

И. А. Белоус¹

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток, Россия

Сквозное автоматизированное проектирование в системе Altium Designer

Принцип сквозного проектирования подразумевает передачу результатов одного этапа проектирования на следующий в единой проектной среде. При этом изменения, вносимые на любом этапе, должны отображаться во всех частях проекта. Одной из современных систем сквозного САПР, решающих задачи конструкторского проектирования РЭУ, является Altium Designer.

Ключевые слова и словосочетания: сквозное проектирование, системы автоматизированного проектирования.

I. A. Belous

Vladivostok State University of Economics and Service
Vladivostok, Russia

Computer-aided design system in Altium Designer

The principle of cross-cutting design involves the transmission of the results of the design phase to the next stage in a single design environment. The changes introduced at any stage, to be displayed in all parts of the project. One of the modern systems of end-to-end design CAD design solves the problem of designing of REU is Altium Designer.

Keywords: end-to-end design, computer-aided design.

Широкое внедрение радиоэлектронных устройств (РЭУ) в различных отраслях, а также ускорение темпов развития науки и техники привели: а) к непрерывному росту тактико-технических требований, предъявляемых к разрабатываемым изделиям, и усложнению их конструкций, что увеличивает сроки проектирования; б) к резкому сокращению сроков морального старения изделий РЭУ и необходимости своевременной их замены технически более совершенными; в) к увеличению стоимости проектных работ; г) к сжатым срокам, отводимым на разработку новых изделий [1].

Указанные особенности разработки и освоения новых образцов РЭУ сделали данный процесс сложным и трудоемким. Классические методы и средства «неавтоматизированного проектирования» уже не могут в ряде случаев обеспечить качественное и быстрое создание новых изделий. Применение вычислительной техники для автоматизации проектно-конструкторских работ позволяет [1]:

- проанализировать множество вариантов различных конструктивных решений за короткий промежуток времени, что не может сделать ни один проектировщик обычными методами;
- сократить сроки и снизить стоимость разработки РЭУ;
- создавать конструкции, оптимально учитывающие предъявляемые к ним технические требования;
- повысить качество контроля конструкторско-технологической документации создаваемых РЭУ;

¹ Белоус Игорь Александрович – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры информационных технологий и систем; e-mail: amfit312@mail.ru.

- использовать более точные методы расчета и проектирования, сводящие к минимуму подстроечно-регулирующие операции в процессе производства РЭУ;
- значительно расширить класс принципиально осуществимых по сложности проектов.

Главной целью создания систем автоматизации проектирования (САПР) РЭУ, представляющих собой сложные человеко-машинные комплексы, является эффективное использование характерных особенностей каждой стороны, участвующей в процессе разработки РЭУ: у человека – интуиции, опыта, изобретательности, способности к принятию решений; у вычислительных машин – быстродействия, точности расчёта и др. В таких системах разработчик выступает не только как потребитель конечных результатов проектирования, получаемых от САПР, но и как активный участник самого процесса проектирования, другими словами, имеет место совместный поиск решений проектировщика с САПР.

Принцип сквозного проектирования подразумевает передачу результатов одного этапа проектирования на следующий в единой проектной среде. При этом изменения, вносимые на любом этапе, должны отображаться во всех частях проекта. Такой принцип позволяет разработчику контролировать целостность проекта, отслеживать изменения и синхронизировать их [2].

Одной из современных систем сквозного САПР, решающей задачи конструкторского проектирования РЭУ, является Altium Designer [3]. Altium Designer представляет собой современный программно-аппаратный комплекс, предлагающий:

- единую среду для проектирования РЭС на базе печатных плат и ПЛИС;
- сквозную технологию от разработки или описания электрической схемы до подготовки платы к производству;
- работу с интегрированной базой данных электронных компонентов;
- поддержку двунаправленного интерфейса со многими распространенными САД-системами;
- широкие возможности в пользовательских настройках;
- коллективную работу над единым проектом.

В основе системы Altium Designer лежит программная платформа Design Explorer (DXP), объединяющая в себе различные модули для реализации всех функций сквозного автоматизированного проектирования:

- редактор схем;
- редактор библиотек моделей электронных компонентов;
- программу моделирования всевозможных схем РЭС;
- текстовый редактор списка соединений и описаний на языке VHDL;
- редактор синтеза логики для ПЛИС;
- редактор печатных плат, автотрассировщик;
- интерфейсы импорта и экспорта;
- САМ-средства и др.

