

# Трассировка в среде Altium Designer с помощью инструмента ActiveRoute

Алексей Якубенко (support@idstrade.com)

Самый долгий и ответственный процесс в разработке печатной платы – прокладка проводников. Несмотря на то что система правил Altium Designer в значительной мере автоматизирует контроль и исполнение таких параметров, как зазоры между элементами топологии, ширина проводников, размеры отверстий, контактных площадок и т.п., трассировка проводников остаётся в зоне ответственности именно разработчика. На фоне этого эффективность инструментов прокладки проводников играет определяющую роль в эффективности процесса разработки любой печатной платы. В данной статье рассматривается такой инструмент прокладки проводников, как ActiveRoute.

В прошлых номерах журнала [1–3] были подробно рассмотрены базовые инструменты трассировки в среде Altium Designer (AD) – интерактивная трассировка, трассировка дифференциальных пар и трассировка групп цепей. Очевидно, что AD предоставляет пользователям высокоэффективные инструменты для проклад-

ки проводников. Однако упомянутые инструменты не являются единственными доступными.

## Что собой представляет ActiveRoute

Механизм *ActiveRoute* представляет собой инструмент групповой трассировки цепей. В отличие от обычных инструментов трассировки, он, по сути, приближается к автоматическим трассировщикам. Его отличают следующие ключевые аспекты:

- автоматическое построение отводов проводников от контактных площадок посадочных мест (ПМ) или переходных отверстий (ПО) и иных элементов топологии;
- высокая скорость построения проводников;
- подчинённость правилам ширины, зазоров, слоёв, топологии и комнат с учётом их приоритета;
- возможность предварительной прокладки направляющей для проводников группы цепей;
- возможность прокладки проводников группы цепей через полигоны с последующей перезаливкой последних (в случае если включена соответствующая настройка);
- поддержка как обычных цепей, так и дифференциальных пар;
- применение в автоматическом режиме мощного механизма оптимизации проводников на финальном этапе прокладки группы проводников.

Также важно понимать, что, несмотря на обилие возможностей, механизм *ActiveRoute* не является автоматическим трассировщиком.

## Панель *ActiveRoute*

Прежде чем приступить к трассировке с помощью механизма *ActiveRoute*, необходимо запустить панель *ActiveRoute* (см. рис. 1), которая содержит все необходимые опции для работы с механизмом *ActiveRoute*. Чтобы открыть данную панель, необходимо выполнить команду *View* → *Panels* → *PCB ActiveRoute* или нажать расположенную в правом нижнем углу окна среды AD кнопку *Panels* и в раскрывшемся меню выбрать пункт *PCB ActiveRoute*.

Как видно из рисунка 1, данная панель состоит из ряда областей:

- *Action* – в данной области содержатся основные элементы управления механизмом *ActiveRoute*: запуск процесса трассировки, построение групповой направляющей, включение механизма выравнивания цепей и т.д.;
- *Layers* – в данной области можно найти элементы управления слоями;
- *Control* – содержимое данной области предназначено для управления процессом построения трасс проводников;
- *Tune* – здесь расположены элементы управления выравниванием длин цепей;
- *Pin Swap* – данная область предназначена для выбора ПМ, у которых в процессе прокладки проводников может осуществляться перестановка выводов.

Подробно эта панель будет рассмотрена далее, в процессе описания механизма *ActiveRoute*.

## Трассировка с помощью механизма *ActiveRoute*

За счёт богатых возможностей механизма *ActiveRoute* его применение является более сложным, чем применение различных видов интерактивной трассировки. По этой причине рассматриваться данный механизм будет по принципу «от простого к сложному».

В самом простом случае для применения инструмента *ActiveRoute* необходимо совершить всего три действия:

1. Выбрать цепи для трассировки.
2. Выбрать слои, на которых должны пройти трассы.
3. Запустить команду *ActiveRoute*.

