

редактирует, а другую – для готовых компонентов, полностью соответствующих требованиям производства. Компоненты ПП, проверенные с помощью подпрограмм всестороннего тестирования, полностью пригодны для работы.

Таким образом, пакет PCB Design Studio дает проектировщику не только функционально полный набор экспертных инструментальных средств поддержки процесса автоматизированного проектирования достаточно широкого технологического спектра ПП, но и расширяет его информационные и творческие возможности, делает его работу удобной и максимально эффективной. Использование пакета в учебном процессе позволит всесторонне и детально рассмотреть один из ярких примеров создания качественных программных средств САПР, научиться эффективно поддерживать процессы автоматизированного проектирования современных и перспективных ПП, что, несомненно, способствует повышению качества подготовки специалистов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.В., Нужнов Е.В. Подготовка инженеров специальности 230104 на основе использования методологии и промышленных САПР компании Cadence Design Systems // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'05)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2005)». Научное издание в 4-х томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005, т.4. – С. 98-104.
2. Нужнов Е.В., Ковалев А.В. Варианты использования промышленных САПР компании Cadence Design Systems в техническом университете // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'05)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2005)». Научное издание в трех томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005, т.2 – С. 430-436.
3. Курейчик В.В., Нужнов Е.В., Полунов А.А. Особенности среды аналогового проектирования VIRTUOSO // Известия ТРТУ. Тематический выпуск: Интеллектуальные САПР. Материалы Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, № 8. – С. 105-110.
4. Курейчик В.В., Нужнов Е.В., Полунов А.А. Особенности схемного редактора VIRTUOSO // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'06)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2006)». Научное издание в трех томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2006, т.2. – С. 28-33.
5. CAD master. Журнал для профессионалов САПР. 2003, № 4. – www.cadmaster.ru.
6. Баринев С.В., Иванько А.В., Щеглов С.Н. Основные средства автоматизированного проектирования печатных плат компании Cadence Design Systems // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы (электронный журнал), 2006, 1.
7. Средства и технологии проектирования и производства электронных устройств. – EDA Express, 2002, № 5.
8. Cadence Design Systems. Products, 2006. – <http://www.cadence.com/products.htm>.
9. www.crete.cadence.com
10. IEEE Spectrum.

Е.В. Нужнов, А.В. Иванько, С.Н. Щеглов

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СРЕДСТВА ТРАССИРОВКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В СРЕДЕ ПАКЕТА PCB DESIGN STUDIO

Настоящая статья продолжает серию статей, связанных с внедрением в учебный процесс кафедры систем автоматизированного проектирования (САПР) Таганрогского государственного радиотехнического университета учебных версий промышленных САПР изделий электроники (заказных интегральных схем (ИС)

различной степени интеграции, печатных плат, микросборок и интегральных систем на платах) компании Cadence Design Systems (США) (далее Cadence) [1-4]. Она посвящена принципам проектирования и средствам трассировки печатных плат (ПП) в среде пакета PCB Design Studio [5-8].

Средства ввода проекта. Пакет PCB Design Studio предлагает две программных среды, применяемые для ввода данных проекта, каждая из которых реализует свои методы и обладает присущими только ей преимуществами. От пользователя требуется только выбрать из них ту, которая наилучшим образом соответствует его задачам и стилю работы.

CIS (Component Information System – система информации о компоненте) – является полнофункциональной средой управления базами данных (БД) электронных компонентов, а также автономной системой их создания и поддержки. Работая в ней, с помощью мощных инструментов запроса можно быстро находить компоненты, используя в качестве критерия поиска любую комбинацию значений параметров. После выбора компонента для работы, CIS позволяет извлекать все определяющие его данные – логические, физические, данные производителя, информацию для заказа и, соответственно, поддерживает доступ к ним из разрабатываемой схемы. При изменении компонентов схема или БД обновляются одним нажатием кнопки, а полный и точный список компонентов или соединений можно создать в любой момент времени. Тесная двунаправленная интеграция с редактором топологии PCB Design Studio гарантирует однозначное соответствие между схемой и топологией ПП при изменении обозначения или величин параметров компонента, а также при любой перестановке его секции или штыревого контакта (пина).

Другим средством ввода проекта является язык Concept HDL. Если в процессе проектирования требуется переход от непосредственного рисования схем к более мощным и эффективным методам, основанным на лингвистическом описании систем, а также на поддержке вариантов проекта и повторном его использовании, то следует использовать именно эту технологию.

