

Александр Калачев (г. Барнаул)

ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ SIMPLE SWITCHER® – ВЫСОКИЙ КПД, НИЗКИЙ ШУМ, МИНИМУМ ВНЕШНИХ ЭЛЕМЕНТОВ



Импульсный источник питания на базе интегрального преобразователя без встроенной индуктивности и силовых ключей. Входные напряжения до 75 В и выходные токи до 12 А. КПД до 95%. И при этом – не более полутора десятков внешних дискретных элементов! Возможно ли это? Да, если это преобразователь из серии Simple Switcher® от Texas Instruments.

Если вспомнить историю, раньше для питания одного лишь процессора требовалось как минимум три различных напряжения питания, разного уровня и полярности; в ряде радиоэлектронных устройств для различных каскадов использовалось напряжение разного уровня; измерительные приборы в большинстве своем использовали двуполярное питание.

Современная электроника все больше практикует модульный подход, когда отдельное устройство состоит из ряда законченных, часто многофункциональных, модулей или набора микросхем, иногда от различных компаний-производителей. Не всегда при этом удается обойтись одним источником питания – из-за большой разности диапазонов допустимых напряжений либо из-за требований к стабильности или уровню шумов. Многие интегральные схемы преобразователей интерфейсов, микроконтроллеров, ПЛИС также требуют нескольких источников напряжения.

В то же время от разработчика требуется обеспечить эффективную систему питания устройства с требуемым уровнем мощности при сохранении компактности.

Основными тенденциями в развитии микросхем для источников питания, особенно для встраиваемой техники, можно назвать уменьшение занимаемой площади, повышение эффективности преобразования, снижение уровня импульсных помех.

Интегральные DC/DC-преобразователи Simple Switcher

Преобразователи семейства Simple Switcher [1] от Texas Instruments позволяют строить импульсные источники питания, обладающие прекрасными экс-

плуатационными характеристиками при небольшом количестве внешних элементов. В 2011 году серия LMZ Simple Switcher удостоена первого места в списке EDN Hot 100 Award.

В рамках семейства возможен выбор преобразователей для входного напряжения в диапазоне от 3 до 75 вольт, при этом в пределах серии возможен переход на преобразователь с большим или меньшим максимальным входным напряжением (pin-to-pin-совместимость). Для каждого продукта представлены типовые схемы включения, вплоть до типовой конфигурации печатной платы. Он-лайн среда WEBENCH позволяет подобрать необходимую серию, конкретный продукт и оптимизировать параметры компонентов источников питания для ряда типовых областей применения: источники питания для микроконтроллеров, датчиков, ПЛИС.

В семейство Simple Switcher входят три линейки продуктов: интегральные

силовые модули, регуляторы и контроллеры питания (см. таблицу 1). Основные отличия линеек заключаются в степени интеграции, уровнях входных напряжений и выходных токов.

Интегральные преобразователи DC/DC Simple Switcher способны работать с входными напряжениями до 75 В при уровне выходных токов до 12 А (рисунок 1). Обладая высокой степенью интеграции, для своей работы они требуют минимума внешних элементов [1,2].

Для преобразователей со встроенными MOSFET-ключами, называемых регуляторами, это, как правило, входные/выходные конденсаторы, резисторы обратной связи, индуктивность и защитный диод. Серии, не имеющие встроенных силовых ключей, относят к контроллерам питания, и для их работы необходимы еще и внешние силовые MOSFET-ключи. Во многих случаях это никоим образом не является недостатком, так как при незначительном увеличении списка требуемых компонентов и площади печатной платы, занимаемой блоком питания, выходные токи ограничены лишь возможностями ключевых транзисторов.

Карта возможностей серий интегральных преобразователей представлена на рисунке 1.