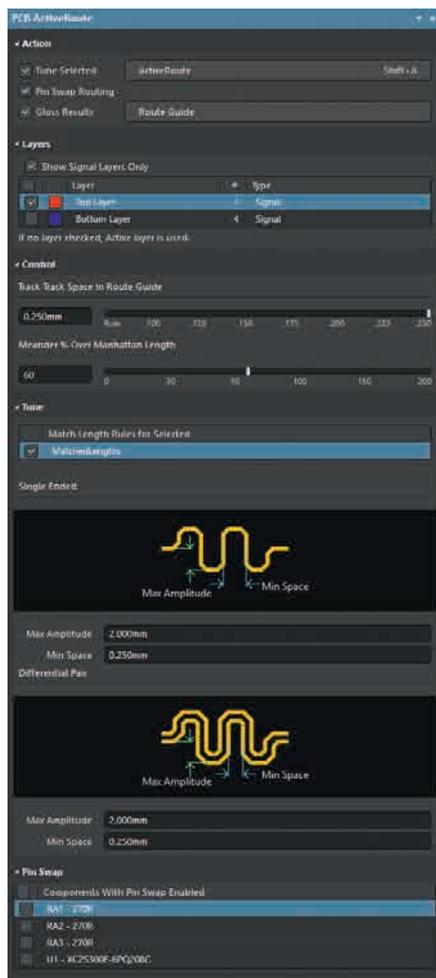


Рис. 1. Панель *ActiveRoute*

При выборе цепей для трассировки, помимо выделения непосредственно линий связи, можно выбирать элементы топологии, к которым подключены нужные цепи: сегменты проводников, ПО или контактные площадки ПМ.

Для выбора слоёв, на которых должны пройти трассы, предназначена область *Layers* панели *ActiveRoute*. Данная область представляет собой таблицу слоёв. Над списком расположен пункт *Show Signal Layers Only* – когда он выбран, в таблице отображаются только сигнальные слои. С помощью проставления соответствующей галочки можно также включить или выключить возможность прокладки проводников на каждом слое. Необходимо заметить, что *ActiveRoute* не может переводить проводники со слоя на слой через ПО, однако при необходимости данный механизм легко справляется с прокладкой проводников одновременно на нескольких слоях, например в случаях, когда при выборе цепей для трассировки были указаны элементы топологии, расположенные на разных слоях. Естественно, если были выбраны элементы топологии на слое, который в области *Layers* был выключен, то проводники соответствующих цепей проложены не будут. Если в области *Layers* не выбран ни один слой, то трассировка будет проводиться исключительно по текущему слою.

Запустить команду *ActiveRoute* можно как из панели *ActiveRoute* одноимённой кнопкой, так и выполнив команду *Route* → *ActiveRoute*, а также щёлкнув левой клавишей мыши по пиктограмме , расположенной на панели инструментов или на панели *PCB Active Bar*. Кроме того, можно воспользоваться сочетанием горячих клавиш *Shift+A*.

Стоит также заметить, что *ActiveRoute* умеет различать и правильно прокладывать как обычные односигнальные цепи, так и дифференциальные пары. При выборе ширины проводников и зазоров между ними механизм *ActiveRoute* ориентируется на соответствующие правила. Если правила подразумевают варианты минимального, предпочитаемого или максимального значений (как, например, правила типа *Width*), то выбираться будут предпочтительные.