Программная среда для разноуровневых данных Concept HDL обеспечивает разработку проекта с использованием любой комбинации поведенческого и структурного описаний. Среда Concept HDL специально создана для поддержки методики сквозного проектирования «сверху вниз», идеально подходит для коллективной работы над достаточно сложными проектами. Представление структуры проекта в графическом виде и управление его конфигурацией, а также возможности редактирования функциональных блоков позволяют разделять проект на составные части, управлять многоуровневыми проектами. Объемные проекты можно разделять на логические управляемые модули с последующим распределением задач между проектировщиками.

Инструмент **Component Browser** позволяет быстро находить требуемый компонент с использованием логического или физического критерия поиска.

Если требуется проконтролировать компонент ПП в большом проекте или трассировать сигнал через многостраничный или многослойный проект, используется функция его глобального поиска **Global Find**.

Поддержка модульного принципа проектирования. Требования рынка и современные тенденции проектирования привели к необходимости модульной реализации электронных приборов, классификации их по исполнению и вариантам реализации функционального ядра. Поддержка множества различных версий одного и того же базового проекта отнимает много времени проектировщика и ресурсов компьютера, что может привести к появлению ошибок. Поэтому намного эффективнее выделять функциональные возможности ядра проекта в один проект, а

затем по отдельности выделять и поддерживать различные его версии. Когда функциональные возможности ядра изменены в базовом проекте, эти изменения автоматически воспроизводятся во всех его вариантах.

Опция **Variants** в пакете PCB Design Studio позволяет определять различные версии проекта. Проектировщик может выбрать нужную версию на любом этапе проектирования: при моделировании, генерации перечня материалов или при выпуске изделия в производство. Произвести этот выбор можно как из программной среды ввода схем, так и из редактора топологии ПП. Мощное средство синхронизации различных описаний гарантирует соответствие схемного и топологического представления. Оно сравнивает две формы проекта, фиксирует все изменения и дает возможность выбрать ту форму, которая является главной для каждого класса объектов проектирования, в котором прошли изменения.

Allegro PCB – топологический редактор высокого уровня. В основе пакета PCB Design Studio лежит одна из ведущих мировых систем автоматизированного проектирования топологии ПП – Allegro PCB. Allegro PCB представляет собой интерактивный инструмент создания и редактирования сложных многослойных ПП, отвечающий всем современным требованиям разработки проектов электронных устройств.

В топологическом редакторе Allegro PCB компания Cadence впервые использовала концепцию разработки под управлением правил. Ограничения на размещение компонентов, объединение их в группы, задание ширины проводников для критических цепей включаются в логическую часть проекта еще на этапе ввода схемы будущего устройства. Все эти данные передаются в топологический редактор для использования при размещении и трассировке.

Allegro PCB предоставляет мощный и гибкий набор средств размещения элементов топологии ПП. В полуавтоматическом режиме вычисляется и отображается оптимальный вариант размещения каждого компонента с учетом сохранения их соединений. Тем не менее, окончательное решение о размещении компонента пользователь может принять, опираясь на свой личный опыт. Средства сквозного поиска (cross-probing) и выборки (cross-selection) между средой ввода проекта и Allegro PCB позволяют выбирать компоненты в схеме и размещать их в редакторе топологии ПП, соблюдая необходимые правила проектирования для критических компонентов. Другое достоинство Allegro PCB заключено в разделении ПП на области или «комнаты» с уникальными именами, с последующим обозначением компонентов или узлов схем этими именами для управления их собственными электрическими, термическими или механическими характеристиками и ограничениями.

Современное производство ПП часто требует применения очень сложных и мощных средств планирования слоев металлизации платы. Необходимо свести число этих слоев к минимуму для уменьшения окончательной стоимости изделия. Система Allegro PCB решает эту задачу, используя свои высокоэффективные инструменты планирования и редактирования слоев ПП для создания на ней равномерного рассеивания мощности. Система включает инструменты выбора и разделения топологии ПП по слоям, позитивного или негативного представления внутренних слоев металлизации, а также различные опции, позволяющие пользователю определять фрагменты слоев питания.

Система Allegro PCB оснащена всеми необходимыми средствами представления данных для производства. Пользователю предоставлен полный набор инструментов для изготовления фотошаблонов и печатных плат, а также их тестирования (в том числе таблица апертур формата Gerber 274x; таблица NCDrill, содержащая сведения об общем числе, координатах и размерах переходных отверстий, а

также шаблоны ПП различных форматов). Возможна полная интеграция пакета с внутренними или специфическими внешними системами, применяемыми на том или ином производстве.

На рис.1 показан вид представления графического интерфейса пользователя Allegro PCB.

