

# Организация питания СБИС программируемой логики и систем-на-кристалле Altera с использованием вторичных источников Enpirion PowerSoC

Андрей АНТОНОВ  
aaa@efo.ru

Полтора года назад после приобретения компании Enpirion, специализирующейся на изготовлении импульсных преобразователей напряжения, в составе Altera появилось подразделение Enpirion Power Solutions. С тех пор известный разработчик активно продвигает источники питания Enpirion, позиционируя их как наиболее подходящие для своих СБИС программируемой логики (СБИС ПЛ) и систем-на-кристалле (СнК). Пришло время выяснить, что представляют собой микросхемы серии Enpirion PowerSoC.

## Введение

Основные представители серии Enpirion — импульсные преобразователи напряжения высокой степени интеграции типа PowerSoC, однако это далеко не все, что выпускается под маркой Enpirion. Полная номенклатура продукции серии Enpirion также содержит (рис. 1):

- линейные преобразователи напряжения;
- специализированные PowerSoC, формирующие терминирующее напряжение для микросхем DDR-памяти;
- мощные силовые каскады, требующие внешних ШИМ-контроллеров;
- ШИМ-контроллеры;
- и другое.

## Классификация микросхем Enpirion

Рассмотрим расшифровку наименований микросхем Enpirion (рис. 2).

Первый символ (буква Е) обозначает серию Enpirion. Два следующих символа определяют тип устройства. Как правило, используется только первый символ, а второй отсутствует. Исключением является код QC — монитор и супервизор питания. Рассмотрим наиболее популярные типы устройств:

- N — понижающий DC/DC-преобразователь типа PowerSoC (point-of-load);
- P — понижающий DC/DC-преобразователь типа PowerSoC (portable);
- V — DC/DC-преобразователь типа PowerSoC, формирующий терминирующее напряжение для микросхем DDR-памяти;

- R — понижающий DC/DC-преобразователь классического типа;
- T — силовой каскад для создания мощного DC/DC-преобразователя, требующий внешнего ШИМ-контроллера;
- C — аналоговый ШИМ-контроллер;
- D — цифровой ШИМ-контроллер;
- Y — линейный регулятор напряжения;
- S — микросхемы специального назначения.

- 5–5 В;
- 6–6 В;
- 2–12 В.

Первый символ из следующей пары задает нагрузочный ток устройства в шестнадцатеричном формате в единицах ампер (если устройство типа N) или в сотнях миллиампер (если устройство класса P).

Затем идет пара символов (может отсутствовать), содержащая дополнительную информацию об устройстве. Следующий символ определяет интерфейс с внешним контроллером, например, VID — это трех-

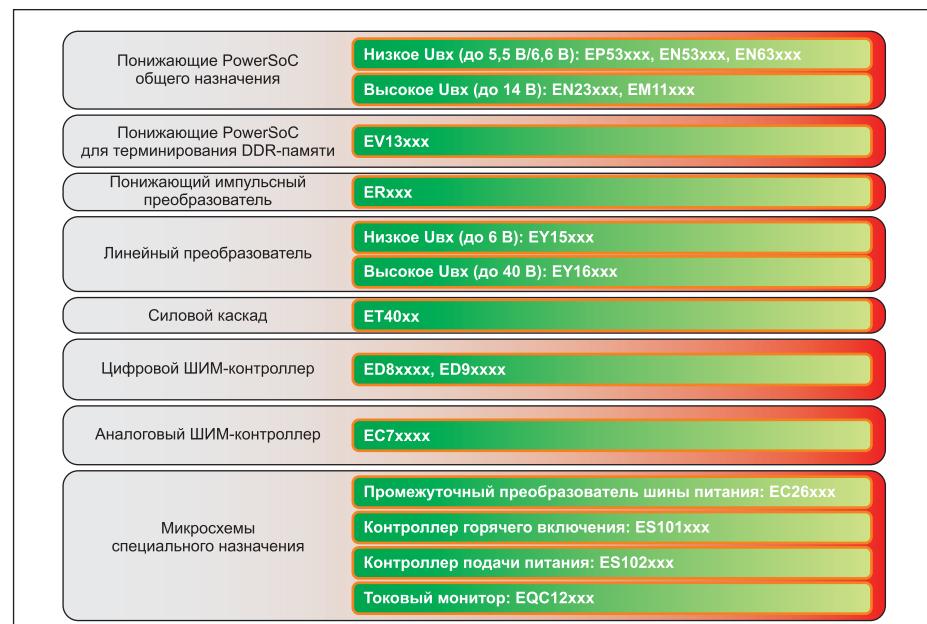


Рис. 1. Номенклатура микросхем серии Enpirion

проводной интерфейс, через который кодируется восемь возможных уровней выходного напряжения в ряде PowerSoC.

