Как спроектировать источник питания для FPGA за несколько минут

Дмитрий ИВАНОВ,
к. т. н.
di@efo.ru

Статья посвящена новой системе проектирования WEBENCH FPGA Power Architect, которую компания National Semiconductor предлагает в помощь разработчикам источников питания для программируемых логических интегральных схем FPGA. Приведен пример проектирования источника питания для FPGA фирмы Altera.

Введение

Система проектирования WEBENCH Designer Tools [1] хорошо известна разработчикам источников питания на базе интегральных стабилизаторов напряжения компании National Semiconductor. Первая версия этой системы была разработана более 10 лет назад и была предназначена главным образом для проектирования импульсных стабилизаторов на основе микросхем, выпускаемых под торговой маркой Simple Switcher [2]. За прошедшие годы система WEBENCH претерпела большие изменения. Кроме конструктора источников питания (Power Designer), в ней появились инструменты для проектирования усилителей (Amplifier Designer), активных фильтров (Active Filter Designer), аналого-цифровых преобразователей (ADC Designer), драйверов светодиодов (LED Designer), интерфейсных преобразователей (LVDS, CML, SerDes), устройств с фазовой автоподстройкой частоты (EasyPLL), датчиков (Sensor Designer) и другие новые средства проектирования. Это привело к еще большему росту популярности системы WEBENCH как среди экспертов, так и среди начинающих разработчиков электронной аппаратуры. В настоящее время с помощью этой системы создаются более чем 400 тысяч электронных проектов каждый год.

В этой статье мы познакомим читателей с новейшим инструментом системы WEBENCH, анонс которого состоялся 13 августа 2010 года. Речь пойдет о конструкторе FPGA Power Architect, который создан специалистами компании National Semiconductor для автоматизированного проектирования источников питания программируемых логических интегральных схем FPGA. С помощью нового средства проектирования в течение нескольких минут (рис. 1) можно разработать источник питания для любой из более чем 130 микросхем FPGA, выпускаемых ведущими мировыми производителями этих компонентов: Altera, Xilinx, Actel и Lattice.

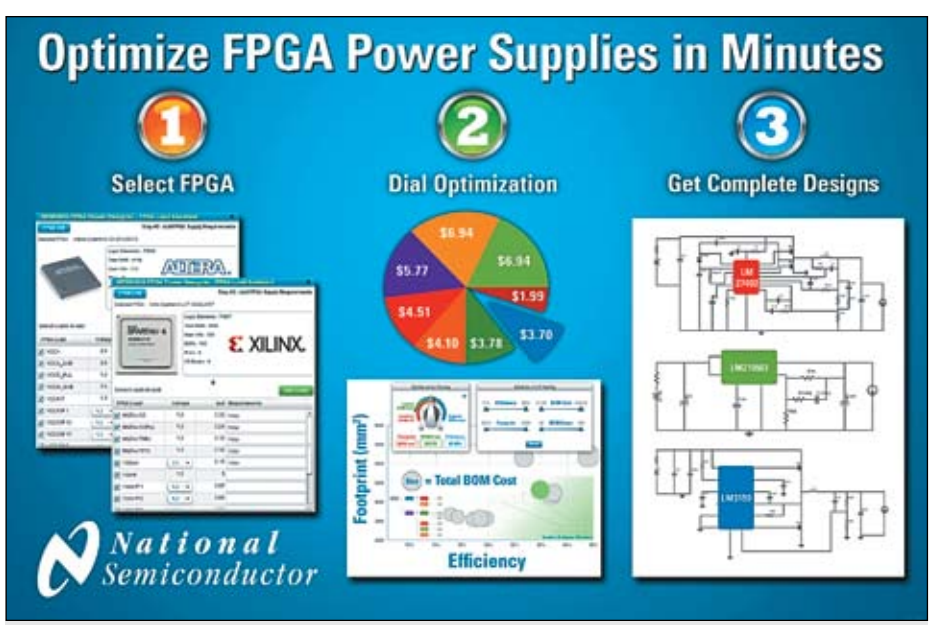

Рис. 1. Основные этапы проектирования источника питания в системе FPGA_PA:
1 — выбор микросхемы FPGA; 2 — оптимизация решения; 3 — получение готового проекта

Общая характеристика системы WEBENCH FPGA Power Architect

Система WEBENCH FPGA Power Architect (FPGA_PA) является первым средством проектирования, которое позволяет за несколько минут спроектировать оптимальный (о критериях будет сказано ниже) источник питания для современной микросхемы FPGA. В настоящее время в базе данных системы хранится общая информация о более чем 130 новейших FPGA, выпускаемых фирмами Altera, Xilinx, Actel и Lattice.

В системе также содержатся исчерпывающие требования, предъявляемые производителями FPGA к источникам питания для этих микросхем, а именно: к номинальным уровням и допустимым пределам изменения питающих напряжений, выходным токам источника питания, допустимым амплитудам пульсаций напряжений, фильтрации шумов, синхронизации напряжений, параметрам «мягкого» старта и «развязке» питающих напряжений. Вся эта информация используется в процессе проектирования, поэтому разработчик источника питания может быть уверен в том, что проект, созданный с помощью FPGA_PA, будет соответствовать всем уникальным требованиям фирмы-производителя FPGA.