На рисунке 2 приведён пример простейшего применения механизма *ActiveRoute*. Все проводники, изображённые на рисунке, были сформированы одновременно. Как видно, прово-

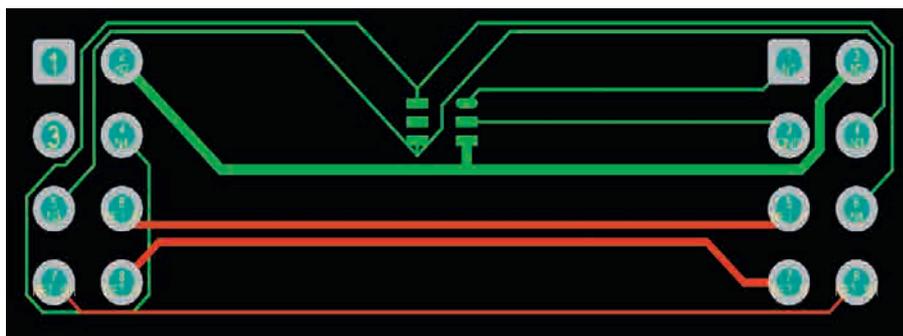


Рис. 2. Пример простейшего применения механизма *ActiveRoute*

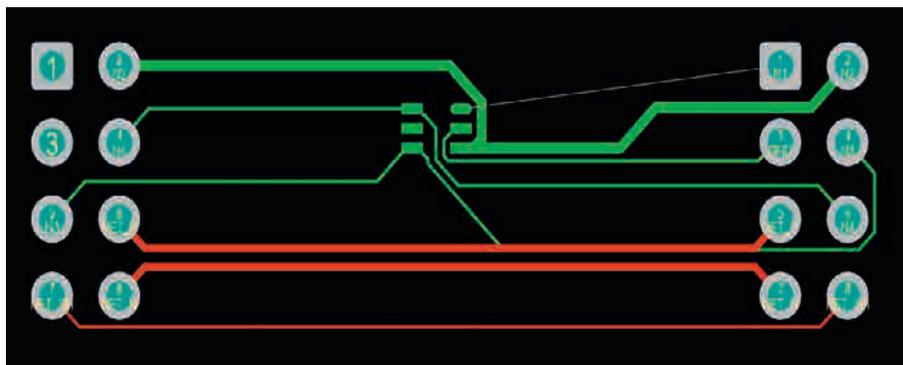


Рис. 3. Пример использования *ActiveRoute* с механизмом оптимизации *Gloss*

дники были проложены на двух слоях. На зелёном слое можно найти проводники разной толщины: в проекте предварительно были сформированы правила типа *Width* с разными значениями ширины. На красном слое также можно увидеть два проводника с увеличенной шириной, идущие рядом друг с другом, – это проводники дифференциальной пары, и они проложены именно как дифференциальная пара.

### Gloss Results

Как видно из рисунка 2, проводники были проложены не очень аккуратно. Особенно это заметно по проводникам дифференциальной пары. Чтобы повысить качество прокладки проводников, *ActiveRoute* в качестве финального этапа трассировки может использовать механизм оптимизации проводящего рисунка *Gloss*. Для того чтобы задействовать оптимизацию, перед запуском *ActiveRoute* на панели *ActiveRoute* в области *Action* необходимо выбрать пункт *Gloss Results*. На рисунке 3 приведён пример работы *ActiveRoute* с включённым механизмом оптимизации. Если сравнить рисунки 2 и 3, то становится очевидно, что во втором случае трассировка выполнена более аккуратно. Стоит обратить внимание также на то, что одна из цепей оказалась неразведённой. Почему это произошло и как этого избежать, будет рассказано далее.

### Meander % Over Manhattan Length

Механизм *ActiveRoute* стремится проложить проводники по наиболее короткому и оптимальному пути, т.е. пытается проложить трассы таким образом, чтобы они имели наименьшее количество изгибов и наименьшую длину. Однако нередко возникают ситуации, когда он не может проложить некоторые проводники из группы по причине значительно возрастающей длины, связанной со сложной топологией печатной платы (ПП). На рисунке 3 представлен именно такой случай: проводник одной из цепей не был проложен. В этом случае можно попытаться «помочь» механизму *ActiveRoute*. На панели *ActiveRoute* в области *Control* расположена опция *Meander % Over Manhattan Length*. Суть этой настройки в том, что с её помощью разрешается определённое превышение длины проводника над наиболее коротким расстоянием между соединяемыми элементами топологии. Расстояние между соединяемыми элементами вычисляется по метрике Манхэттена, а в настройках разрешённое превышение задаётся в процентах. По умолчанию оно задано на уровне 100%. Если его увеличить, у механизма *ActiveRoute* появится больше свободы в прокладке проводников. Чтобы изменить разрешённое превышение, необходимо