Далее имеется два символа, обозначающих номер конфигурации микросхемы, если та-ковая имеется. Символ, указанный следом, определяет тип корпуса. Кстати, наиболее популярный тип корпуса для микросхем Empirion — QFN. Очередной символ соответствует температурному диапазону микросхемы. Большинство микросхем Empirion PowerSoC доступно в модификации Automotive. Микросхемы, выполненные для этого температурного диапазона, квалифицированы для применения в автомобильных приложениях в соответствии со стандартом AEC-Q100.

### Empirion PowerSoC

Микросхемы Empirion PowerSoC представляют собой понижающие импульсные преобразователи питания (DC/DC-конвертеры) высокой степени интеграции [1]. Они включают ШИМ-контроллер, силовые ключи, дроссель и высокочастотные конденсаторы (рис. 3).

Для работы источников, ориентированных на малые токи потребления (до 1,5 А), достаточно всего двух внешних компонентов — входного и выходного конденсатора. На рис. 4 наглядно представлены габариты как самих источников питания, так и систем питания, реализованных на них (со всеми необходимыми внешними компонентами).

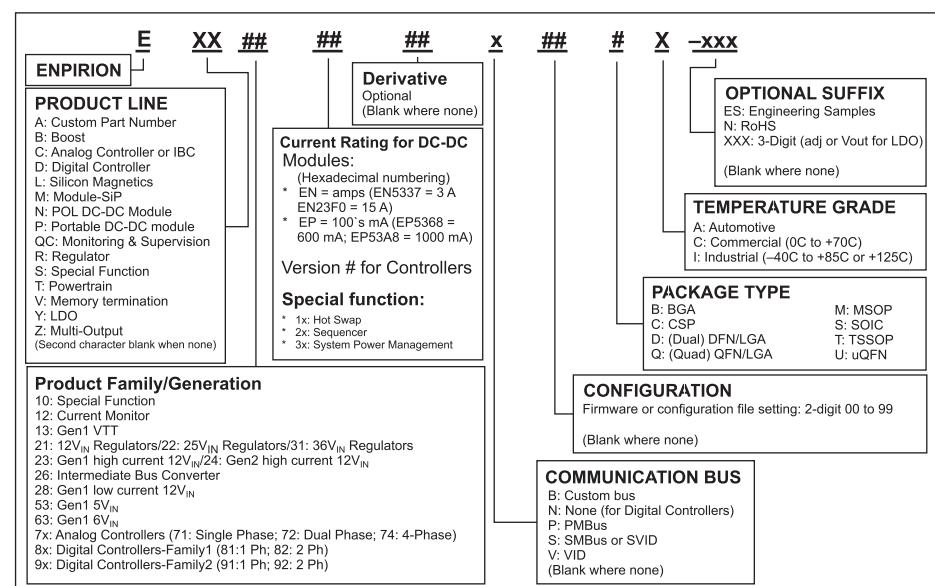


Рис. 2. Расшифровка наименований микросхем Empirion

Как известно, импульсные преобразователи питания являются источниками электромагнитных помех, однако создатели микросхем Empirion PowerSoC смогли добиться существенно более низкого, чем у конкурентов, уровня излучаемых помех (рис. 5), и в результате микросхемы Empirion PowerSoC рекомендованы для применения в радиочастотных устройствах.

Каким образом этого удалось достичь? Мощность электромагнитных помех, излучаемых импульсным преобразователем питания, описывается следующей формулой:

$$P_{RAD} = \eta \frac{\pi}{12} \left( \frac{2\pi r^2}{\lambda} \right)^4 |I_0|^2$$

где  $r$  — радиус колебательного контура;  $I_0$  — замкнутый ток в этом контуре.