Рассмотрим шаг за шагом основные этапы проектирования на примере разработки источника питания для FPGA фирмы Altera.

Этап 1. Начало проектирования. Выбор FPGA

FPGA_PA — это on-line система. Для ее запуска нужно зайти на интернет-сайт компа-

нии National Semiconductor: на домашнюю страницу (рис. 2) или на страницу WEBENCH Designer Tools [1]. В верхней правой части экрана появится окно системы WEBENCH Designer. В этом окне нужно выбрать вкладку “FPGA”.

Проектирование источника питания начинается с выбора производителя FPGA (рис. 3). Выбираем “Altera” и кликаем по синей «кнопке» “FPGA Architect” в нижней части окна. Система FPGA_PA загружается, и на экране монитора появляется ее рабочее окно (рис. 4), в левой части которого мы видим список микросхем FPGA фирмы Altera, которые есть в базе данных системы.

В настоящее время доступны микросхемы следующих семейств: Stratix-V, Arria-II, Stratix-II, Cyclone III, Cyclone III LS, Cyclone-IV E, Cyclone-IV GX, Stratix-IV GT, Stratix-IV E и Stratix-IV GX. В левом столбце таблицы (Part Number) указано базовое наименование микросхемы, а далее слева направо — производитель, название семейства и количество логических элементов. Выбор микросхемы (в нашем примере это EP4 CE10) выполняется кликом по соответствующей строке таблицы. Выбранная строка выделяется синим цветом.

В правой части экрана (рис. 4) расположены два окна. В верхнее окно автоматически подгружается информация о структуре и параметрах выбранной микросхемы: количество банков ввода/вывода, количество логических элементов, количество пользовательских входов/выходов, число блоков PLL, объем оперативной памяти, требования производителя FPGA к последовательности подачи напряжений питания. На выбранную нами микросхему EP4CE10 допускается подавать напряжения питания в любом порядке (No sequencing control is required).

Если кликнуть по надписи “FPGA Datasheet” в правом верхнем углу экрана, автоматически загружается оригинальное техническое описание выбранной микросхемы.

В правой нижней части экрана выводится таблица с информацией о требованиях производителя FPGA к источнику питания для выбранной микросхемы. Для максимального потенциального числа нагрузок приводится список напряжений питания, максимальных потребляемых токов и уникальных требований производителя к источнику питания. В нашем случае это требования к фильтрации двух напряжений и режиму Soft Start для остальных.

На этой стадии проектирования у разработчика есть возможность выбрать не все напряжения, предлагаемые системой FPGA_PA, а также изменить значения некоторых напряжений, но только в пределах, разрешаемых системой. Для продолжения работы нужно кликнуть по зеленой кнопке “Add Loads”.

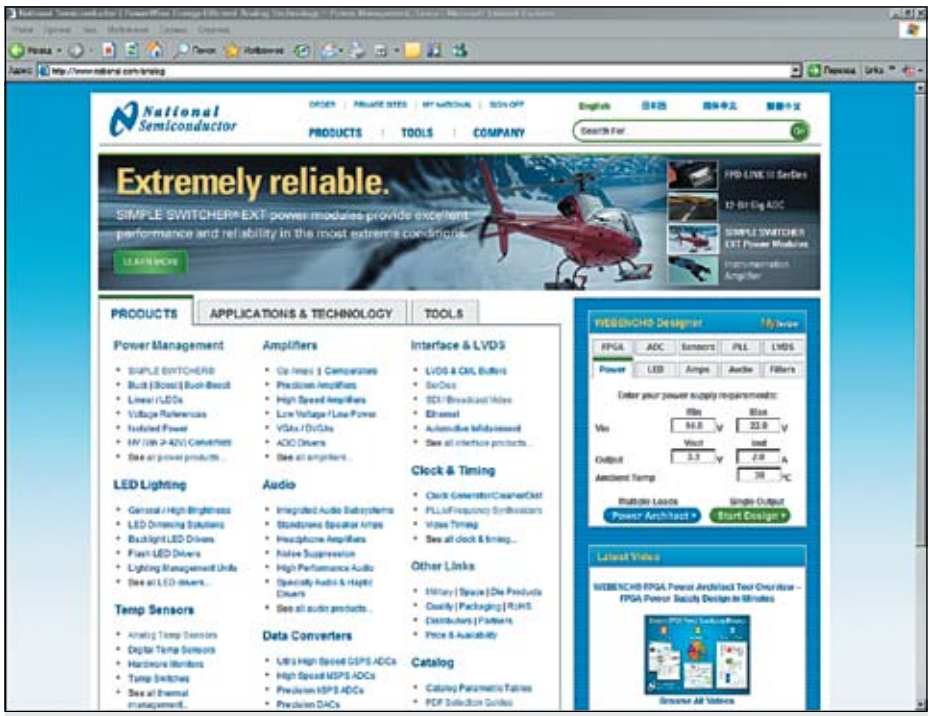

Рис. 2. Окно запуска системы WEBENCH Designer на домашней странице сайта компании National Semiconductor