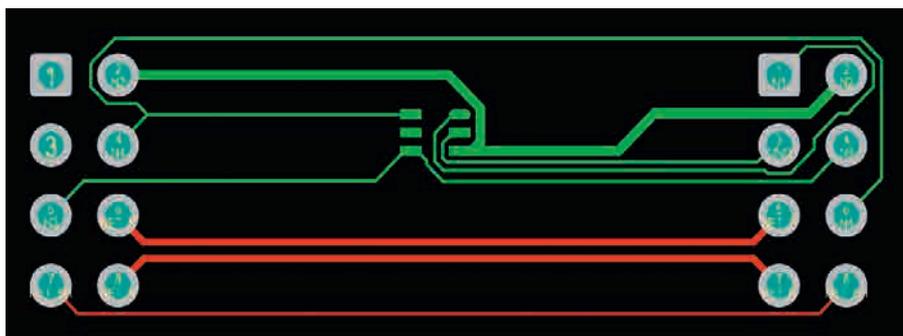


Рис. 4. Пример использования механизма *ActiveRoute* с увеличенным разрешённым превышением

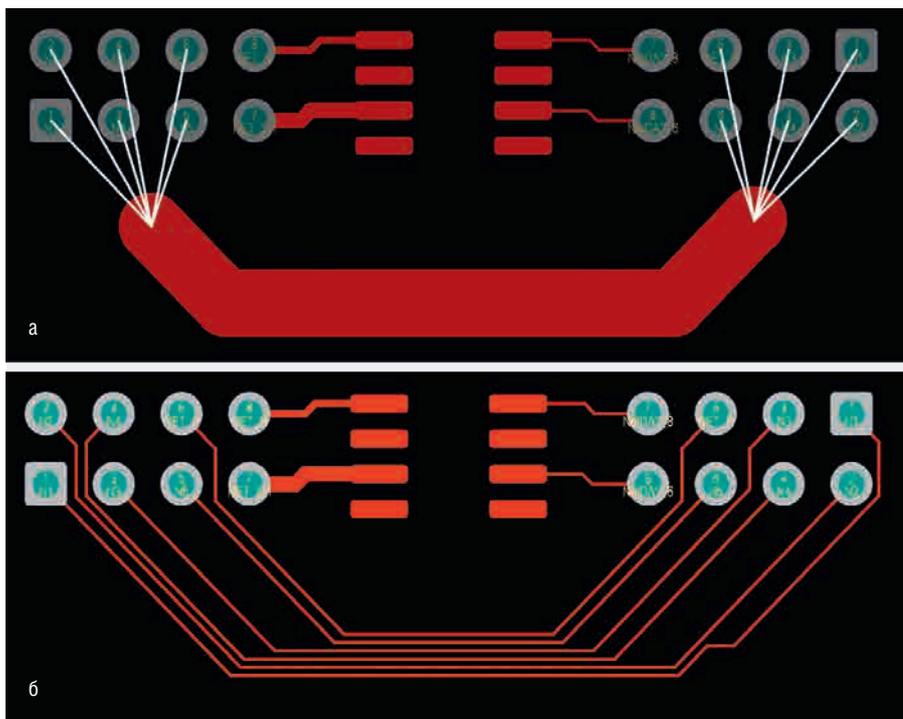


Рис. 5. Прокладка проводников механизмом *ActiveRoute* с применением направляющей:

а) формирование направляющей; б) выполнение команды *ActiveRoute*

либо вписать требуемое значение в окно ввода опции *Meander % Over Manhattan Length*, либо воспользоваться слайдером. На рисунке 4 приведён соответствующий пример. На нём изображён тот же участок топологии, что и на рисунке 3, однако в данном случае разрешённое превышение было увеличено со 100 до 200%. В результате, сравнивая рисунки 3 и 4, можно заметить, что проводники были проложены по-другому и все точки на этот раз были соединены.

