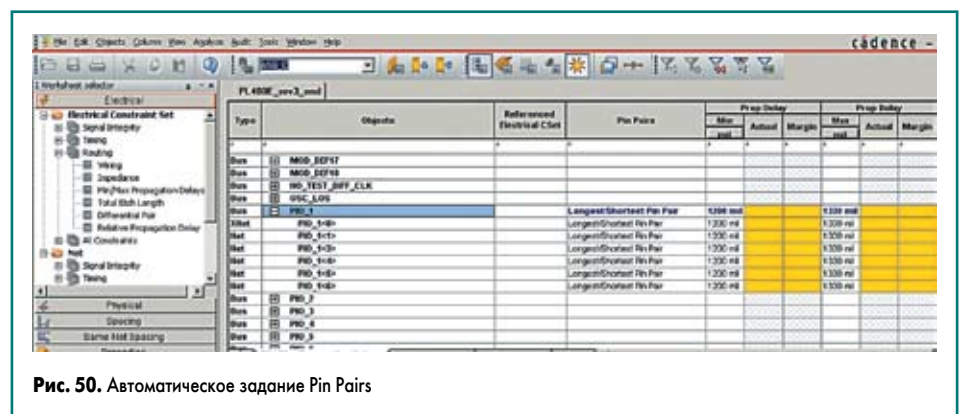


Рис. 50. Автоматическое задание Pin Pairs

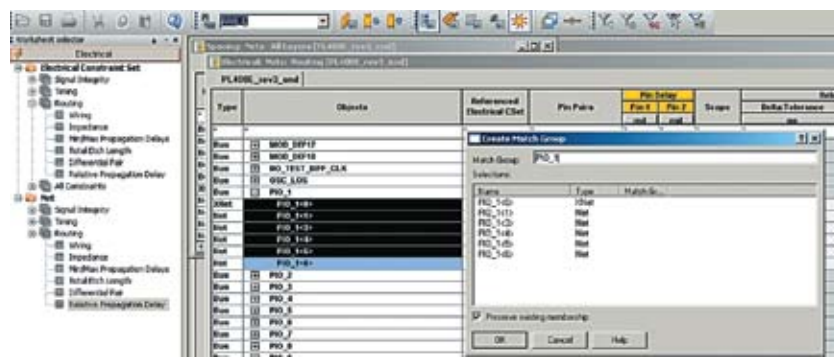


Рис. 51. Определение группы цепей с одинаковой длиной (Match Group)

служит связующим звеном в сквозном проектировании. Это создает возможность для более тесного взаимодействия схемотехников и инженеров-конструкторов как на стадии разработки электронной схемы, так и в процессе проверки результатов работы по трассировке электрических сигналов.

Constraint Manager в составе САПР печатных плат Cadence Allegro является отличным инструментом, функциональные возможности которого позволяют значительно ускорить процесс проектирования МПП, повысить эффективность и качество разработки сложных печатных плат.

Литература

1. Махлин Е. Управление параметрами сигналов при проектировании высокоскоростных печатных плат. Часть 1 // Технологии в электронной промышленности. 2011. № 2.

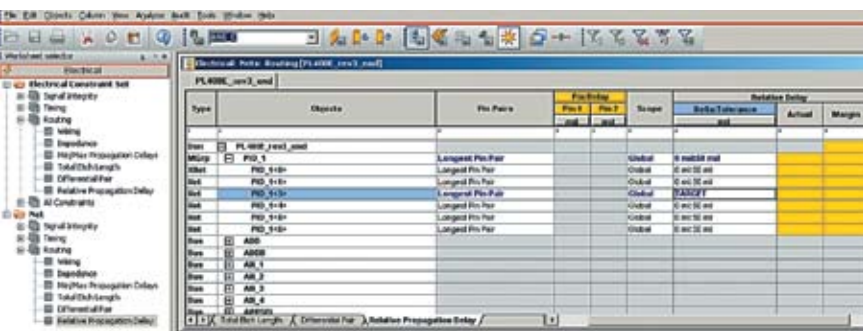


Рис. 52. Задание главной цепи (Target) для группы цепей с выравниванием

ID	Name	Type	Objects	Pin Pairs	Scope	Buffer Tolerance	Actual	Margin	Length	Delay
01	SWR	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		25.00 MSL				
02	UTX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		37.00 MSL				
03	G1EX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2300.22	
04	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2300.21	
05	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2432.74	
06	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2304.82	
07	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2374.69	
08	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			1890.71	
09	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			1949.10	
10	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			1987.74	
11	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			1971.09	
12	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			1976.56	0.077
13	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2141.61	0.077
14	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2141.61	0.077
15	G1TDX	All Drivers/All...	Global	4:00 000:00:00 MSL		55.00 MSL			2141.61	0.077