Рис. 3. Вид окна запуска системы WEBENCH Designer после выбора вкладки FPGA

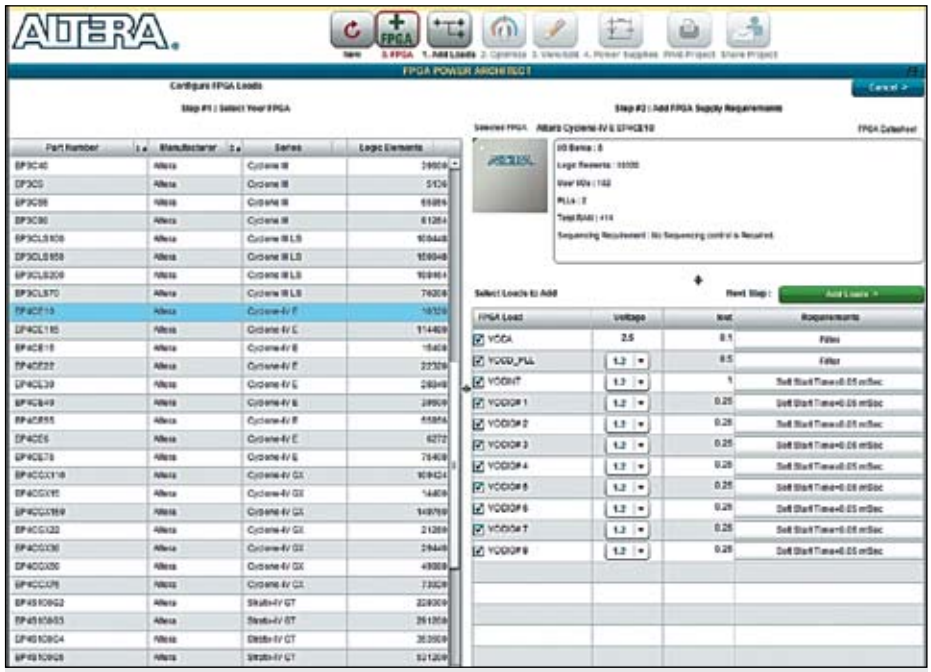

Рис. 4. Экран выбора микросхемы FPGA

Завершение разработки технического задания

При переходе в пункт меню, называемый Add Loads (рис. 5), разработчик получает возможность отредактировать техническое задание на проектирование источника питания в соответствии с системными требованиями к своему электронному устройству, которое

Рис. 5. Фрагмент главного меню системы FPGA Power Architect

в подавляющем большинстве случаев состоит не только из одной программируемой логической микросхемы. Вид рабочего экрана показан на рис. 6.

Обязательный шаг, который необходимо сделать, заключается в описании источника входного напряжения, то есть нужно заполнить Source List, расположенный в левом верхнем углу рабочего экрана. Требуется указать минимальное входное напряжение VMin, максимальное входное напряжение VMax и температуру окружающей среды Tambient. Если источников входных напряжений несколько, то нужно добавить остальные источники с помощью кнопки Add Source и указать пределы изменения соответствующих напряжений. С помощью кнопки Add Load к любому из источников входных напряжений можно добавить дополнительные нагрузки.

В окне, расположенном в нижней части экрана, можно отредактировать требования к напряжению питания каждой из нагрузок, указав номинальное значение напряжения (Load Voltage), допустимые пределы изменения напряжения (Vout p-p Tolerance) в процентах от номинального значения, максимальный ток нагрузки (Maximum Load Current), время «мягкого» старта (Soft Start Time). Если требуется дополнительный фильтр (Filter) или раздельное питание нагрузки (Separate Supply), нужно сделать отметку в соответствующих окнах.

В правом верхнем углу экрана есть окно Prefer Modules Solutions. Выбрав эту опцию, мы дадим системе проектирования задание отдавать предпочтение модульным решениям, то есть использовать (там, где это возможно) интегральные модули питания серии LMZ [3–5].

Модули питания серии LMZ — это интегральные импульсные стабилизаторы напряжения со встроенной экранированной катушкой индуктивности. Эти микросхемы целесообразно использовать в тех случаях, когда предъявляются высокие требования к таким характеристикам источника питания, как надежность, уровень излучаемых электромагнитных помех, коэффициент полезного действия (КПД) [3, 4], устойчивость к ударным нагрузкам и вибрациям [5], способность работать при экстремально низких (от –55 °С) температурах [5]. Модули питания серии LMZ также можно рекомендовать в тех случаях, когда необходимо обеспечить работу источника питания в широком температурном диапазоне без использования дополнительных радиаторов или принудительного охлаждения.

