

# ДАВАЙТЕ ЗНАКОМИТЬСЯ: PADS, PADS 2004

## СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А.Иванов, А.Лохов

**Мы продолжаем знакомить читателей с САПР печатных плат, появляющимися в России. Сегодня речь пойдет о любопытной системе, ориентированной на отдельных разработчиков печатных плат и небольшие компании. Учитывая невысокую стоимость и серьезные возможности системы проектирования печатных плат PADS 2004, предлагаемой компанией Mentor Graphics, можно рекомендовать повнимательнее присмотреться к этому продукту.**

### НЕМНОГО ИСТОРИИ

Аббревиатура PADS — яркий, хорошо известный на рынке САПР печатных плат торговый знак, ведущий свою историю от небольшой частной компании PADS (Personal Automated Design System). С начала 90-х годов число пользователей продуктов компании превысило тридцать тысяч. Наибольшее распространение и известность получила система топологического проектирования печатных плат PowerPCB. После череды перепродаж, сопровождавшихся изменением названий продуктов, основная часть разработанного компанией PADS программного обеспечения стала собственностью фирмы Mentor Graphics. Было принято решение о возвращении торговой марки, и в 2004 году новая версия системы вышла под именем PADS 2004. Возвращение названия было тепло воспринято пользователями PADS, среди которых по большей части небольшие коллективы и профессионалы-одиночки. Действительно, в отличие от многих “больших” систем, продукты PADS ориентированы на обеспечение максимально удобной для разработчика среды проектирования, не ограниченной жестким технологическим процессом. При таком подходе новичок может практически сразу начать работать в системе, а опытный пользователь — выбрать ту манеру проектирования, которая ему ближе.

Сегодня PADS 2004 — это сквозная система проектирования, включающая четыре основных модуля:

- PADS Logic — схемотехнический редактор;
- PADS Layout — подсистема интерактивного проектирования топологии печатных плат;
- PADS Router/PADS AutoRouter — средства автоматической и интерактивной трассировки;
- PADS HyperLynx — набор средств анализа целостности сигналов.

Мы остановимся на первых трех, заострив внимание на проектировании топологии.

### PADS LOGIC

PADS Logic (ранее PowerLogic) — простой схемотехнический редактор (рис.1), интегрированный с системой проектирования топологии PADS Layout. Данные о созданной в редакторе принципиальной схеме передаются в систему топологического проектирования в виде

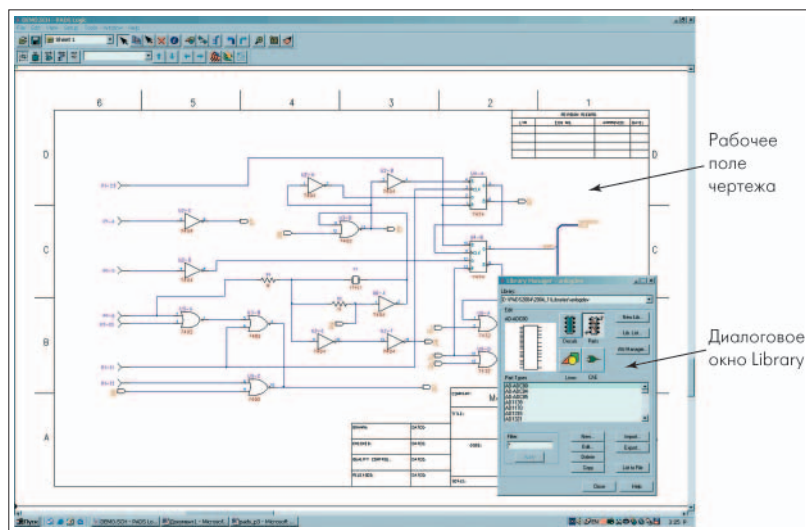
текстового файла специального формата. После передачи данных между системами с помощью OLE-интерфейса поддерживается возможность перекрестных ссылок. Передаваться может не только принципиальная схема, но и правила проектирования. Общие средства работы с библиотеками позволяют в специальном диалоговом окне, не выходя из среды редактирования схемы/топологии, создавать и редактировать библиотеки, осуществлять операции выбора, поиска, создания, копирования, удаления и корректировки библиотечных элементов. Там же предусмотрены средства создания графических символов для схемотехнического редактора и изображений корпусов компонентов для системы топологического проектирования. Предусмотрен широкий набор стандартных изображений (резисторы, конденсаторы, цепи “земли”/питания, другие символы). После переноса библиотечного элемента на лист редактора изображение этого элемента локально может быть откорректировано с помощью графических средств, аналогичных библиотечным. Изменения будут действовать только в рамках рабочего файла текущего проекта, но при желании могут быть сохранены в библиотеках.