Процесс проектирования РЭУ можно условно разбить на три основных этапа: системотехнический, схемотехнический и технический.

Системотехническое проектирование включает в себя внешнее и структурное проектирование. При внешнем проектировании производят всесторонний анализ исходного технического задания с точки зрения надежности, стоимости, быстродействия, массогабаритных характеристик и т.д.; принимают наиболее существенные решения относительно возможных путей реализации требований к аппаратуре, сформулированных в техническом задании, с учетом современных достижений в области радиоэлектроники; выбирают критерии для оценки эффективности проекта. На этой стадии проектирования намечают основные направления системотехнических и конструкторско-технологических решений, а также производят патентный поиск существующих аналогов с целью радио-

нального использования накопленного опыта, формирования оригинальных решений и их оформления. Структурное проектирование основывается на техническом задании на разработку, дополненном результатом внешнего проектирования. На данной стадии уточняют основные функциональные части разрабатываемой РЭУ, производят распределение функций между отдельными узлами и блоками. При этом учитывают требования производства и возможность использования унифицированных изделий, выпускаемых промышленностью.

В процессе системотехнического проектирования используются, в основном, творческие возможности разработчиков, а вычислительные машины применяют лишь для просмотра вариантов решений, принимаемых разработчиком, и поиска аналогов с помощью информационно-поисковой системы.

Схемотехническое проектирование включает в себя логическое проектирование, моделирование и анализ полученных схем, разработку диагностических тестов. На данном этапе проектирования использование вычислительной техники в настоящее время является более широким.

При логическом проектировании осуществляют формальный синтез функциональных схем отдельных узлов, выбранных на этапе системотехнического проектирования.

Основной задачей моделирования и анализа полученных схем является накопление информации о проектируемых схемах, построение карт состояний и проверка временных соотношений при прохождении входных сигналов. По мере развития автоматизации логического проектирования объем моделирования функциональных схем постепенно уменьшается, так как усложнение схем и использование БИС исключают возможность подробного моделирования, а многие критерии оптимизации могут быть учтены в результате синтеза схем с применением укрупненных моделей (макромоделей).

Процесс моделирования аналоговых, цифровых и смешанных электрических цепей в системе Altium Designer начинается с создания электрической принципиальной схемы РЭУ в редакторе электрических схем.

Редактор электрических схем Altium Designer имеет следующие особенности:

- 1) возможность переключения в проекте систем измерения (двойная/метрическая) снимает все ограничения для оформления схем согласно требованиям ЕСКД;
- 2) возможность создания в Altium Designer сложно-иерархических проектов;
- 3) поддержка многоканальных принципиальных схем;
- 4) специальные мастера по размещению графических объектов и текстов, а также специальный инструмент SCH Inspector для выборки элементов схемы в группы, совместного редактирования их свойств или размещения;
- 5) использование инструментов Редактора схем при:
 - формировании символов электронных компонентов схем и их библиотек;
 - текстовом редактировании списка соединений и описаний на языке VHDL;
 - процедуре моделирования схем;
 - синтезе логики для ПЛИС;
 - генерации BOM-файла (Bill of Material).

В своём составе пакет Altium Designer содержит программу моделирования, которая позволяет разработчику сразу по окончании создания принципиальной схемы начать её анализ, изменять параметры и проводить статистический анализ.

Основные возможности моделирования Altium Designer:

- 1) расширенная версия пакета Berkeley SPICE3f5/XSPICE для моделирования любой комбинации из аналоговых и цифровых устройств (смешанных схем);
- 2) цифровые устройства, включенные в библиотеки моделей, описаны с помощью патентованного языка Digital SimCode™;
- 3) возможность моделировать и синтезировать устройства, описанные на языке HDL (VHDL, Verilog);

4) в расчете учитываются почти все реальные параметры (для цифровых схем – задержка распространения, время установки и удержания, учет нагрузки на всех выводах устройств и т.д.);

5) программа содержит модели источников сигналов, имеющих линейные и нелинейные зависимости;

6) поддержка моделей от ведущих производителей: Motorola, Texas Instruments и др., которые создают модели для обеспечения максимальной совместимости с аналоговым моделированием. Altium Designer позволяет использовать эти модели непосредственно, без дополнительной адаптации;

7) для тестирования и анализа схемы разработчику предоставлено более 20 000 математических моделей;

8) при размещении элемента на листе принципиальной схемы происходит автоматическое установление связи с соответствующей моделью для анализа схемы;

9) полученные выходные сигналы, результаты их математической обработки и различные функции (зависимости) могут быть отображены в специальном окне.