Из формулы видно, что излучаемая мощность зависит от  $r^8$ , а потому важнейшую роль в сокращении электромагнитных помех играют именно малые габариты преобразователя напряжения и высокая степень интеграции, от которых зависит размер колебательного контура. Существенное снижение замкнутого тока  $I_0$  достигается за счет использования высокой частоты переключения. В разных устройствах PowerSoC частота переключения колеблется от 2,2 до 8 МГц.

Кроме низкого уровня шумов, микросхемы Empirion PowerSoC обладают высоким КПД (до 97%) и низким уровнем пульсаций выходного напряжения (полный размах до 5 мВ). Рассмотрим параметры микросхем PowerSoC на примере EP53A8xQI [2], ниже приведены его характеристики:

- входное напряжение: 2,4–5,5 В;
- выходное напряжение: от 0,6 В до ( $V_{IN}$ –0,6 В);
- максимальная погрешность выходного напряжения: 3% (зависит от линии, нагрузки, температуры);
- выходное напряжение конфигурируется по интерфейсу VID или с помощью резистивного делителя;
- максимальный постоянный выходной ток: 1 А;
- поддерживает режим малой нагрузки (LLM)  $I_Q$  55 мА;

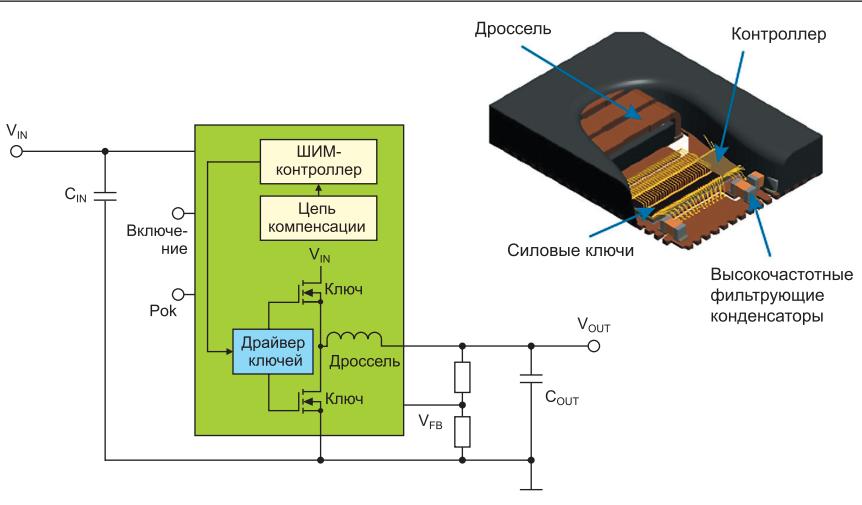


Рис. 3. Упрощенная структура микросхемы Empirion PowerSoC

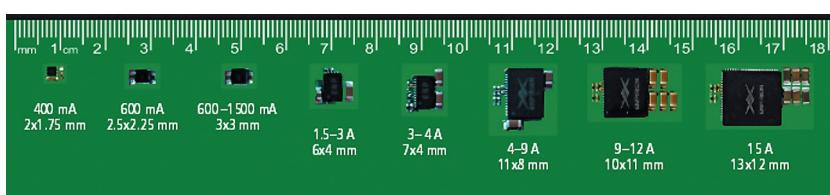


Рис. 4. Габариты микросхем Empirion PowerSoC

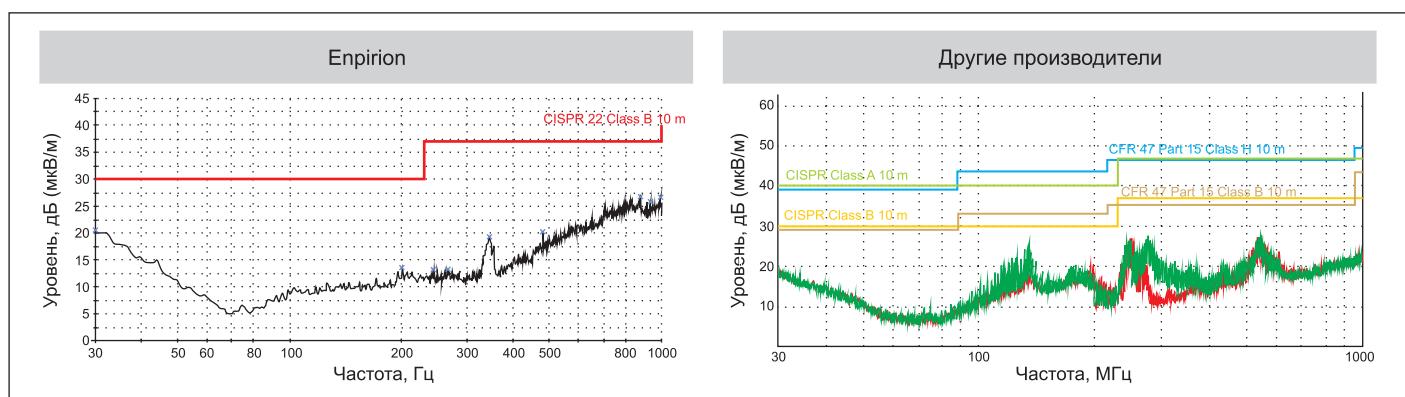


Рис. 5. Спектр излучения импульсных преобразователей Empirion PowerSoC в сравнении со спектром излучения импульсных преобразователей конкурентов

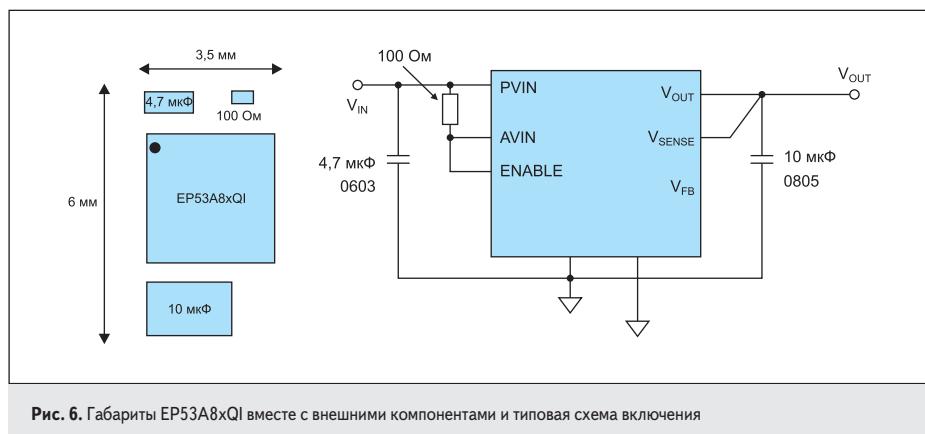


Рис. 6. Габариты EP53A8xQI вместе с внешними компонентами и типовая схема включения

- рабочая частота: 5 МГц;
- КПД до 94%, уровень пульсаций: 5 мВ (полный размах) (рис. 7), низкий уровень шума, рекомендован к применению в чувствительных радиочастотных устройствах;
- для работы требуется только два керамических конденсатора: типоразмера 0603 на входе и 0805 на выходе;
- автоматическое отключение при: перегрузке по току, перегреве, понижении входного напряжения (UVLO);
- габариты: 3×3×1,1 мм;
- площадь на плате, занимаемая устройством вместе с внешними компонентами: не более 21 мм<sup>2</sup> (рис. 6).