Надо заметить, что в PADS 2004 существует полноценная обратная связь между топологическим и схемотехническим редактором. Операции, связанные с изменениями принципиальной схемы при проектировании топологии (так называемые ECO-операции), протоколируются в ECO-файле, который может быть загружен в схемотехнический редактор. Существенный момент — поддерживаются все практически важные ECO-операции, включая добавление и удаление компонентов и цепей. Новые компоненты помещаются на отдельный лист схемы и оттуда уже переносятся пользователем в нужное место. Если ECO-протокол по какой-то причине утрачен, можно воспользоваться пакетными средствами сравнения принципиальных схем, которые создадут необходимый ECO-файл. В принципе этот механизм позволяет (если уж кому-то очень хочется) сначала спроектировать топологию, а потом заняться рисованием схемы.

В остальном работа с PADS Logic аналогична другим схемным редакторам. С помощью панели конструирования из библиотек выносятся символы, которые располагаются на листах схемы, рисуются шины соединений и связи между элементами. Поддерживается автоматический контроль правильности электрических соединений, есть средства управления генерацией отчетов. Возможно, для отечественных пользователей окажутся удобными средства управления заданием имен и перенумерацией компонентов.

### PADS LAYOUT

PADS Layout (ранее PowerPCB) — удобное персональное средство проектирования топологии печатных плат (рис.2), получившее широкое распространение в мире, в особенности в США. На момент создания этой системы (1995 г.) ее пользовательский интерфейс признавался одним из самых удобных в промышленности. Простота установки и сопровождения, использование единого проект-



**Рис. 1. Схематехнический редактор PADS Logic**

ного файла, удобный доступ к данным, гибкость, позволяющая каждому пользователю работать в своей индивидуальной манере, обеспечили популярность этой системе именно как персональному средству проектирования. Прежде чем перейти к общему описанию процесса проектирования в PADS Layout, рассмотрим некоторые примеры, которые дают представление о характере системы. Возьмем интерактивную трассировку. В PADS Layout интерактивная трассировка (динамическая и в режиме добавления сегментов по нажатию клавиши, под любыми углами и с использованием дуг) может выполняться с автоматическим контролем соблюдения всех толщин и зазоров. Но если разработчику по каким-либо причинам неудобно работать в режиме, когда программа все время “хватает за руку”, не позволяя реализовать задуманное, можно просто отключить проверки и работать свободно. Впоследствии все нарушения будут выявлены, и доводку платы можно будет осуществлять с включенным контролем. Аналогичная ситуация с использованием трассировочной сетки. В системе реализованы современные бессеточные методы интерактивной трассировки, но возможен и режим трассировки “по сетке” для тех, кто привык так работать.

Создание нового проекта в PADS Layout обычно начинается с задания количества слоев печатной платы и их свойств. Определяются слои, которые будут использоваться для трассировки межсоединений, слои “земли” и питания. Для каждого из слоев заполняются значения толщины фольги и межслойного диэлектрика, величины диэлектрической проницаемости. Далее задаются стандартные для текущего проекта значения диапазона ширины проводников, таблица зазоров и параметры дифференциальных и высокочастотных цепей. Эти настройки можно запомнить в качестве шаблона для использования в других проектах. После загрузки данных о принципиальной схеме можно задать также специальные правила (ширина, зазоры) для отдельных цепей и даже отдельных фрагментов цепей.