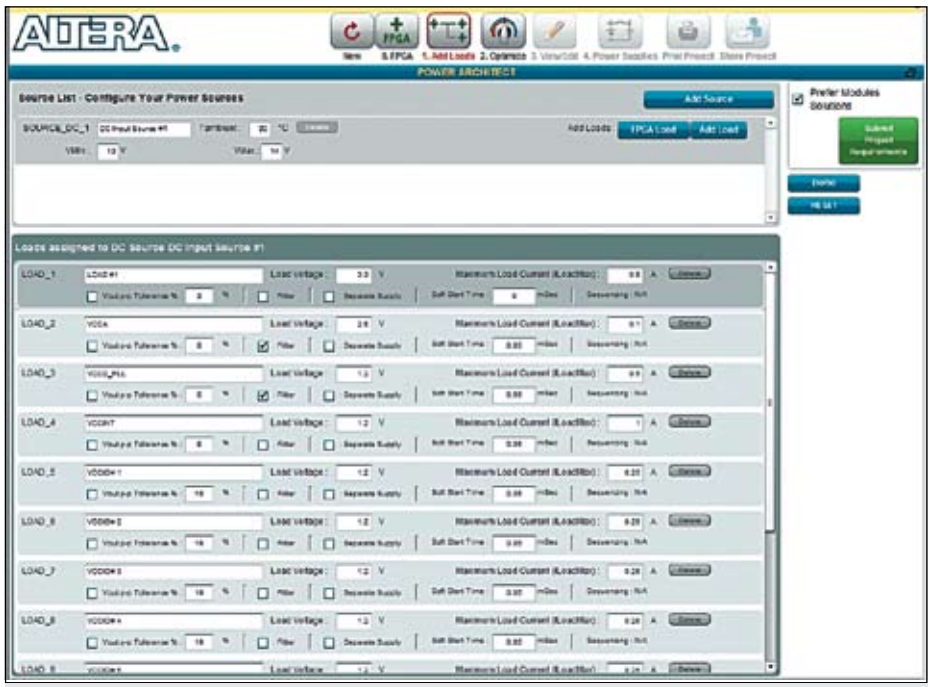

Рис. 6. Вид рабочего экрана на этапе Add Loads

Кроме того, модули питания являются функционально законченными стабилизаторами напряжения, и для построения источника питания на базе этих микросхем требуется минимальное число внешних пассивных компонентов: 3 резистора и 4 конденсатора. Если же добавить к этому такие полезные свойства, как малогабаритный корпус, удобный для монтажа на печатную плату и демонтажа в случае необходимости, простоту разводки печатной платы и относительно невысокую стоимость микросхем, то станет очевидно, что модули питания серии LMZ целесообразно использовать не только для ответственных применений. Они могут быть полезны во всех случаях, когда требуется создать высококачественный источник питания с минимальными затратами на проектирование.

Этап 2. Предварительные расчеты и оптимизация полученного решения

Завершив конфигурирование источника питания, «нажимаем» зеленую кнопку “Submit Project Requirements”, расположен-

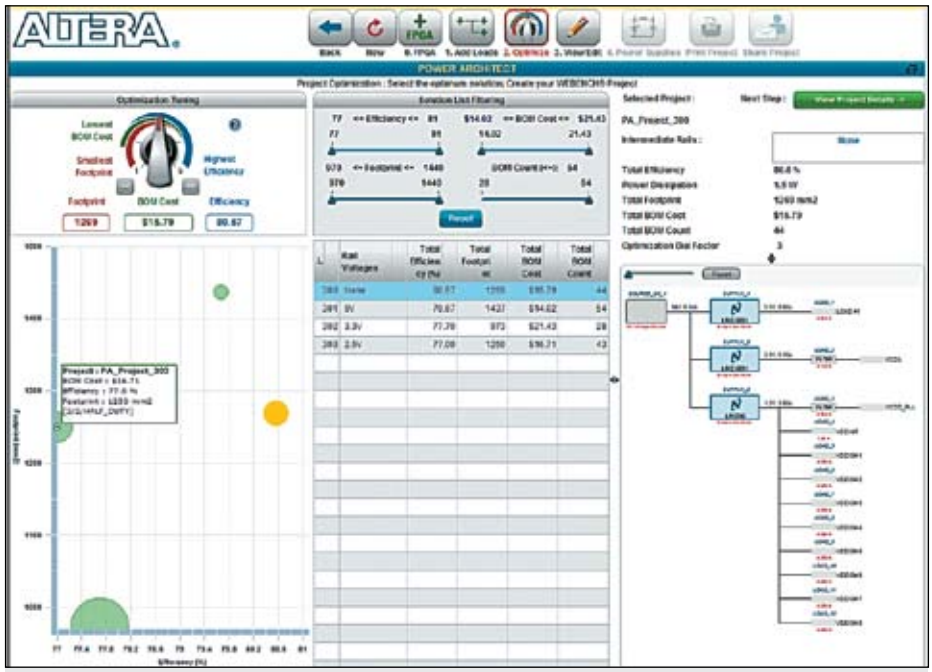

Рис. 7. Вид рабочего экрана на этапе Optimize

Рис. 8. Вид рабочего окна оптимизатора

ную в правом верхнем углу экрана (рис. 6), и переходим ко второму этапу проектирования. Система FPGA_PA автоматически создает несколько вариантов источника питания, выполняет все требуемые расчеты и выводит результаты в таком виде, как показано на рис. 7.