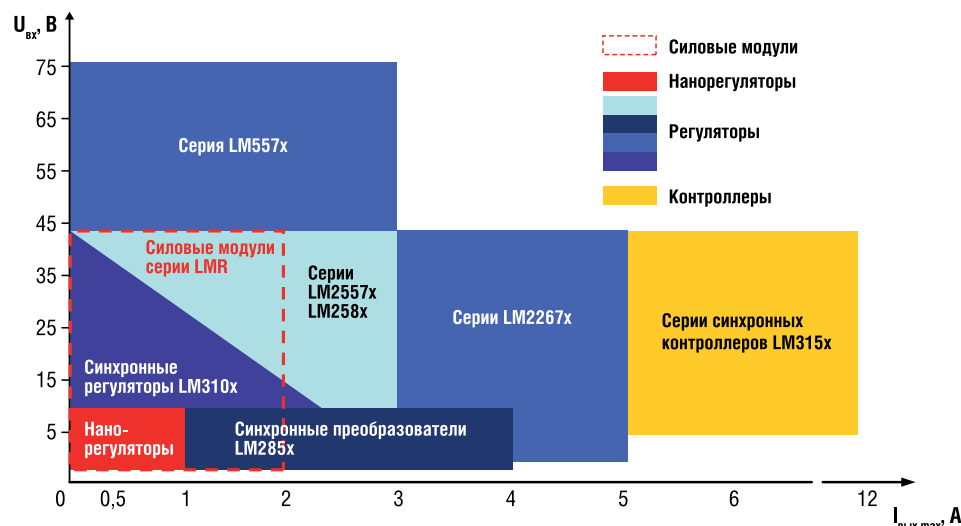


Рис. 1. Спектр интегральных DC/DC-преобразователей семейства Simple Switcher

Таблица 1. Семейство интегральных стабилизаторов постоянного тока Simple Switcher

Параметр	Серия							
	LMZ Nano Modules	LMZ Power Modules	LMR Nano Regulators	LM310x	LM2267x/ LM22680	LM285x	LM2557x LM557x	LM315x
Тип	Силовой модуль			Регулятор				Контроллер
Топология	Понижающий		Понижающий, повышающий	Понижающий				
Интегрированные силовые ключи	+	+	+	+	+	+	+	-
Встроенная индуктивность	+	+	-	-	-	-	-	-
Минимальное выходное регулируемое напряжение, В	0,6	0,8	0,6	0,6/0,8	1,285	0,8	1,225	0,6
Частота переключения, КГц	2000	≤1000	3000	≤1000	-	≤1500	≤1000/≤500	≤1000
Синхронные преобразователи	+	+	+	+	-	+	-	+
Вход разрешения работы	+	+	+	+	+	+	+	+
«Мягкий» запуск	+	+	+	+	+	-	+	+
Возможность синхронизации частоты	-	+	-	-	+	-	+	-
Тип корпуса	LLP-MOD8	TO-PMOD-7 TO-PMOD-11	micro SMD, LLP-6, SOT-23	eTSSOP-20	PSOP-8 TO263-7 THIN	eTSSOP-14 eTSSOP-16	eTSSOP-16 eTSSOP-20	eTSSOP-14

Регуляторы и контроллеры Simple Switcher

Серии регуляторов отличает их возможность работать с высокими входными напряжениями: серии **LM2557x**, **LM2267x**, **LM310x** – до 42 В, а серии **LM557x** – до 75 В [3].

Серии **LM2267x**, **LM22680** [4] выполняются в корпусах TO-263 и PSOP-8, монтируемый на плату теплоотвод обеспечивает дополнительное рассеивание тепла, а следовательно, обеспечивается некоторый запас мощности при работе с предельными токами или в условиях температур, близких к предельным. Регулируемая частота внутреннего генератора в пределах от 200 до 1000 кГц позволяет находить оптимальное сочетание эффективности работы регулятора и габаритных разме-

ров схемы преобразователя (работа на высоких частотах позволяет использовать меньшие индуктивности), а также гарантировать низкий уровень электромагнитных шумов. В сериях доступны микросхемы регуляторов с максимальными выходными токами от 0,5 до 5 А, как с фиксированным, так и с регулируемым выходным напряжением. Нижний порог регулируемого напряжения составляет 1,285 В, верхний 37 В при возможных входных напряжениях от 4,5 до 42 В.

Высоковольтные серии **LM2557x**, **LM557x** [5] способны работать с токами нагрузки от 0,5 до 3 В, диапазон регулируемого выходного напряжения от 1,23 до 70 В. Данные серии идеальны для применения в условиях высоковольтных импульсных помех по основному

питанию, устойчивы к его долговременным перепадам.

В группу синхронных регуляторов входят высокоэффективные преобразователи серий **LM310x** и **LM285x** [6,7]. Серия **LM310x** работает с входными напряжениями от 4,5 до 42 В с токами нагрузки до 2,5 А. ШИМ-управление по методу фиксированного времени включения (Constant On-Time) обеспечивает микросхемам данной серии малые переходные искажения.