Рис. 54. Режим проверок групп сигналов в Constraint Manager

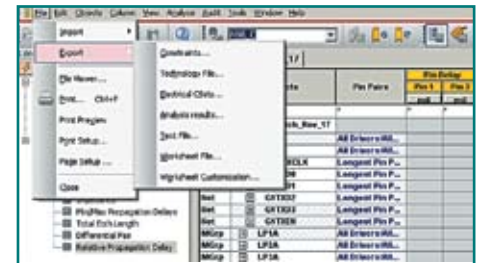


Рис. 56. Экспорт из Constraint Manager

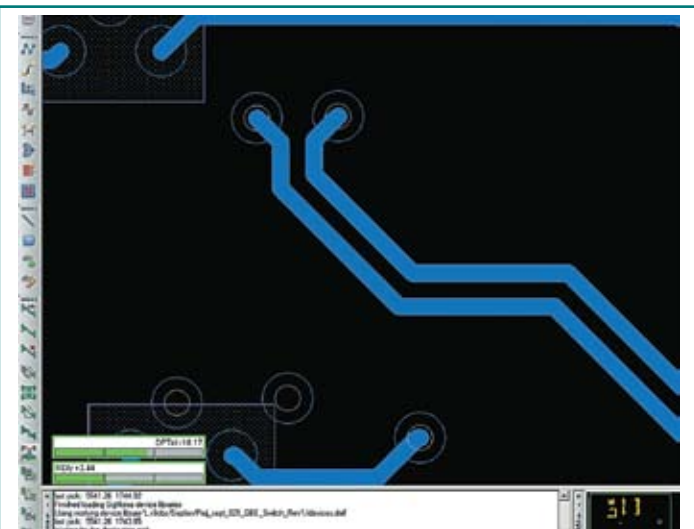


Рис. 53. Проверка параметров в режиме реального времени

ID	Name	Type	Objects	Pin Pairs	Scope	Buffer Tolerance	Actual	Margin	Length	Delay
14	Constraint: SWR							25.00 MSL		
15	Design: G1E							37.00 MSL		
16	Match Gr G1EX	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:100.00 MIL		0.14 MIL				
17	Match Gr G1EX	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:100.00 MIL		32.10 MIL				
18	Net: G1EX [Largest Pin Pair]		Global	0:00 MIL:100.00 MIL		57.47 MIL			2300.22	
19	Net: G1TDX [Largest Pin Pair]		Global	0:00 MIL:100.00 MIL		66.41 MIL			2432.74	
20	Net: G1TDX [Largest Pin Pair]		Global	0:00 MIL:100.00 MIL		66.41 MIL			2304.82	
21	Net: G1TDX [Largest Pin Pair]		Global	0:00 MIL:100.00 MIL		66.41 MIL			2374.69	
22	Net: G1TDX [Largest Pin Pair]		Global	0:00 MIL:100.00 MIL		66.41 MIL			1890.71	
23	Net: G1TDX [Largest Pin Pair]		Global	0:00 MIL:100.00 MIL		66.41 MIL			1949.10	
24	Match Gr LP1A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		16.86 MIL				
25	Match Gr LP2A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		10.96 MIL				
26	Match Gr LP3A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		15.5 MIL				
27	Match Gr LP4A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		12.73 MIL				
28	Match Gr LP5A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		0.16 MIL				
29	Match Gr LP6A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		1.51 MIL				
30	Match Gr LP7A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		21.66 MIL				
31	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		7.94 MIL			3774.69	
32	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		3.95 MIL			3802.71	
33	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		19.19 MIL			3044.56	
34	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		27.87 MIL			3792.14	
35	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		11.39 MIL			3071	
36	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		10.96 MIL				
37	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		10.96 MIL				
38	PinPair For LP7A_D B73 100 MDS		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		10.96 MIL			3015.0	0.077
39	Net: LP7A_D [All Drivers/All Receivers]		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		21.66 MIL				
40	PinPair For LP7A_D B73 100 MDS		Global	0:00 MIL:50.00 MIL		21.66 MIL			3048.11	0.018
41	Match Gr LP8A	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		2.03 MIL				
42	Match Gr TO_0	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		0.4 MIL				
43	Match Gr TO_1	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		2.24 MIL				
44	Match Gr TO_2	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		3.03 MIL				
45	Match Gr TO_3	All Drivers/All Receivers	Global	0:00 MIL:50.00 MIL		16.86 MIL				

Рис. 55. Отчет Constraint Manager в формате .xls