Altium Designer поддерживает большое количество типов анализа, в том числе:

- частотный анализ в режиме малого сигнала;
- анализ переходных процессов;
- расчет спектральной плотности внутреннего шума;
- анализ передаточных функций по постоянному току;
- статистический анализ выходных электрических параметров схемы методом Monte-Carlo;

– анализ влияния изменений значений параметров элементов схемы и температуры на работу схемы;

– спектральный анализ Фурье;

– возможности по математической обработке рассчитанных сигналов: их сложения, вычитания, применения к ним различных математических функций.

Задача формирования диагностических тестов, решаемая в процессе моделирования, заключается в построении такой входной последовательности сигналов, чтобы по виду выходной последовательности можно было судить об исправности аппаратуры, а в случае ее неисправности определить вид и место повреждения.

Электрические схемы и результаты моделирования, полученные в результате схемотехнического проектирования, служат входной информацией при техническом проектировании, включающем в себя конструкторское и технологическое проектирование.

Основная цель конструкторского проектирования состоит в переходе от функциональной схемы аппаратуры к конкретному набору связанных между собой конструктивных элементов, модулей и устройств, реализующих данную схему; в определении их размеров, формы, материала и взаимного расположения, а также выпуске необходимой технической документации для ее производства и эксплуатации. При этом связи между отдельными конструктивными элементами могут носить механический, электрический, электромагнитный и тепловой характер. Основной задачей, решаемой на данной стадии, является эквивалентное преобразование схемы разрабатываемого устройства в схему соединений конструктивных элементов (микросхем, модулей, полупроводниковых и гибридных БИС и т. п.). Оптимальность полученного решения оценивается по ряду критериев, среди которых наиболее распространенным является критерий минимума числа типов микросхем, модулей, БИС и неунифицированных изделий.

После этого конструктивные элементы компонуются в функционально законченные узлы, блоки, агрегаты по критерию минимума внешних связей между отдельными конструктивными единицами РЭУ.

После решения задачи компоновки производят размещение элементов в пределах каждой отдельной конструктивной единицы. При этом наиболее существенным является создание благоприятных условий для последующей трассировки соединений.

Электрические соединения конструктивных элементов могут выполняться как объемным монтажом, так и с помощью коммутационных плат, где в зависимости от выбранной технологии производства печатные проводники разводятся в одном, двух или более слоях, что, в свою очередь, выдвигает индивидуальные требования к алгоритмам трассировки. Как правило, критериями оптимальности трассировки являются критерии минимума суммарной длины и числа пересечений проводников при стопроцентной разводке схемных соединений. Трассировка соединений печатных плат завершается получением перфоленты для фотонаборной установки, на которой изготавливают фотошаблоны.

Размещение компонентов и трассировка проводников на сигнальных слоях платы, соединяющих выводы компонентов, согласно списку соединений, в системе Altium Designer, осуществляется в редакторе плат.

Основные особенности редактора:

- 1) работа с метрической и дюймовой системой мер;
 - 2) три типа слоев: электрические (сигнальные и экранные), механические;
 - 3) проект может содержать до 32-х сигнальных слоев, предназначенных для формирования рисунка многослойной печатной платы;
 - 4) для размещения элементов сборки, различной вспомогательной и служебной информации предусмотрено до 16 механических слоев, содержимое которых может выводиться в Gerber-файлы наряду с информацией из электрических слоев;
 - 5) специальная функция назначения пар механических слоев позволяет размещать на них контуры компонентов, используемые при генерации видов различных сторон платы для сборочного чертежа;
 - 6) до 16 внутренних экранных слоев для выполнения проводников в виде металлизированных полигонов (земли и питания);
 - 7) все подсхемы иерархической структуры проекта «привязаны» к определенной области на плате («комнате размещения» или Room), что значительно упрощает работу разработчика;
 - 8) средства автоматического и интерактивного размещения компонентов – это две встроенные программы авторазмещения компонентов Cluster Placer и Statistical Placer;
 - 9) прокладка сегментов проводников непосредственно из центров электрических объектов (контактных площадок, переходных отверстий) или концов существующих проводников без привязки к сетке Snap Grid;
 - 10) современный автотрассировщик Situs, который имеет возможность настройки стратегии трассировки посредством задания последовательности выполнения специальных процедур;
 - 11) редактор печатных плат Altium Designer располагает традиционными возможностями импорта/экспорта файлов в стандартных форматах DVG и DXF, что позволяет добавлять на чертеж заранее заготовленные элементы оформления или контур печатной платы и передавать проект в механические САПР (AutoCAD и др.) для дальнейшего оформления документации;
 - 12) возможность просмотра внутри системы трехмерного вида проектируемой платы по технологии OpenGL.
- Разработчик имеет возможность:
- вывести на монитор реальный вид платы с компонентами (см. рисунок);
 - оценить сопряжение платы с механическими деталями конструкции и тут же внести необходимые изменения;
 - отключать отображение компонентов или участков металлизации и тем самым наблюдать вид платы на промежуточных этапах изготовления;
 - выключение текстур заливки объектов позволяет просматривать многослойную структуру платы на просвет, как на рентгеновском снимке;

– контролировать на уровне DRC превышение компонентами максимально допустимой для данной «комнаты» высоты с наглядным отображением выявленных нарушений.

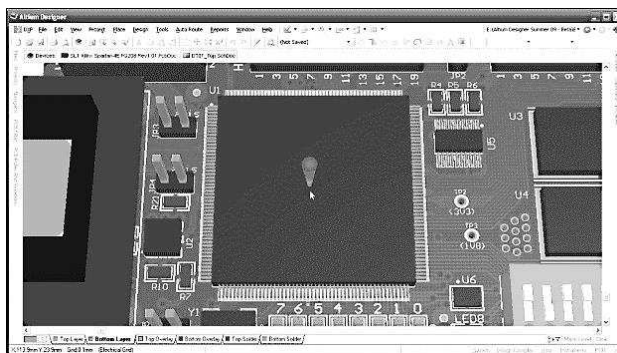


Рисунок. Внешний вид окна Altium Designer. Пример 3D-просмотра электрорадиоэлементов на коммутационной плате

Конечным результатом всех проводимых на стадии конструкторского проектирования работ является выпуск конструкторской и эксплуатационной документации на электрические и механические части разрабатываемого изделия, которая должна быть оформлена в строгом соответствии с ЕСКД.

В результате рассмотрения основных этапов сквозного проектирования РЭУ в системе Altium Designer и возможностей их автоматизации можно сделать следующий вывод. На первых двух этапах проектирования (системном и схемотехническом) большая часть решаемых задач носит ярко выраженный творческий характер. При этом в работе участвует, как правило, небольшое число разработчиков. Влияние полученных решений на основные показатели разрабатываемой РЭУ велико. Средства вычислительной техники на данных этапах применяют главным образом для анализа и контроля выполненной человеком работы. Технический этап проектирования характеризуется большей трудоемкостью и большим количеством разработчиков. Решаемые на данном этапе задачи хорошо формализуются, что благоприятствует использованию машинных методов их решения. Поэтому естественно, что наиболее широкое развитие получили системы, предназначенные для решения задач конструкторского проектирования РЭУ, поскольку именно в этой области эффективность внедрения систем автоматизированного проектирования оказывается максимальной.

1. Алексеев, О.В. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств / О.В. Алексеев, А.А. Головков, И.Ю. Пивоваров и др. – М.: Высшая школа, 2000. – 479 с.
2. САПР для машиностроения и промышленного производства // Электротехника и электроника. Altium Designer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cad.ru/ru/software/detail.php?ID=25542#> (дата обращения 17.02.2015).
3. Altium Designer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altium.com/altium-designer/overview> (дата обращения 17.02.2015).