Серии **LM258x** [8] работают с низкими входными напряжениями – всего до 5,5 В, но могут обеспечить токи нагрузки до 4 А при регулируемом выходном напряжении от 0,6 до 3,3 В. Работа на фиксированных частотах (500, 550, 1000 кГц) позволяет эффективно фильтровать помехи переключения и безболезненно заменять линейные стабилизаторы в широком спектре приложений. Исполнение в корпусах типа eTSSOP-14/16 обеспечивает эффективное отведение излишнего тепла.

Новые серии миниатюрных преобразователей, называемых нанорегуляторами (*Nano Regulators*), сочетают легкость применения (небольшое количество дополнительных внешних элементов) и высокую производительность (высокий КПД, большие токи нагрузки) [9]. Данные серии отличает компактное, но вместе с тем эффективное корпусное исполнение – micro SMD, LLP-6 или SOT-23. Импульсные преобразователи серий нанорегуляторов работают на частотах в районе единиц мегагерц, что позволяет применять внешние элементы (индуктивность и

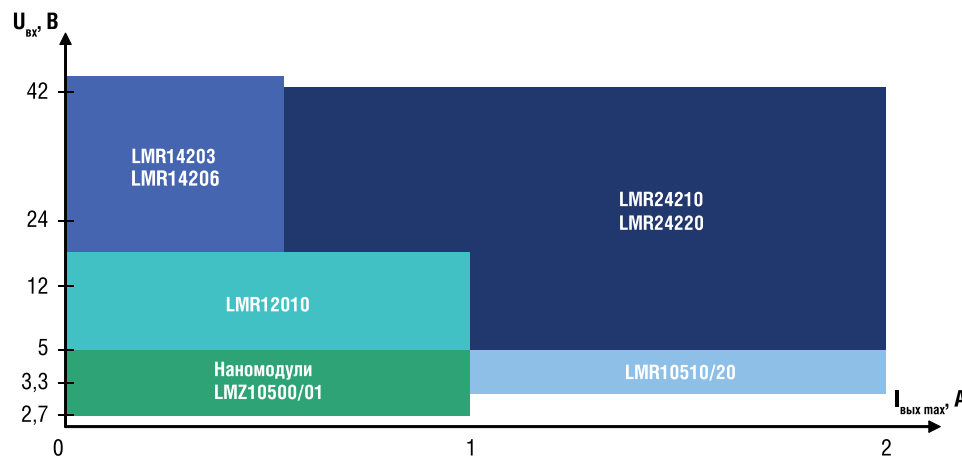


Рис. 2. Возможности компактных интегральных понижающих преобразователей Simple Switcher Nano Regulators

фильтрующие конденсаторы) поверхностного монтажа.

На данный момент среди семейства Simple Switcher только в сериях нанорегуляторов присутствуют повышающие преобразователи.

Компактность размеров не сказывается на функциональных возможностях преобразователей — нанорегуляторы поддерживают широкий диапазон входных напряжений и регулируемых выходных напряжений как для понижающих, так и для повышающих преобразователей, при выходных токах до 2 А (рисунки 2, 3).

Регулируемое выходное напряжение для понижающих преобразователей лежит в пределах от 0,6 до 34 В, для повышающих — от 3 до 40 В.

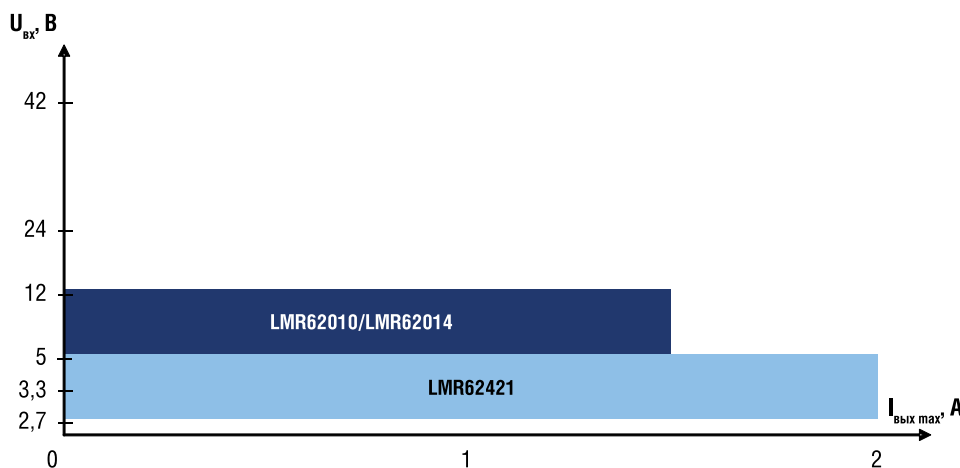
- а) максимальные выходные токи;
- б) выходные напряжения;