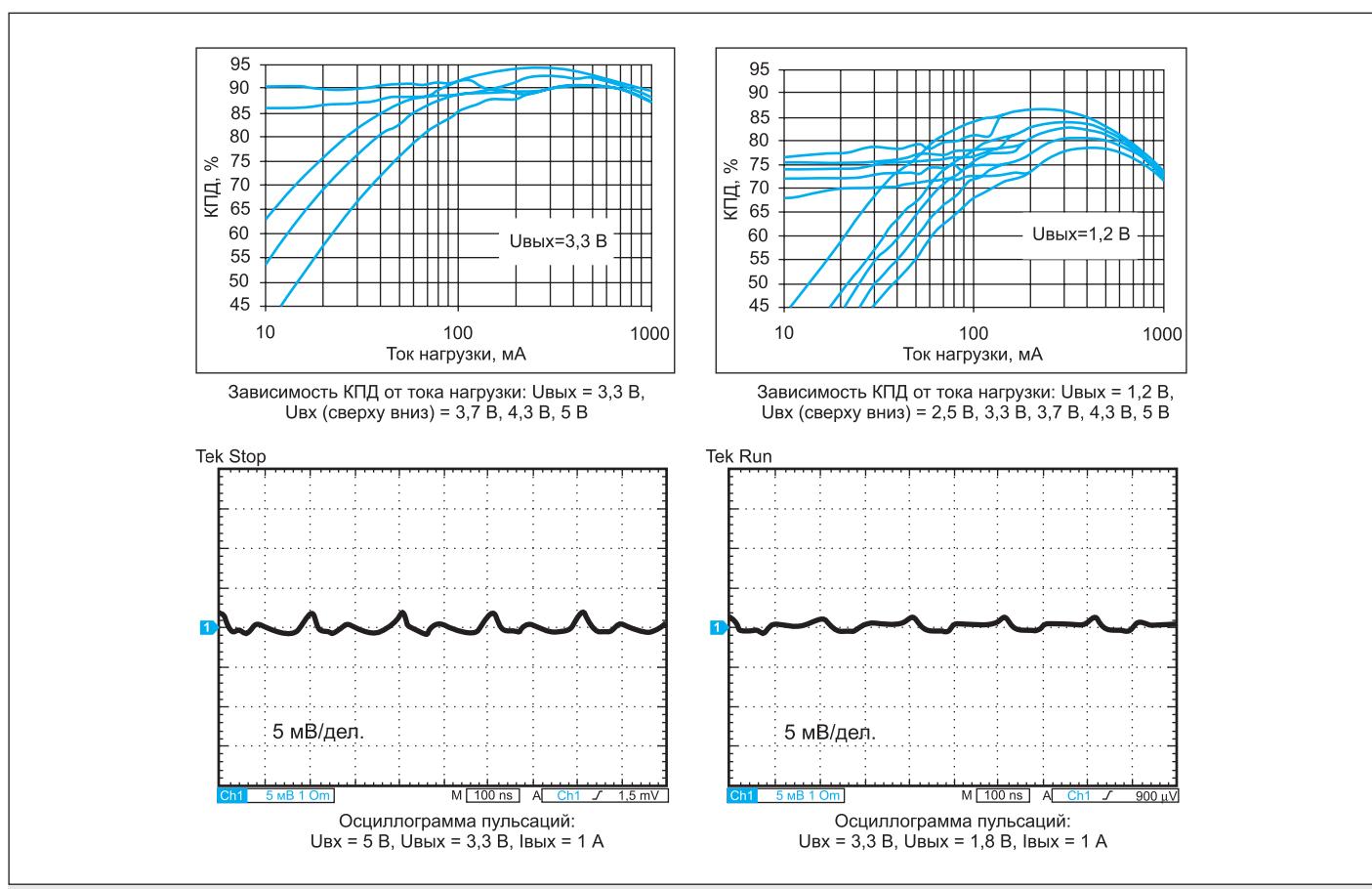


Рис. 7. Графики зависимости КПД от тока нагрузки для различных значений входных и выходных напряжений, осциллографмы пульсаций выходного напряжения

На рис. 7 изображены графики зависимости КПД EP53A8xQI от выходного тока при различных значениях входных и выходных напряжений, а также осциллограммы пульсации выходного напряжения 3,3 В/1,8 В при входном напряжении 5 В/3,3 В и выходном токе 1 А. Как видно из осциллограмм, размах пульсаций не превышает 5 мВ.

Малые габариты микросхем Empirion PowerSoC имеют и обратную сторону: проектирование печатной платы усложняется.

## Средства поддержки разработки

Для того чтобы облегчить разработчику непростую задачу проектирования системы питания СБИС ПЛ, а конструктору — задачу проектирования соответствующей печатной платы, Altera предлагает:

- Документацию на микросхемы Empirion.
- Статьи о правильном проектировании систем питания СБИС ПЛ Altera.
- Примеры проектирования для различных семейств СБИС ПЛ.
- Утилиту PowerPlay Early Power Estimator.
- Средство разработки PowerPlay Power Tree Designer Tool.