В средней нижней части экрана расположена таблица с общей информацией о проектах. Таблица имеет 5 столбцов: индивидуальный номер проекта (ID), напряжения промежуточных шин (Rail Voltages), КПД (Total Efficiency,%), площадь, занимаемая на печатной плате (Total Footprint, мм^2), оценочная (бюджетная) стоимость всех компонентов проекта (Total BOM Cost, USD), общее число компонентов (Total BOM Count). Над таблицей, в виде отрезков с числами на концах, показан разброс четырех параметров, приведенных в таблице.

В левой нижней части экрана та же информация о проектах выводится в более наглядном виде. Каждый из проектов изображается в виде круга на плоскости. Центр круга имеет координаты (Efficiency, Footprint), а его площадь пропорциональна полной стоимости компонентов. Желтый круг соответствует проекту, выбранному разработчиком. Все остальные круги на графике имеют зеленый цвет.

Для выбора проекта достаточно кликнуть по соответствующей этому проекту строке таблицы.

В правой части экрана выводится общая числовая информация о выбранном проекте и функциональная схема разработанного источника питания.

В левом верхнем углу расположено окно оптимизатора — инструмента системы FPGA_PA, который позволяет изменить параметры проекта в соответствии с пожеланиями разработчика (рис. 8).

«Ручка» оптимизатора, имеющая 5 положений (1…5), исходно (после первого расчета) находится в положении «3». Поворот ручки против часовой стрелки ведет к снижению площади, занимаемой источником питания на печатной плате, и к снижению общей стоимости компонентов, что достигается ценой снижения КПД. Поворот ручки по часовой стрелке в положение 4 и 5, напротив, ведет к увеличению КПД, но к возрастанию геометрических размеров и стоимости решения.

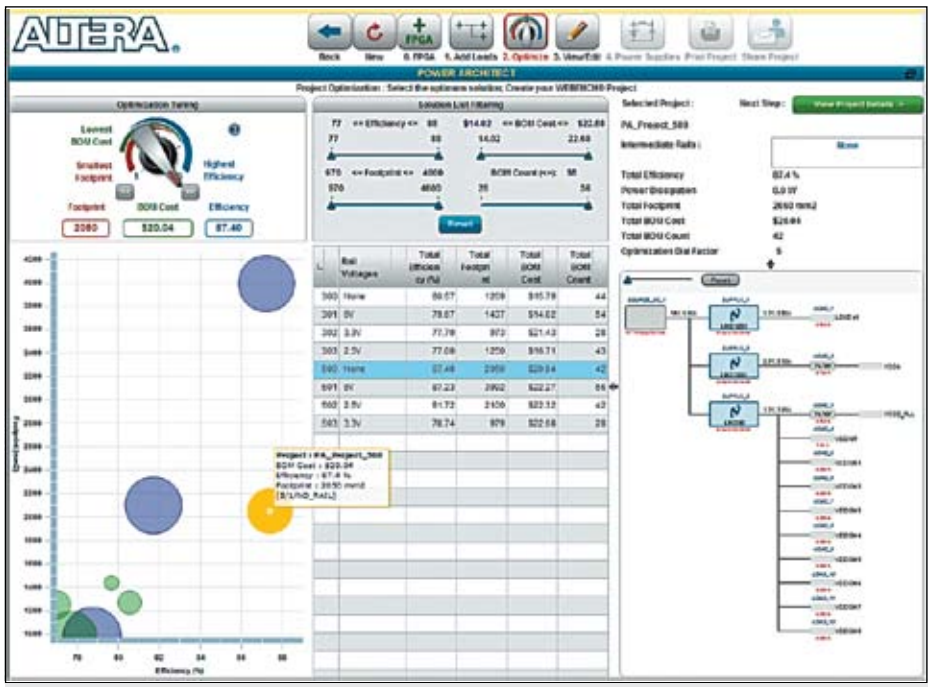

Рис. 9. Результат работы оптимизатора

На рис. 9 показаны результаты работы оптимизатора для случая, когда была поставлена задача достижения максимального КПД. Для этого достаточно было установить значение параметра Optimization Dial Factor равным «5», то есть просто повернуть «ручку» оптимизатора в крайнее правое (по часовой стрелке) положение. Все повторные расчеты система выполнила автоматически. В результате в дополнение к 4 исходным проектам в системе появились 4 новых решения. У каждого из проектов выросло значение КПД, но при этом возросли и стоимость, и размеры.

В нашем примере самым эффективным, с точки зрения энергопотребления, получился проект с номером 500. КПД этого источника питания равен 87,4%. Для его реализации требуется 42 компонента и участок платы площадью 2050 мм^2. На компонентах источника будет рассеиваться мощность, равная 0,9 Вт.

Функциональная схема выбранного проекта приведена на рис. 9. Разработанный источник питания преобразует напряжение 12 ±2 В в три стабилизированных напряжения: 3,3, 2,5 и 1,2 В. Преобразование осуществляется с помощью двух интегральных модулей питания серии LMZ: LMZ12003 (преобразователь SUPPLY_1) и LMZ12001 (преобразователь SUPPLY_2), а также одного интегрального импульсного синхронного понижающего стабилизатора напряжения LM2743 (преобразователь SUPPLY_3). Параметры каждого из этих преобразователей можно посмотреть в окне, которое «всплывает», если подвести курсор к соответствующему графическому изображению. Вид «всплывающего» окна показан на рис. 10.