Одно из возможных применений нанорегуляторов — малогабаритные источники питания с несколькими выходными напряжениями. Компактный корпус и высокие рабочие частоты позволяют минимизировать занимаемую площадь на печатной плате, а возможность синхронизации рабочих частот преобразователей позволяет более эффективно бороться с импульсными помехами. На рисунке 4 представлена структурная схема и внешний вид демонстрационной платы — на площади менее трех квадратных сантиметров разместились три источника питания мощностью порядка 5 ватт с выходными напряжениями 1,2; 1,8 и 3,3 В — например, для питания процессорного ядра, аналого-цифрового преобразователя и портов ввода-вывода контроллера.

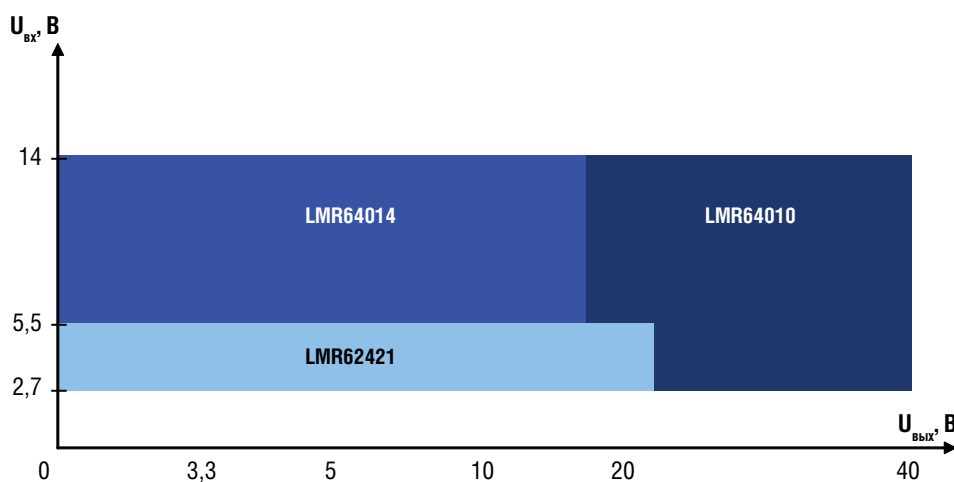
Для приложений, требующих высоких значений токов, TI предлагает в рамках семейства Simple Switcher серию контроллеров **LM315x**, позволяющих управлять внешними силовыми ключами. Несмотря на это, число требуемых внешних компонентов для построения источника питания на LM315x относительно не велико — всего 11. Режим работы с фиксированным временем включения упрощает схемотехнику преобразователя конечного устройства. Возможность синхронизации частоты позволяет достигать КПД преобразования в 93%, работая на частотах вплоть до 1 МГц, при токах нагрузки до 12 А с поддержкой широкого диапазона входного напряжения — от 6 до 42 В.

Интегральные силовые модули Simple Switcher

Новинкой семейства Simple Switcher является линейка интегральных силовых модулей LMZ с максимальными выходными токами до 10 А, синхронизацией частоты и возможностью параллельного подключения нескольких модулей для увеличения выходного тока [10].



а) максимальные выходные токи



б) выходные напряжения;

Рис. 3. Возможности компактных интегральных повышающих преобразователей Simple Switcher Nano Regulators

В линейку интегральных модулей входит три серии (рисунок 5):

- **LMZ1** — для приложений с типовым набором требований и опций;
- **LMZ2** — поддерживают выходные токи до 10 А с рядом дополнительных функций для работы в качестве промежуточных источников питания в приложениях, требующих большой мощности, в качестве источников питания для ПЛИС и систем, чувствительных к уровню шумов;
- **Наномодули** — представляют собой миниатюрные модули размерами всего 2,5х3х1,2 мм с выходными токами до 1 А.

Серии рассчитаны на три диапазона входных напряжений — низкое напряжение 5...6 В, среднее 5...20 В, и высокое до 42 В.