Allegro PCB поддерживает встроенный выходной формат ODB++, совместно разработанный компаниями Cadence и Valor Computerized Systems. Формат ODB++ позволяет без использования Gerber-формата создавать точные и надежные данные для высококачественного производства.

Графический интерфейс системы подобен интерфейсу популярных программных продуктов корпорации Microsoft и включает настраиваемые пользователем инструментальные панели. Использование возможностей расширенного языка управления дает возможность настроить инструментальные средства Allegro PCB в соответствии с требованиями и персональным стилем работы пользователя.

Инструмент интерактивной трассировки IntelliUSE. IntelliUSE обеспечивает в режиме реального времени трассировку проводников с любым углом поворота. Встроенный механизм, основанный на бессеточной технологии (Shape-Based), оптимизирует процесс трассировки. Проектировщику предоставлены на выбор опции Shove-preferred (проталкивание привилегированного) и Hug-preferred (огибание привилегированным). Управляемый процесс непрерывного спрямления «выступов» и «уступов» проводников (для улучшения технологичности платы) автоматически настраивает маршрут трассы с учетом требований к производству изделия. Это происходит как в момент трассировки, так и при редактировании трассы.

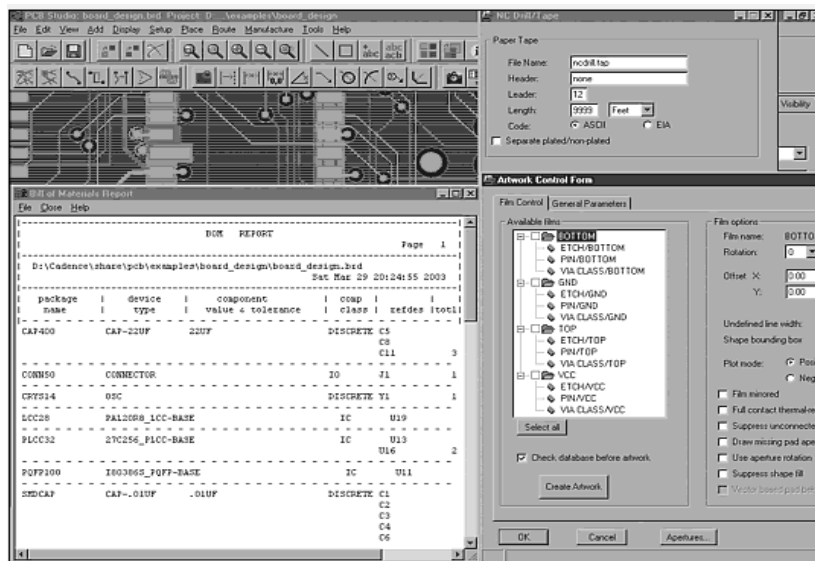


Рис.1. Работа с проектными данными в программе Allegro PCB

Опция Shove-preferred позволяет проектировщику создавать оптимальный путь межсоединения посредством автоматического проталкивания проводника, раздвигающего препятствия на ПП. Трассы будут автоматически «прыгать» над переходными отверстиями ПП или пинами.

Опция Hug-preferred предназначена для автоматического внесения изменений в принципиальную схему или ПП, а также для создания шин данных. В режиме

hug-preferred контур «трассировщика» следует вдоль других межсоединений или по контуру препятствия, что является его привилегией. Проводник «отодвигает» препятствия или «перепрыгивает» через них только при отсутствии других вариантов прохождения.

На рис.2 показаны результаты применения описанных выше механизмов трассировки.

Технологии высокоуровневой автоматической и интерактивной трассировки SPECCTRA. Дополнительным средством создания топологии ПП в пакете PCB Design Studio является программа SPECCTRA. Она предоставляет мощные средства реализации межсоединений: редактор трасс (Route Editor) и автотрассировщик (Autorouter). Оба решения интегрируются с Allegro PCB, благодаря чему создается высокопродуктивная среда создания топологии печатных плат. Все ограничения и правила проектирования, даже если они определены на этапе ввода проекта, передаются из Allegro PCB в SPECCTRA. Стандартный редактор трасс и автотрассировщик позволяют разводить до шести сигнальных слоев одновременно, без ограничения по числу пинов компонентов и цепей.