Компоненты загруженной схемы первоначально располагаются в точке начала координат. Для удобства последующего интерактивного размещения всегда имеет смысл с помощью специальной команды автоматически разместить компоненты вокруг контура печатной платы. Это дает возможность видеть сразу всю схему, не загромождая область платы. Можно воспользоваться средствами автоматического размещения компонентов на плате. И хотя разработчики печатных плат обычно предпочитают осуществлять размещение вручную, результаты автоматического размещения могут быть полезны в качестве начального варианта, от которого можно оттал-

каться. В PADS Layout предусмотрена также возможность организации смешанного режима, когда вручную устанавливаются основные компоненты, автоматически размещаются остальные, а затем проводится ручная коррекция с использованием полуавтоматических средств расталкивания и выравнивания компонентов.

При интерактивном размещении контролируются все типы зазоров, при автоматическом – зазоры между компонентами. Кроме того, всегда учитываются области, в которых размещение запрещено или есть ограничения по высоте компонентов.

Такие области задаются с помощью специального набора графических инструментов, позволяющих также формировать контур платы и области запрета на трассировку; рисовать полигоны, внутри которых необходимо проводить металлизацию не задействованного при трассировке пространства; создавать участки сплошной металлизации, не привязанные к цепям (например, чтобы сделать теплоотвод для планарного транзистора).

Можно задать области металлизации, ассоциированные с одной из цепей схемы и предназначенные для подключения выводов этой цепи (как правило, “земля” и питание). Обычно для таких целей выделяются специальные слои, на которых можно сформировать одну или несколько подобных областей (с вырезами или без вырезов).

Когда завершены подготовительные этапы, нарисован контур платы, установлены все компоненты и монтажные отверстия (если таковые имеются), сформированы все области, приступают непосредственно к трассировке печатной платы с помощью средств интерактивной трассировки и редактирования трасс. Набор таких средств в PADS Layout включает посегментную трассировку, динамическую трассировку, трассировку шин, средства геометрической коррекции проводников. Надо заметить, что это удобные современные инструменты, но мы здесь не будем на них останавливаться, поскольку наиболее совершенные средства трассировки содержатся в системе PADS Router.

Завершается проектирование комплексной проверкой всех правил и ограничений, подготовкой технологических файлов для изготовления платы. Создаются послойные описания выходной геометрии и апертур, формируются данные для сверления, файлы координат компонентов для монтажа на печатной плате. Помимо встроенных средств можно воспользоваться системой подготовки технологической информации CAM350, тем более, что в свое время эта система также принадлежала компании PADS и была интегрирована с системой PowerPCB.

Прежде чем завершить обзор PADS Layout, хотелось бы остановиться на таких чрезвычайно удобных инструментах, как средства повторного использования готовых топологических решений (physical design reuse). В PADS Layout можно выделить любую группу объектов и объявить ее переиспользуемым блоком (это не обязательно фрагмент схемы, может быть просто группа специальных областей, графика или тексты). Блок можно использовать просто как фиксированный объект при перемещении на плате, копировать внутри текущего проекта и переносить в другой проект. Можно сохранить блок в текстовом формате в библиотеке и загружать из нее в другие проекты. При добавлении блоков легко управлять слиянием цепей, переименованием цепей и компонентов. Если добавление идет из библиотеки или из другого проекта, предварительно анализируется совместимость базовых настроек. Недостатком средств повторного использования готовых топологических решений можно считать то, что нет связи топологического блока со схемным представлением,

но в любом случае при добавлении блока в PADS Layout все изменения схемы регистрируются в ECO-файле и могут быть переданы в PADS Logic. И такой подход очень гибок, при работе с топологией разработчик может действовать так же, как мы обычно поступаем при написании текстов и программ. Не секрет, что значительная часть программного кода создается с помощью механизма копирования и последующей модификации однажды написанного текста. Точно так же можно работать и с топологией в PADS Layout. Выделяешь фрагмент в готовом проекте или библиотеке, копируешь, выбрасываешь то, что не нужно, добавляешь свои изменения, и решение готово. Можно воспользоваться и непосредственно механизмом копирования (Copy/Paste), как в текстовом редакторе. По сути при этом образуются те же блоки, только временные. Есть еще одна возможность, особенно полезная для регулярных структур, — копирование готового варианта трассировки. Можно создать геометрию для одной или группы трасс, а потом в интерактивном режиме перенести эту геометрию на другие цепи. Или если в схеме есть повторяющиеся фрагменты, разместить и оттрассировать один, а потом запустить автоматическую процедуру, которая будет распознавать аналогичные фрагменты и создавать из них топологические блоки по образцу базового.