Все серии силовых модулей содержат встроенную индуктивность, вход разрешения работы, низкий уровень шума, отвечают классу В стандарта по уровню электромагнитных помех.

Серия LMZ1 предназначена для широкого спектра приложений, обеспечивает выходные напряжения до 24 вольт

при низком уровне шума. В серии представлены как микросхемы с фиксированным выходным напряжением, так и с регулируемым. Ряд микросхем, способных работать в расширенном температурном диапазоне от -55 до 125°C, маркируется аббревиатурой EXT (при этом остальные микросхемы сохраняют работоспособность в немногим более узком диапазоне — от -40 до 125°C). Серии EXT также отвечают требованиям стандарта MIL-STD-883 не только по температуре, но и по уровню устойчивости к ударам и вибрации. Кроме этого, есть микросхемы с рабочим входным напряжением до 42 В — маркируются дополнительно литерой Н.

Физически микросхемы LMZ1 выполнены в корпусах TO-PMOD-7 или TO-PMOD-11. Контактная площадка на нижней стороне корпуса соединена с общим проводом, что упрощает дизайн печатной платы и позволяет использовать покрытие платы в качестве дополнительного теплоотвода. Максимальные выходные токи до 10 А, для однотипных корпусов сохраняется пиковая совместимость.

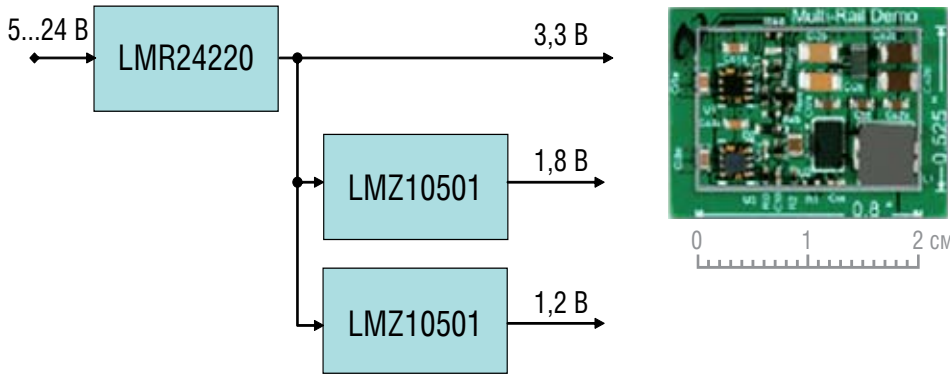


Рис. 4. Структурная схема и внешний вид демонстрационной платы многодиапазонного блока питания. (Выходная мощность 5 Вт, размеры 20 x 14 мм)

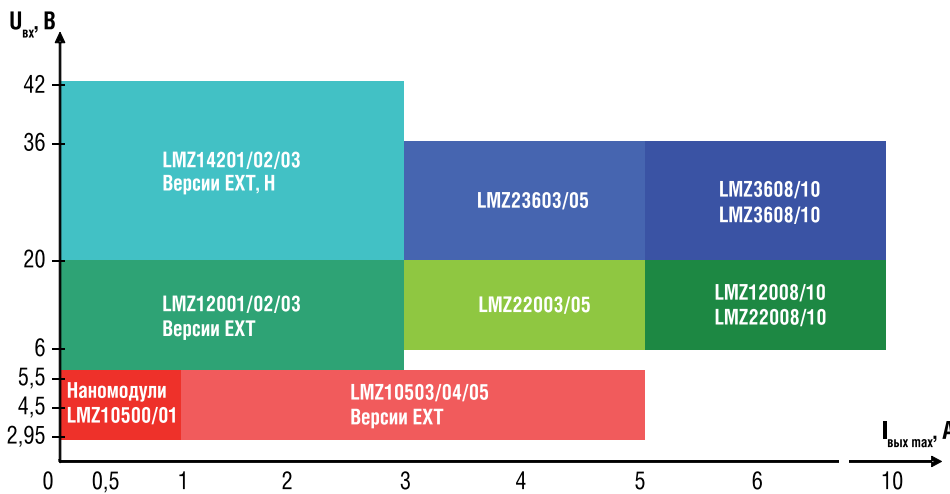


Рис. 5. Спектр интегральных силовых модулей семейства Simple Switcher

Новая серия LMZ2 предназначена для работы в приложениях, оперирующих с высокими мощностями и требованиями к низкому уровню шума. В качестве дополнительных возможностей имеют вывод синхронизации частоты внутреннего генератора с внешним источником. Синхронизация частоты позволяет управлять модулем для достижения большей эффективности преобразования и уменьшения шумов переключения в системах и приложениях, критичных к уровню шума. Для облегчения фильтрации шума переключения на данный вывод можно подавать сигнал фиксированной частоты. Также можно синхронизовать частоты переключения нескольких совместно работающих модулей.