Редактор трасс SPECCTRA позволяет реконструировать проводники, контактные площадки, переходные отверстия на печатной плате, используя механизмы трассировки с динамическим отображением процесса во времени. Если необходимо «дотрассировать» несколько проводников, функция **Plowing** автоматически «раздвигает» существующие трассы и прокладывает требуемое соединение. Используя функцию **Shoving**, можно сдвигать сегменты трасс или переходных отверстий на фоне остальных проводников и продолжать трассировку поверх других пинов или отверстий. Инструмент **Ghosting** позволяет создавать и оценивать сценарии возможных результатов перемещения. Когда сегмент трассы или переходные отверстия перемещаются вслед за курсором, окружающие трассы динамически отталкиваются и подсвечиваются. Многоуровневая отмена действий позволяет в любой момент вернуться к любому варианту конфигурации.

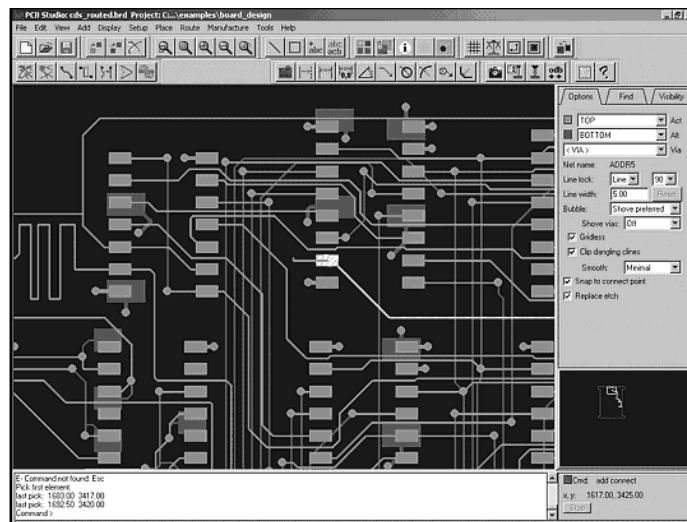


Рис.2. Трассировка соединений печатной платы

Автотрассировщик SPECCTRA создан для разработки печатных плат с высокой плотностью монтажа и сложными правилами проектирования. Он основан на

современной технологии «бессеточного» проектирования, при которой достигается наибольшая эффективность использования всей области трассировки печатной платы. *SPECCTRA autorouter* быстро обрабатывает компоненты с «шахматным» (диагональным) расположением пинов. Используемые алгоритмы трассировки по диагонали, работающие в «сеточном» и «бессеточном» режимах, обрабатывают компоненты нестандартных размеров, которые ранее требовали трассировки вручную. В результате достигается наивысшая скорость проектирования при максимальном использовании площади и минимальном числе слоев ПП.

Освоение описанных принципов, механизмов, программных средств и инструментов в учебном процессе подготовки специалистов по САПР позволит повысить уровень их профессиональных возможностей с учетом новых идей автоматизированного проектирования от ведущих мировых разработчиков САПР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.В., Нужнов Е.В. Подготовка инженеров специальности 230104 на основе использования методологии и промышленных САПР компании Cadence Design Systems // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'05)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2005)». Научное издание в 4-х томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005, т.4. – С. 98-104.
2. Нужнов Е.В., Ковалев А.В. Варианты использования промышленных САПР компании Cadence Design Systems в техническом университете // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'05)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2005)». Научное издание в трех томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2005, т.2. – С. 430-436.
3. Курейчик В.В., Нужнов Е.В., Полунов А.А. Особенности среды аналогового проектирования VIRTUOSO // Известия ТРТУ. Тематический выпуск: Интеллектуальные САПР. Материалы Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, № 8. – С. 105-110.
4. Курейчик В.В., Нужнов Е.В., Полунов А.А. Особенности схемного редактора VIRTUOSO // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'06)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2006)». Научное издание в трех томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2006, т.2. – С. 28-33.
5. CAD master. Журнал для профессионалов САПР. 2005, № 5. – www.cadmater.ru.
6. Иванько А.В., Щеглов С.Н. «Основные этапы проектирования электронных устройств с использованием ПО компании Cadence Design Systems» // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы (IEEE AIS'06)» и «Интеллектуальные САПР (CAD-2006)». Научное издание в трех томах. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2006, т.2. – С. 28-33.
7. Cadence Design Systems. Products, 2006. – <http://www.cadence.com/products.htm>.
8. www.crete.cadence.com.

В.В. Лисяк, Н.К. Лисяк

О ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ САПР*

Особенностью моделирования САПР является организация использования многих ресурсов с рассмотрением последовательности запросов на эти ресурсы, которые создают задания на проектирование. При этом большое разнообразие технических и программных средств, сложная организация их взаимодействия и раз-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 05-08-18115.