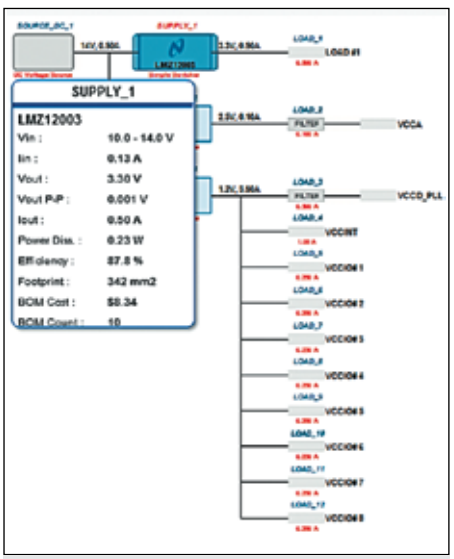

Рис. 10. «Всплывающее» окно с параметрами преобразователя SUPPLY_1

Для того чтобы посмотреть подробности спроектированного источника питания, нужно кликнуть по зеленой кнопке “View Project details” (рис. 9). При этом рабочий экран принимает вид, показанный на рис. 11.

В левой части экрана находится первое окно, в котором выводится функциональная схема проекта. Во втором окне, расположенном в правой верхней части экрана, выводится общая информация о проекте в виде круговых диаграмм, если выбрать вкладку Project Charts, или в табличном виде, если выбрать вкладку Manufacturer Summary. В третьем окне, расположенном в правой нижней части экрана, выводятся принципиальная электрическая схема и параметры преобра-

Рис. 11. Вид рабочего экрана в разделе меню View/Edit

зователя напряжения, выбранного в первом окне путем клика по изображению соответствующего блока на функциональной схеме.

Этап 3. Завершение проектирования. Получение проектной документации

Если в разделе View/Edit главного меню системы FPGA_PA кликнуть по зеленой кнопке Create Project Designs (рис. 11), мы перейдем к завершающему этапу работы над проектом, на котором система автоматически создает и предоставляет разработчику всю информацию, необходимую для реализации спроектированного источника питания. Рабочий экран принимает вид, показанный на рис. 12.

В левом нижнем углу экрана находится окно, в котором выводится функциональная схема источника питания, а в остальных окнах — информация о каком-то одном из ее блоков: электрические параметры, принципиальная схема, рекомендуемая разводка печатной платы и графики зависимостей КПД и рассеиваемой мощности от тока нагрузки (рис. 12). Выбор блока осуществляется кликом по его изображению на функциональной схеме. Локальное меню этого окна дает возможность разработчику распечатать принципиальную схему и приложения к ней (кнопка Print), создать файл принципиальной схемы в формате Altium, получить полную информацию, необходимую для практической реализации проекта (кнопка Build It), получить информацию о ценах и наличии микросхем National Semiconductor на дистрибьюторских складах (кнопка Order Now) или переслать проектную документацию коллегам по работе (кнопка Share Design).

На завершающем этапе работы над проектом вид главного меню системы проектирования также изменяется. В нем появляются новые разделы (рис. 13). Рассмотрим некоторые из них.

Раздел BOM предназначен для получения полного перечня компонентов (Bill of Materials), необходимых для изготовления спроектированного источника питания. При входе в этот раздел главного меню (рис. 14) на экран выводится функциональная схема источника питания и перечень компонентов для любого из ее блоков с указанием позиционного обозначения компонента на принципиальной схеме, производителя этого компонента, полного наименования компонента, его оценочной стоимости, краткого описания, площади, занимаемой на печатной плате, и внешнего вида компонента при взгляде на него сверху. Если кликнуть по зеленой кнопке Select Alternate Part, система проектирования предлагает список альтернативных компонентов (рис. 15), которые разработчик может использовать по своему усмотрению вместо компонента, первоначально рекомендованного системой.

Раздел главного меню Share Project дает разработчику дополнительную возможность поделиться своими результатами с другими людьми. Для этого достаточно лишь указать адреса электронной почты, по которым системой проектирования будут автоматически отправлены сообщения, содержащие путь доступа к копии проекта. Каждый из новых пользователей сможет просматривать проектную документацию и вносить изменения, которые не будут отражаться ни в ориги-