Ну и наконец некоторые дополнительные возможности PADS Layout, в их числе:

- радиальное размещение;
- средства автоматического проставления размеров;
- проверка результатов проектирования с учетом условий последующего производства (Design For Fabrication, DFF);
- средства размещения тестовых контактных площадок (Design for Test, DFT);
- поддержка DXF и IDF форматов для сопряжения с механическими САПР;
- трансляторы из баз данных OrCAD и Protel.

### PADS ROUTER / PADS AUTOROUTER

Средства автоматической и интерактивной трассировки (новейшая разработка в линейке продуктов топологического проектирования PADS) объединены в едином программном модуле, построенном на базе технологии Latium, обеспечивающей системную поддержку объектно-ориентированной базы данных и пользовательского интерфейса (рис.3). Разработанная внутри компании технология Latium, впервые примененная при создании автотрассировщика

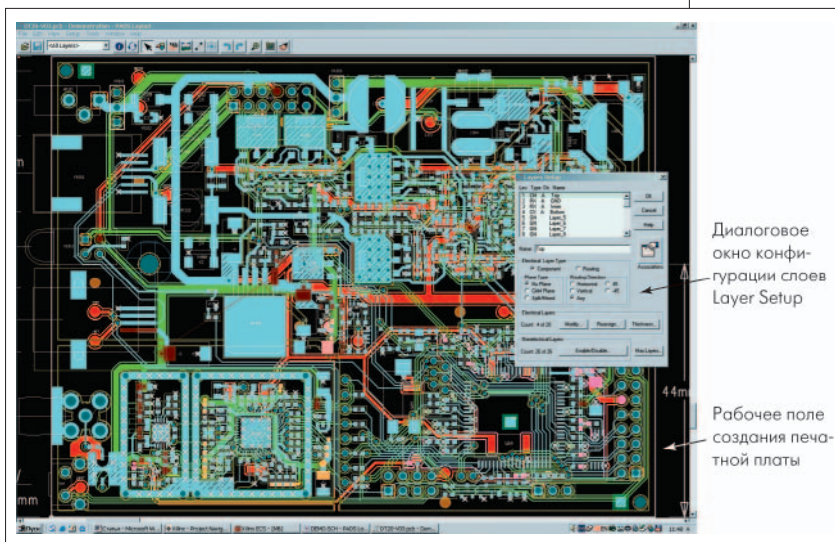
(первоначальное название BlazeRouter), оказалась особенно эффективной для интерактивной трассировки (первоначальное название FIRE). Программный модуль PADS Router/PADS AutoRouter также включает базовые команды интерактивного размещения, поддержку сложной системы правил проектирования, средства автоматического контроля результатов, а также все возможности технологии Latium (быстрая графика, удобные элементы пользовательского интерфейса, работа с табличным представлением данных, пользовательские макрокоманды и другие). Используется тот же рабочий файл, что и в системе PADS Layout (автоматическая трассировка может запускаться непосредственно из среды PADS Layout).

В целом средства автоматической трассировки характеризуются простотой использования и высоким качеством результатов (высокий процент реализации, практически не требуется ручная “подчистка”). Предлагаемый пользователю набор стратегий трассировки выверен и перекрывает широкий класс проектируемых плат от небольших до самых современных. При этом, если при работе со сверхсложными платами некоторые пользователи жаловались на недостаточное быстродействие, то для стандартных плат (до десяти слоев, два-три корпуса типа BGA) — отзывы самые благоприятные. С учетом опции трассировки высокоскоростных сигналов автоматическая трассировка обладает следующими характеристиками:

- бессеточная трассировка с учетом развитой системы индивидуальных ограничений на зазоры и ширину проводников;
- возможность автоматической трассировки под произвольными углами;
- динамическое отображение процесса трассировки в графическом виде;
- автоматическое добавление тестовых площадок в процессе трассировки;
- автоматическая трассировка дифференциальных пар;
- учет ограничений на минимальную/максимальную длину, выравнивание длин соединений при трассировке высокоскоростных сигналов.