Все вышеперечисленные документы и средства доступны на официальном сайте Altera [4].

## PowerPlay Early Power Estimator (EPE)

Данная утилита, реализованная в виде Excel-файла с макросами, знакома многим разработчикам [3]. Начиная с версии 13.1 EPE содержит вкладку Empirion (рис. 8). Рассчитав по предоставленным пользователем данным потребление по всем цепям питания, EPE автоматически определяет список необходимых источников и выводит результаты во вкладку Empirion, а также рекомендует конкретное наименование микросхемы питания (Suggested Empirion Part) и возможные варианты замены (Pin Compatible Parts).

Для того чтобы EPE правильно выполнила процедуру анализа и подбора источников питания, необходимо во вкладке Report указать группы цепей питания, подключенных к одному и тому же источнику питания (Regulator Group). При назначении цепей источникам питания (группам) требуется следить, чтобы цепи с разным напряжением питания не попадали в одну и ту же группу. Невыполнение этого условия приведет к сообщениям об ошибках.

## PowerPlay Power Tree Designer Tool

Стремясь помочь разработчику ориентироваться в обширной номенклатуре источников питания Empirion, компания Altera предоставляет интерактивное онлайн-средство PowerPlay Power Tree Designer Tool для создания архитектуры и подбора компонентов систем питания своих СБИС ПЛ и СнК. Находится оно на офи-

Group	Regulator Input Voltage (V)	Regulator Current Draw (A)	Voltage (V)	Load Current (A)	Load Current Margin	Parent Group	Regulator Type	POK	Suggested Empirion Part	Pin Compatible Parts
1	5.00	0.215	1.10	0.829	30.00%	0	Switcher	No	EN6337QI	EN6347QI
2	5.00	0.105	2.50	0.179	30.00%	0	Switcher	No	EP5358LQI	EP5358H
3	5.00	0.256	1.10	0.989	30.00%	0	Switcher	No	EN6337QI	EN6347QI
4	5.00	0.183	2.50	0.311	30.00%	0	Switcher	No	EP5358LQI	EP5358H
5	5.00	0.026	3.30	0.017	30.00%	0	Linear	No	EY1501TI-ADJ	
6	5.00	0.025	1.50	0.071	30.00%	0	Switcher	No	EP5358LQI	EP5358H
7	5.00	0.016	1.80	0.006	30.00%	0	Linear	No	EY1501TI-ADJ	
8	5.00	0.016	3.30	0.011	30.00%	0	Linear	No	EY1501TI-ADJ	

Рис. 8. Внешний вид вкладки Empirion в EPE 14.0

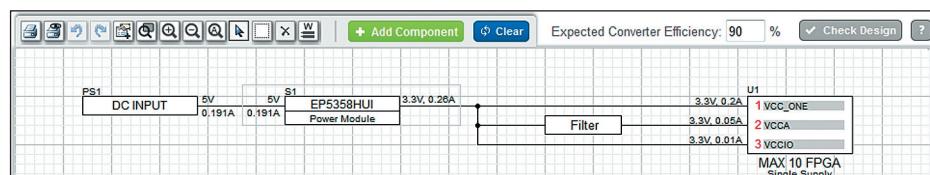


Рис. 9. Структура системы питания СБИС ПЛ MAX 10 с одним напряжением питания

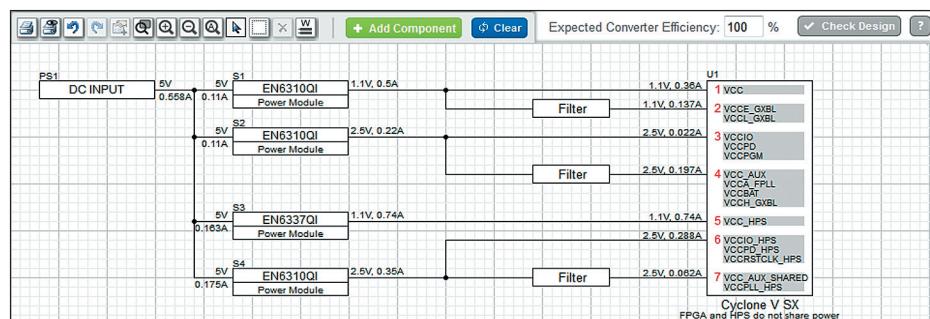


Рис. 10. Структура системы питания СнК Cyclone V SX с раздельным питанием FPGA и HPS