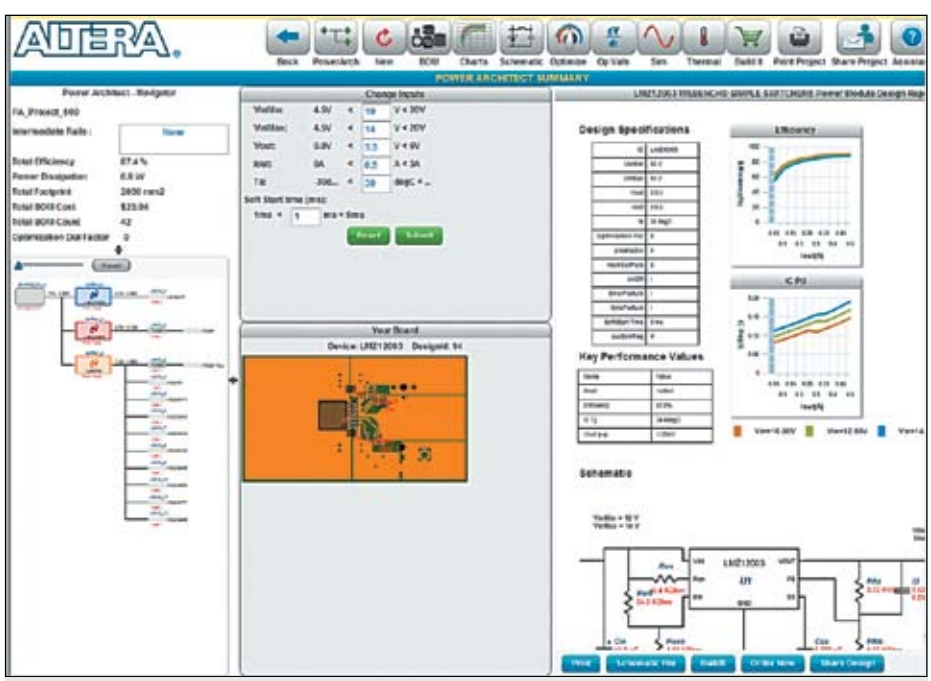

Рис. 12. Вид экрана для работы с проектной документацией

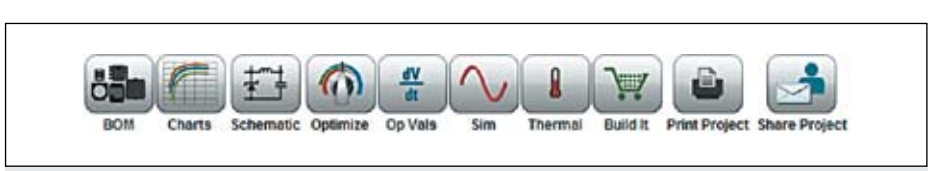

Рис. 13. Фрагмент главного меню на этапе получения проектной документации

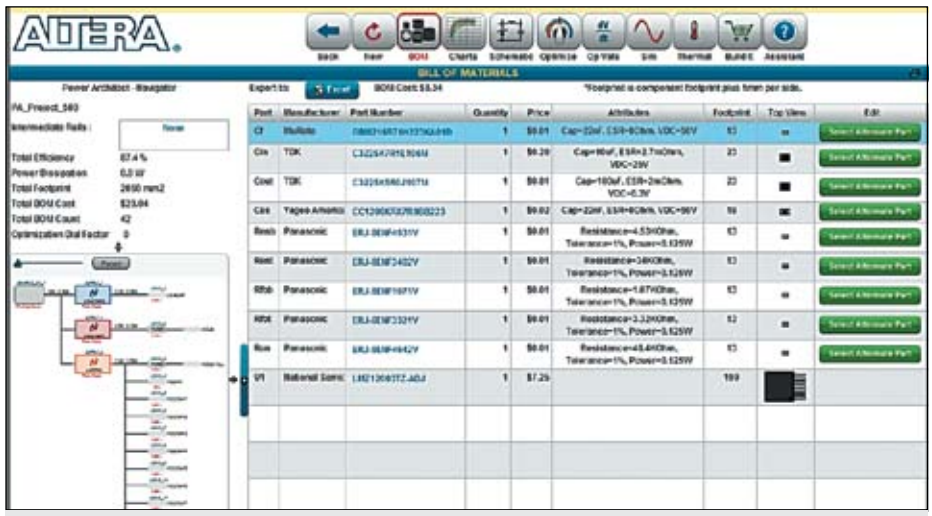

Рис. 14. Вид рабочего экрана Bill of Materials со свернутым окном оптимизатора

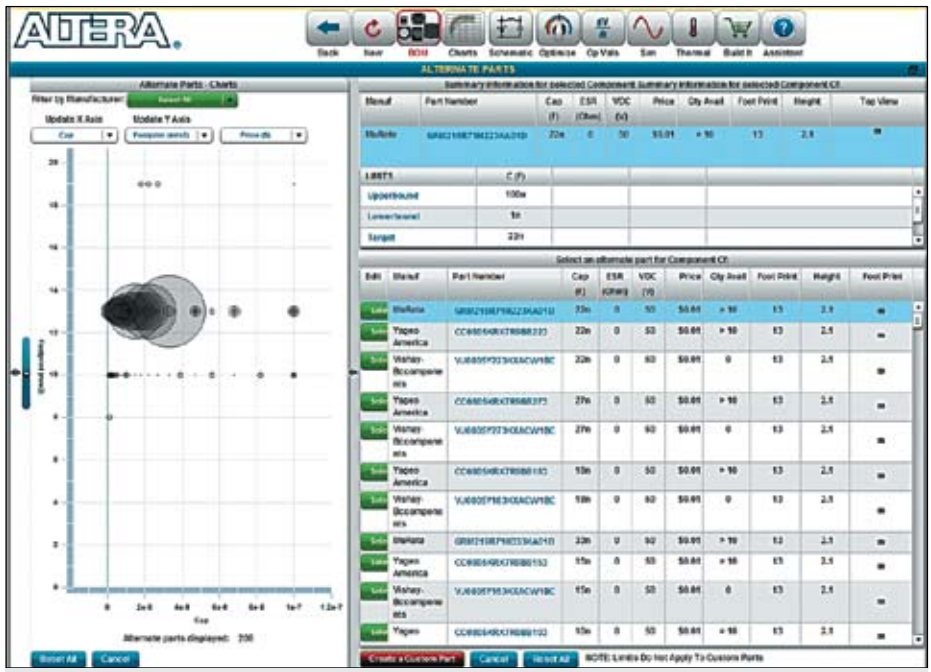

Рис. 15. Список альтернативных компонентов

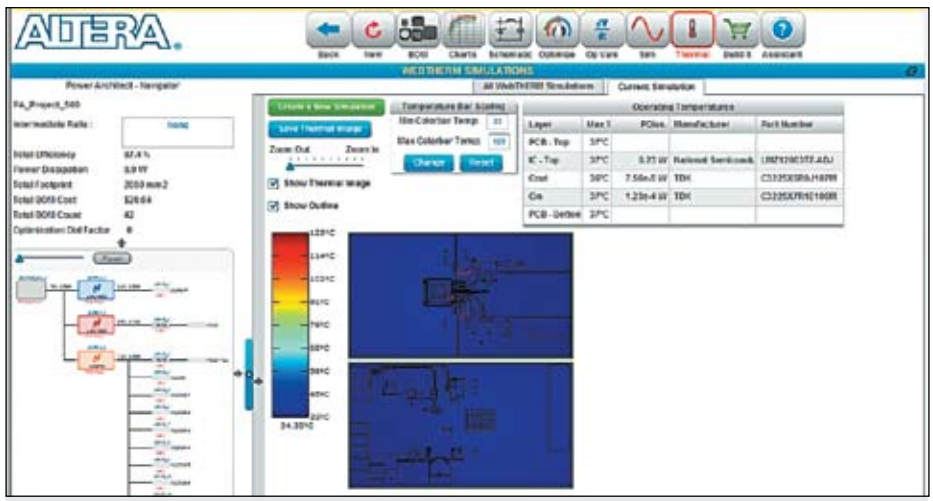

Рис. 16. Рабочий экран теплового симулятора

нальном проекте, ни в копиях, с которыми работают другие пользователи.

Моделирование и создание макетного образца

Прежде чем приступить к изготовлению источника питания, разработчик может выполнить математическое моделирование работы спроектированного устройства. Для этого в системе есть два симулятора: электрический и тепловой, доступ к которым можно получить из главного меню (рис. 13) с помощью кнопок, соответственно, Sim и Thermal или из разделов Charts и Schematic, в которых для этого есть специальные окна. Электрический симулятор позволяет смоделировать напряжения в различных узлах электрической цепи и токи в ветвях этой цепи. Тепловой симулятор показывает расчетное распределение температур по поверхности печатной платы (рис. 16).

На этом процесс проектирования заканчивается, и разработчик может переходить к изготовлению макетного образца. Для сокращения сроков выполнения этой работы можно воспользоваться готовыми оценочными платами, созданными специалистами National Semiconductor для большинства выпускаемых этой