Такого разнообразия инструментов интерактивной трассировки, как в PADS Router, трудно найти в других системах. В целом все интерактивные средства поддерживают бессеточные методы трассировки с автоматическим контролем соблюдения заданных ограничений, режимы ортогональной, диагональной трассировки, трассировку под произвольными углами, возможность автоматического расталкивания трасс и межслойных переходов, препятствующих прокладке текущей трассы. И как уже было замечено, пользователю не навязывается какая-то жесткая схема, он может работать “по сетке” или с отключенной проверкой правил. Система также предусматривает уникальную возможность контроля правил проектирования в режиме “предупреждений”. В этом режиме по мере прокладки трассы пользователь получает полный отчет о существующих нарушениях (с указанием конкретных мест в графическом виде) и может оставить или вариант с нарушениями, или проводить трассу иначе. При этом в PADS Router решена задача мгновенного перехода от одного режима к другому. Трудность здесь в том, чтобы дать возможность проводить новые фрагменты трасс с полным контролем правил при наличии нарушений во фрагментах, реализованных ранее в режиме с отключенным контролем.

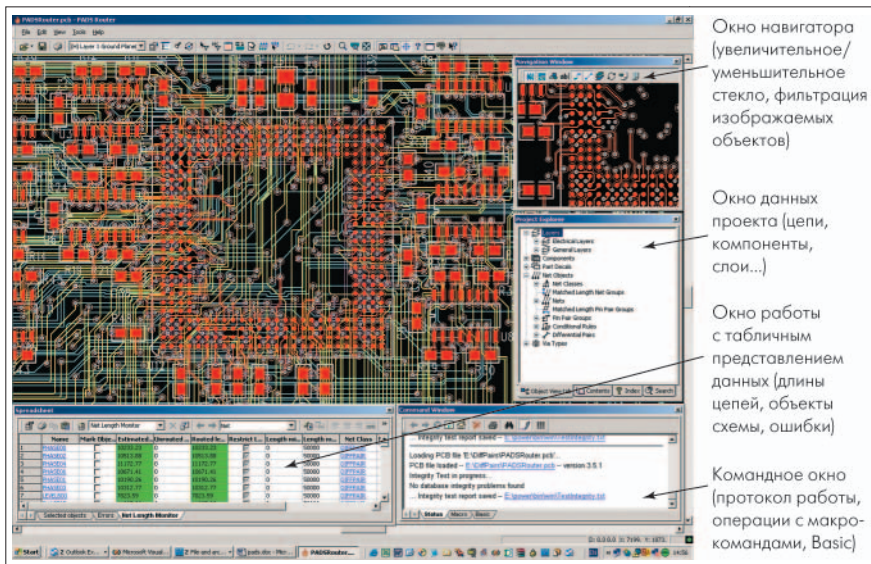
Для получения начального варианта межсоединения двух выводов цепи можно вызвать команду быст-



Диалоговое окно конфигурации слоев Layer Setup

Рабочее поле создания печатной платы

Рис.2. Система топологического проектирования печатных плат PADS Layout



Окно навигатора (увеличительное/уменьшительное стекло, фильтрация изображаемых объектов)

Окно данных проекта (цепи, компоненты, слои...)