Необходимо также иметь в виду, что опция *Meander % Over Manhattan Length* может быть применена только в том случае, если разработчик не применяет направляющие для прокладки групп проводников (о чём пойдёт речь далее).

**Route Guide**

Как уже говорилось ранее, механизм *ActiveRoute* стремится проложить груп-

пу проводников по наиболее короткому пути. Однако периодически у разработчиков ПП возникает необходимость проложить такую группу по иному пути. В этом случае на помощь приходит функция *Route Guide*. Суть данной функции заключается в том, что с её помощью перед запуском механизма *ActiveRoute* пользователь может сформировать специальную направляющую, указывающую путь, по которому должна пройти группа проводников. В таком случае алгоритм действий разработчика по трассировке с помощью механизма *ActiveRoute* приобретает следующий вид:

1. Выбрать цепи для трассировки.
2. Выбрать слои, на которых должны пройти трассы.
3. Сформировать направляющую (см. рис. 5а).
4. Выполнить команду *ActiveRoute* (см. рис. 5б).

Чтобы запустить процесс формирования направляющей, нужно нажать кнопку *Route Guide*, расположенную на панели *ActiveRoute* в области *Action*. Формирование направляющей аналогично прокладыванию отдельного проводника. Чтобы закончить формирование направляющей, необходимо щёлкнуть правой клавишей мыши в любом месте рабочего окна.

Ширина направляющей определяется исходя из ширины проводников, зазоров между ними, количества задействованных слоёв и рассчитывается по формуле:  $\frac{W+C}{L} \times K$ , где:

- *W* – суммарная ширина всех проводников, входящих в группу;
- *C* – сумма зазоров между проводниками;
- *L* – количество задействованных слоёв;
- *K* – коэффициент.

Границы направляющей являются жёстким препятствием для прокладываемых проводников. Если на пути направляющей находятся иные элементы топологии (например, ПО), то может возникнуть ситуация, когда из-за необходимости обхода этих препятствий в ширину направляющей не будут помещаться какие-либо из проводников. В таком случае эти проводники не прокладываются. Применяемый в формуле ширины направляющей коэффициент *K* по умолчанию принят равным 1,3. Данное значение выбрано для того, чтобы увеличить вероятность прохождения проводников по заданному пути с учётом препятствий.

Ширину направляющей можно корректировать в процессе её формирования. Для этого предназначены клавиши ↑ и ↓. Первая увеличивает ширину направляющей, вторая – уменьшает. В данном случае речь идёт об увеличении или уменьшении ширины направляющей за счёт изменения коэффициента *K*. Соответственно, увеличение данного коэффициента приводит к увеличению вероятности прокладки проводников, а уменьшение – к уменьшению вероятности. Коэффициент *K* может изменяться в пределах от 1 до 10. При этом необходимо иметь в виду, что изменение ширины направляющей приводит лишь к изменению вероятности прохождения проводников по заданному пути, а значения ширины проводников и зазоров между ними остаются без изменений.

Направляющая представляет собой набор сегментов заданной ширины,

сформированный в механическом слое. Это значит, что его можно редактировать путём выделения и перетаскивания отдельных сегментов с помощью левой клавиши мыши. При этом первый и последний сегменты по умолчанию блокируются, но их можно разблокировать стандартным способом. Чтобы удалить направляющую, достаточно выделить любой из её сегментов и нажать клавишу *Delete*.