компанией микросхем. В нашем примере для преобразователя SUPPLY_1 можно использовать оценочную плату LMZ12003EVAL (рис. 17) [1, 4]. Аналогичные платы существуют и для других интегральных стабилизаторов, на базе которых создан наш проект.

Рис. 17. Оценочная плата LMZ12003EVAL

Заключение

На этом мы заканчиваем краткий обзор системы проектирования FPGA Power Architect, с помощью которой можно разработать PoL источник питания для FPGA в течение всего нескольких минут. Читатель легко может сам проверить справедливость этого утверждения.

Главное достоинство новой системы проектирования заключается в том, что она учитывает всю совокупность индивидуальных требований, предъявляемых производителем FPGA к источнику питания для каждого конкретного устройства. Таким образом, система не только экономит рабочее время проектировщика, но и защищает его от возможных ошибок вследствие того, что не все требования к источнику питания будут учтены в техническом задании на проектирование.

Литература

1. Справочно-информационный портал компании National Semiconductor. Система проектирования WEBENCH Designer Tools — http://www.national.com/analog/webench
2. Иванов Д. LM2267x — Simple Switcher в пятом поколении // Компоненты и технологии. 2009. № 1.
3. Иванов Д. Модули питания Simple Switcher // Компоненты и технологии. 2010. № 5.
4. Иванов Д. Модули питания LMZ120xx и LMZ142xx // Компоненты и технологии. 2010. № 6.
5. Иванов Д. Модули питания Simple Switcher EXT для экстремальных условий эксплуатации // Компоненты и технологии. 2010. № 10.