Окно работы с табличным представлением данных (длины цепей, объекты схемы, ошибки)

Командное окно (протокол работы, операции с макрокомандами, Basic)

**Рис.3. Система автоматической и интерактивной трассировки PADS Router/PADS AutoRouter**

рой трассировки QuickRoute, при запуске которой сразу формируется завершённый вариант трассы, или воспользоваться традиционным способом проведения трассы вслед за курсором. Здесь вместо стандартного метода с указанием каждого поворота трассы лучше воспользоваться динамической трассировкой, которая позволяет не заботиться о геометрии трассы, а лишь указывать траекторией курсора, с какой стороны следует обходить препятствия (гладкая геометрия генерируется автоматически с учетом всех зазоров). В зависимости от установленного режима расталкивания “чужие” проводники и межслойные переходы будут отодвигаться (с сохранением связности) на нужное расстояние с пути следования трассы непосредственно в процессе движения мыши (plow by mouse) или в отложенном режиме по нажатию клавиши (plow by click). Есть также режимы разрезания пересекаемых проводников (rip-up) и переброски “назад” за текущую трассу. При отключении режима расталкивания все трассы и межслойные переходы воспринимаются как препятствия. Для динамической трассировки в областях с высокой плотностью межсоединений в последней версии PADS Router разработан специальный режим (guided plow), который повышает эффективность процедуры расталкивания, позволяя, образно говоря, “проскальзывать” в плотной группе трасс.

В команде интерактивной трассировки можно на лету изменять режимы трассировки и расталкивания, переключаться на другие правила (для подключения к контактам BGA-корпусов обычно используется меньшая ширина и зазоры), переходить со слоя на слой с установкой межслойных переходов, добавлять тестовые контактные площадки, работать с дугами постоянного и переменного радиуса и так называемыми “аккордеоном”. При указании курсором на любой объект, к которому разрешено подключение, трасса подключается к нему автоматически и автоматически отсоединяется, если пользователь отвел курсор, не подтвердив подключение нажатием клавиши. Возможно также автоматическое доведение трассы до ближайшего вывода цепи, к которому разрешено подключение (на него всегда направлен специальный указатель). Во время трассировки в графическом виде доступна вспомогательная информация о длине трассы, индикатор межслойных переходов, области нарушения зазоров вокруг препятствий (guard bands).

Уже существующий вариант трассы можно откорректировать. Набор интерактивных команд геометрической коррекции включает различные типы модификаций, в том числе движение межслойных пе-

реходов, точек сопряжения нескольких проводников, углов, сегментов и цепочек сегментов трасс, сглаживание дугами переменного радиуса, перенос сегментов на другой слой. Все модификации проводятся с контролем ограничений и поддерживаются средствами расталкивания. Для изменения геометрии фрагмента трассы можно также воспользоваться командой QuickRoute или режимом перетрассировки (с удалением циклов) команды интерактивного трассировщика, когда после реализации нового пути между двумя точками существующей трассы старый автоматический удаляется.

В последнее время все в большем числе печатных плат, особенно высокоскоростных, используются так называемые дифференциальные пары, методы трассировки которых предполагают проведение двух трасс параллельно с постоянным зазором. Допускается некоторое расхождение в местах подключения к выводам и межслойным пере-

ходам, при обходе небольших препятствий, но основная часть маршрута должна проходить параллельно. Реализация такой трассировки обычными методами крайне трудоемка, поэтому разрабатываются специализированные средства. Команда трассировки дифференциальных пар в PADS Router обеспечивает совместную параллельную трассировку двух трасс на одном слое как в обычном, так и в динамическом режимах с использованием средств расталкивания и сглаживания, одновременный переход на другой слой с простановкой межслойных переходов. Кроме того, в команде предусмотрены возможность вставки “аккордеонов”, одновременной раздельной трассировки (для обхода небольших препятствий и реализации схождения при старте от различных выводов), раздельной последовательной трассировки (для реализации схождения и ручного завершения трасс в сложных случаях), а также средства автоматического завершения трассировки.

### НЕСКОЛЬКО СЛОВ О PADS HYPERLYNX (ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ)

После завершения этапа трассировки данные о топологии и электрических параметрах компонентов могут быть переданы в систему PADS HyperLynx для проведения электромагнитного анализа и анализа целостности сигналов. В современных печатных платах проблемы целостности сигналов и электромагнитной совместимости стоят очень остро, и PADS HyperLynx — один из наиболее востребованных и динамично развивающихся продуктов подобного типа. Но это уже тема отдельного разговора. ○