### Track-Track Space In Route Guide

Если изменение ширины направляющей за счёт корректировки значения коэффициента  $K$  приводит к изменению вероятности прохождения группы проводников по заданному пути, то с помощью опции *Track-Track Space In Route Guide* меняется величина зазоров между проводниками группы. Эту опцию можно найти на панели *ActiveRoute* в области *Control*. Здесь доступны два элемента управления: окно ввода и слайдер. Менять значение зазоров можно как с помощью слайдера, так и путём ввода в окне соответствующего значения. Если слайдер находится в крайнем левом положении, а в окне ввода отображается слово *Rule*, то размеры зазоров определяются соответствующими правилами. При изменении значения зазоров между проводниками меняется и ширина направляющей, так как она определяется в том числе и величиной зазоров.

Необходимо также иметь в виду, что опция *Track-Track Space In Route Guide* имеет более высокий приоритет, чем правила, поэтому нужно внимательно выставлять значения зазоров. Если определить их меньшими, чем задано правилами, то группа проводников будет сформирована в соответствии с опцией, но при этом редактор ПП отобразит соответствующие ошибки.

Также необходимо учитывать, что опция *Track-Track Space In Route Guide* доступна только с применением направляющей.

### Tune Selected

Как уже упоминалось выше, механизм *ActiveRoute* умеет выравнивать длины цепей. Чтобы запустить эту процедуру, необходимо на панели *ActiveRoute* в области *Action* выбрать пункт *Tune Selected*. Однако, в отличие от описанных выше опций, этого недостаточно – необходимо также выполнить ряд настроек. Во-первых, в проекте ПП должно быть задано хотя бы

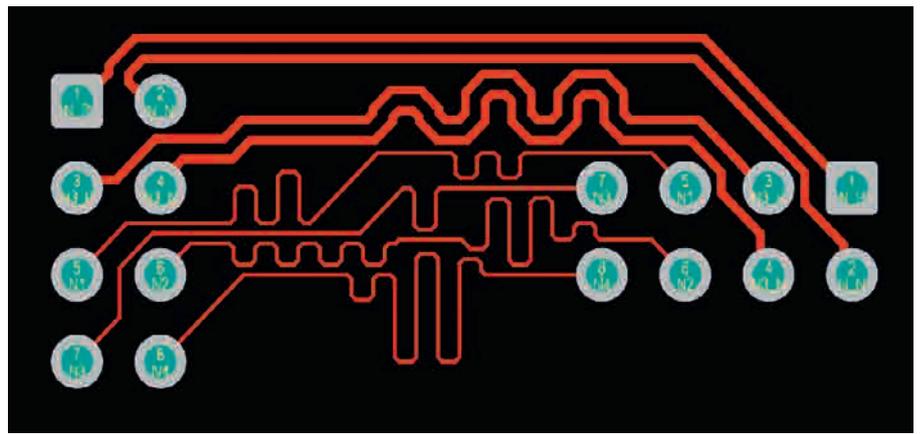


Рис. 6. Пример прокладки проводников с помощью механизма *ActiveRoute* с выравниванием длин проводников

одно правило типа *Matched Lengths*. Во-вторых, необходимо выполнить соответствующие настройки. Для этого предназначена расположенная на панели *ActiveRoute* область *Tune*. В её верхней части расположена таблица правил типа *Matched Lengths*. Чтобы выравнивание цепей состоялось, необходимо в данной таблице выбрать одно или несколько соответствующих правил. Ниже таблицы расположены два поля. Верхнее предназначено для настройки выравнивания одиночных цепей, нижнее – дифференциальных пар. Оба поля содержат схематичное отображение меандров и опции *Max Amplitude* и *Min Space*. С помощью первой задаётся максимальная амплитуда меандра, с помощью второй – минимальный шаг. На рисунке 6 приведён пример трассировки группы цепей с применением выравнивания длин проводников.