циальном сайте Altera [5]. Данное средство можно сравнить с WEBENCH Power Architect от Texas Instruments, однако предназначено оно для работы с источниками питания Empirion. В роли потребителей могут выступать СБИС ПЛ и СнК следующих семейств: MAX 10, Cyclone IV, Cyclone V, Arria II, Arria V, Arria 10, Stratix III, Stratix IV, Stratix V.

Работать над проектом в Power Tree Designer Tool можно как с нуля (Blank Schematic), так и из шаблона (Power Tree Template), что в общем случае удобнее. При создании проекта из шаблона пользователю предлагается в самом начале выбрать применяемое семейство микросхем Altera и конфигурацию питания. Конфигурация питания зависит от максимальной скорости, на которой предполагается использовать высокоскоростные приемопередатчики, а для СнК Altera (Cyclone V SoC, Arria V SoC) — от организации питания встроенного аппаратного процессора (HPS) и программируемой логики (FPGA): общее или раздельное. На том же этапе утилита формирует по умолчанию иерархическую структуру системы питания, данную опцию можно отключить. На следующем шаге Power Tree Designer Tool предлагает ввести значения потребляемых токов по всем цепям питания либо импортировать EPE-файл. По мнению автора, удобнее и правильнее использовать EPE-файл, однако для

столь простого случая, как MAX 10 с одним напряжением питания (будет рассмотрен далее), нужные значения проще ввести вручную. Полной параметризации цепей питания на этом шаге выполнить не удастся, а потому переходим к очередному шагу и попадаем в основное окно Power Tree Designer Tool (Design). Здесь пользователь может добавлять/удалять/параметризовать компоненты системы питания. В рамках изучения данного средства поддержки разработки было создано два проекта:

1. Примитивный проект на СБИС ПЛ MAX 10 с одним напряжением питания (рис. 9). Проект наглядно демонстрирует работу данного средства проектирования, а также простоту применения СБИС ПЛ MAX 10. Все токи потребления задаются вручную.
2. Полноценный проект на СнК Cyclone V SX с раздельным питанием FPGA и HPS (рис. 10). В проекте задействовано несколько вторичных источников питания Empirion PowerSoC. Токи потребления получены путем импорта EPE-файла.

Следует отметить, что средство Power Tree Designer Tool появилось недавно и в настоящий момент имеет ряд недоработок, выявленных в ходе практического использования и связанных в основном с неполным разбором EPE-файла: не импортируются все цепи питания блоков ввода/вывода, нет воз-

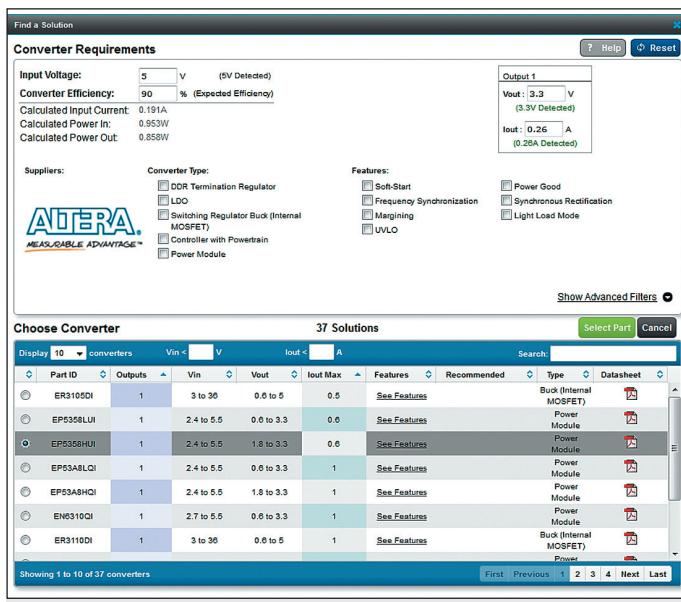


Рис. 11. Окно выбора преобразователя питания в PowerPlay Power Tree Designer Tool

можности добавить их вручную. В результате на рис. 10 отсутствует цепь питания 1,5 В DDR-памяти процессора, а также напряжения питания ввода/вывода, отличные от 2,5 В, которые добавлялись в ЕРЕ (рис. 8). В связи с этим автору не удалось добавить недостающие на рис. 10 источники питания. Фильтры, отображаемые на рис. 9, 10, не параметризуются.