Необходимо заметить, что функция выравнивания длин проводников работает как с направляющей, так и без неё. Кроме того, в данном случае имеется ряд ограничений по сравнению с инструментом выравнивания цепей *Interactive Length Tuning*. Во-первых, доступен только один стиль выравнивания длин – с помощью меандра с 20%-ми фасками. Во-вторых, сформированные меандры не объединяются в блоки и остаются набором сегментов, как обычные проводники.

### Pin Swap Routing

Ещё одна важная особенность механизма *ActiveRoute* – возможность автоматической перестановки выводов компонентов. Данная функция особенно полезна, когда проложить группу проводников возможно только поменяв местами сигналы на определённых

выводах ПМ. Включение данной функции производится с помощью выбора пункта *Pin Swap Routing*, который можно найти на панели *ActiveRoute* в области *Action*. Однако здесь также необходимо выполнить несколько настроек. Во-первых, в проекте ПП должны быть указаны ПМ, для которых разрешена перестановка выводов. Во-вторых, в нижней части панели расположена область *Pin Swap*, содержащая список ПМ, для которых в проекте разрешена перестановка выводов. Путём выбора нужного пункта можно включить или отключить возможность перестановки выводов для соответствующих ПМ в текущем сеансе прокладки проводников. На рисунке 7 отображено, как работает перестановка выводов с механизмом *ActiveRoute*. На рисунке 7а отражена ситуация, когда механизм *ActiveRoute* не справился с трассировкой группы цепей, а на рисунке 7б – когда механизм справился с трассировкой в результате перестановки выводов.

Если в процессе прокладки проводников была переставлена хотя бы пара сигналов, то после трассировки цепей откроется окно с вопросом *Update Schematic with Pin Swap Changes?* При положительном ответе схема будет обновлена в соответствии с произведённой перестановкой выводов.

### Итоги

Необходимо понимать, что механизм *ActiveRoute*, хотя и приближается по своим возможностям к автоматическим трассировщикам, всё же остаётся интерактивным трассировщиком с высокой степенью автоматизации и большим набором функций.

Перед тем как воспользоваться данным механизмом, необходимо, чтобы

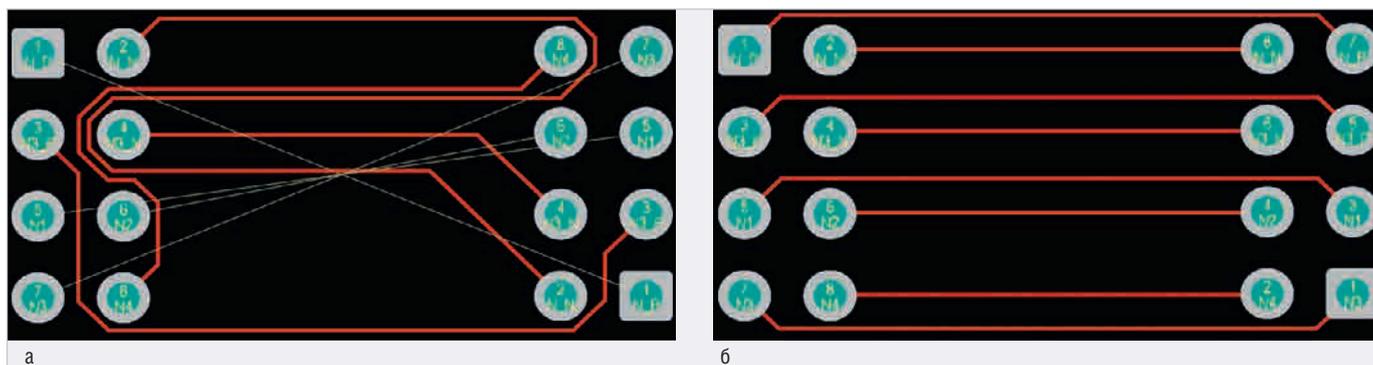


Рис. 7. Пример прокладки проводников с помощью механизма *ActiveRoute* с перестановкой выводов: а) неудачная трассировка без перестановки выводов; б) удачная трассировка с перестановкой выводов

в проекте были выполнены некоторые настройки. В первую очередь речь идёт о правилах. Обязательно должны быть настроены правила типов *Clearance* (правила зазоров) и *Width* (правила ширины проводников). Если с помощью механизма *ActiveRoute* предполагается трассировать в том числе и дифференциальные пары, то необходимо также настроить правила соответствующего типа – *Differential Pairs Routing*. Если предполагается выравнять проводники, то должно быть настроено хотя бы одно правило типа *Matched Lengths*. И, наконец, если планируется включение функции перестановки выводов, то в проекте должны быть определены компоненты, для которых эта перестановка разрешена.

Если разработчик хочет воспользоваться полным набором функций *ActiveRoute* в одном сеансе трассировки группы цепей, то последовательность действий с учётом того, что все предварительные настройки правил и проекта были выполнены, будет примерно следующей:

1. Выбрать цепи для трассировки.
2. Открыть панель *ActiveRoute*.

3. Выбрать пункты *Tune Selected, Pin Swap Routing u Gloss Results*.
4. Выбрать слои, на которых должны пройти трассы.
5. Если будет использоваться направляющая, то, при необходимости, настроить зазоры между проводниками с помощью опции *Track-Track Space In Route Guide*. Если же направляющая использоваться не будет, то, при необходимости, настроить разрешённое превышение длины с помощью опции *Meander % Over Manhattan Length*.
6. С помощью опций области *Tune* настроить выравнение длин цепей.
7. С помощью опций области *Pin Swap* выбрать ПМ, для которых допустима перестановка выводов.
8. При необходимости нажать кнопку *Route Guide* и сформировать направляющую.
9. Запустить команду *ActiveRoute*.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье был рассмотрен инструмент интерактивной трассировки *ActiveRoute*. Данный инструмент, с одной стороны, достаточно прост в использовании, с другой – обладает

поистине богатыми возможностями. По большому счёту он представляет собой интеграцию различного рода интерактивных трассировщиков с инструментами выравнивания длин проводников, перестановки выводов и оптимизации проложенных проводников. Всё это, несомненно, приводит к тому, что процесс разработки ПП ускоряется в разы и при этом значительно уменьшается количество ошибок.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Якубенко А. Интерактивная трассировка в среде Altium Designer. Часть 1. Трассировка отдельной цепи. Современная электроника. 2018. № 3.
2. Якубенко А. Интерактивная трассировка в среде Altium Designer. Часть 2. Трассировка дифференциальных пар и групп цепей. Современная электроника. 2018. № 4.
3. Якубенко А. Интерактивная трассировка в среде Altium Designer. Часть 3. Правила и редактирование. Современная электроника. 2018. № 5.
4. Altium. Documentation 2018. *ActiveRoute*: [https://www.altium.com/documentation/ru/18.1/display/ADES/\(\(ActiveRoute\)\)\\_AD](https://www.altium.com/documentation/ru/18.1/display/ADES/((ActiveRoute))_AD)



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

- Разработка герметичных DC/DC-преобразователей для ответственных применений
- Разработка и производство мощных источников питания для авиационной аппаратуры
- Разработка заказных силовых и ВЧ/СВЧ-модулей
- Производство дискретных силовых компонентов в керамических корпусах
- Разработка и проведение испытаний изделий и компонентов силовой электроники



POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU

# interlight

MOSCOW

powered by light + building

Международная выставка декоративного  
и технического освещения, электротехники  
и автоматизации зданий

**6–9 ноября 2018**

ЦВК «Экспоцентр»  
Москва



Компоненты | **NEW!**



Декоративное  
освещение



Техническое  
освещение



LED-технологии



Интегрированные  
системы безопасности | **NEW!**



Электрические  
лампы



Электротехника



Автоматизация зданий /  
Умный дом