Тем не менее основной задачей средства PowerPlay Power Tree Designer Tool все же является помочь в подборе подходящих компонентов системы питания, для чего предназначены различные механизмы параметризации, и с этой задачей оно отлично справляется. Последующие доработки позволят Power Tree Designer Tool стать незаменимым помощником разработчика, автоматизирующим процесс проектирования системы питания СБИС ПЛ Altera.

На рис. 11 показано окно выбора вторичного источника питания. В верхней части окна приведены его основные характеристики: входное и выходное напряжение, требуемый выходной ток. Далее в окне представлена область параметризации искомого источника питания: выбор типа источника, наличие дополнительных функций (плавный запуск, отключение при пониженном входном напряжении, наличие выхода Power Good, возможность работы в режиме малой нагрузки и др.), а также дополнительные параметры, скрытые на данном рисунке (Show Advanced Filters). В нижней части окна находится список предлагаемых вариантов, отвечающих заданным требованиям.

После создания системы в окне Design можно перейти к разделам BOM и Summary. В разделе BOM (Bill of Materials) есть перечень при-

мененных в системе элементов. В нем имеются только использованные источники Enpirion и СБИС ПЛ Altera, прочие компоненты, например блокировочные и фильтрующие конденсаторы, не учтены. Тут же предоставлена возможность приобрести указанные в перечне компоненты у глобальных дистрибуторов. В разделе Summary представлены характеристики полученной системы питания и ее компоненты. Есть возможность скачать BOM-файл, а также файл, содержащий список соединений системы.

## Заключение

Вторичные источники питания PowerSoC и другие микросхемы Enpirion уже подтвердили свою работоспособность и соответствие заявленным характеристикам в ряде отладочных наборов Altera и ее партнеров. Сверхмалые габариты, высокий КПД и низкий уровень шумов позволяют использовать источники питания Enpirion в самом широком спектре приложений — это системы беспроводной передачи данных (в том числе мобильные), промышленные и автомобильные приложения и многое другое. Altera предлагает решения на базе Enpirion, обеспечивающие выходной ток до 240 А, которые могут применяться в высокопроизводительных вычислительных системах различного назначения, в системах хранения и обработки больших объемов данных, в серверах и т. п.

За простоту и удобство эксплуатации, за малые габариты и малое количество внешних компонентов и прочие положительные моменты Enpirion PowerSoC приходится расплачиваться сложностью в проектировании, однако созданные фирмой Altera документация, примеры проектирования и средства поддержки разработки, рассмотренные в данной статье, существенно облегчают труд инженера. В обновленной версии PowerPlay Early Power Estimator, уже зарекомендовавшего себя ранее как достоверное и удобное средство оценки энергопотребления, доступна функция выдачи рекомендаций по применению источников питания Enpirion. При грамотном формировании ЕРЕ-файла эти рекомендации будут соответствовать действительности.

Новое средство проектирования систем питания PowerPlay Power Tree Designer Tool уже в нынешнем виде является полезной утилитой, а в дальнейшем возьмет на себя основную часть забот разработчика системы питания СБИС ПЛ и СиК Altera.

## Литература

1. Enpirion Brochure — Powering Your Innovation — Broch 1008-2.1.
2. Enpirion Power Datasheet EP53A8LQI/EP53A8HQI 1A PowerSoC Synchronous Buck Regulator with Integrated Inductor.
3. PowerPlay Early Power Estimator User Guide — UG-01070.
4. <http://www.altera.com/devices/power/enpirion/resource-center/powering-fpgas.html>
5. <https://powerdesigner.altera.com>