Второй интересной особенностью является вывод распределения тока (*current sharing pin*), который позволяет объединять несколько микросхем LMZ2 для получения более высокого выходного тока (вплоть до токов порядка 60 А). Возможность распределения тока может быть использована при построении мощных промежуточных преобразователей или для источников питания FPGA.

LMZ2 работают с уровнями входных напряжений до 36 В, обеспечивая

регулируемое выходное напряжение от 0,8 до 6 В.

Еще одной новинкой линейки интегральных силовых модулей является серия т.н. наномодулей (**LMZ10500/01**) [9], которые, несмотря на малые размеры (пожалуй, на текущий момент — рекорд по отношению размер/ток), обеспечивают стабильное выходное напряжение при токах до 1 А. Типовая схема включения содержит только входные/выходные конденсаторы и резисторы обратной связи, и все это умещается на площади не более 35 мм². КПД преобразования, тем не менее, составляет в maximum до 95% при уровне выходных пульсаций в пределах 10 мВ. Это позволяет во многих случаях заменить линейные преобразователи. Работа наномодулей на фиксированной частоте (2 МГц) позволяет эффективно бороться с шумами переключения, например, при помощи специализированных фильтров. Миниатюрный корпус LLP-MOD8 позволяет размещать фильтрующие конденсаторы в непосредственной близости от модуля, сокращая тем самым путь импульсных помех, что в ряде случаев позволяет обойтись без дополнительной фильтрации помех.

Из-за своих малых размеров и высокого КПД наномодули интересны для встраиваемых систем с автономным питанием, таких как узлы беспроводных сенсорных сетей, телефоны, коммуникаторы, медиаплееры.

Техническая поддержка

Доступная техническая информация и онлайн-инструментарий WEBENCH позволяют достаточно быстро освоить импульсные преобразователи Simple Switcher.

Руководство SIMPLE SWITCHER Design Guide [11] содержит типовые схемы включения и топологии печатных плат наиболее популярных интегральных преобразователей Simple Switcher, включая силовые модули, регуляторы и контроллеры. SIMPLE SWITCHER Design Guide позволяет оценить возможности представленных продуктов. Для каждого из них дана электрическая принципиальная схема включения, список требуемых компонентов и рекомендации по их выбору, назначение цепей. Указаны рекомендуемые типы компонентов и их номиналы для различных условий работы (входное/выходное напряжение, рабочий выходной ток).

Кратко описаны особенности работы схем источников питания. Для представленных схем приведены топологии печатных плат с рекомендациями по использованию и самостоятельной разработке. Помимо этого приводятся ссылки на более подробную техническую документацию, включая техническое описание рассматриваемого интегрального преобразователя, описание его оценочной платы, материалы по расчету тепловых режимов преобразователя в зависимости от конфигурации печатной платы.

Предлагаемые оценочные платы с интегральными преобразователями Simple Switcher оптимизированы для демонстрации высокой эффективности, выходной мощности, устойчивости к скачкам входного напряжения, а также низкого уровня электромагнитных помех и пульсаций выходного напряжения. Таким образом, есть возможность проверить на практике возможные режимы работы схем, вплоть до того, что конфигурация и расположение выводов оценочных плат позволяют легко интегрировать их в пользовательское оборудование или соединять их с другими оценочными/отладочными платами (рисунок 6).

Так, оценочная плата **LMZ22010 10A EVAL** позволяет достаточно просто опробовать режим работы Current Sharing, позволяющий при помощи нескольких преобразователей получить максимальный ток в нагрузке более 10 А — для этого платы достаточно соединить между собой.

Инструментарий WEBENCH

Процесс разработки источников питания на базе интегральных преобразователей Simple Switcher имеет мощную поддержку в виде онлайн-инструментария WEBENCH®, позволяющего производить подбор внешних электронных компонентов схемы источника питания, включая выбор индуктивностей и силовых MOSFET-ключей для регуляторов и контроллеров. Для рекомендованных схем включения интегральных преобразователей и типовых конфигураций печатных плат WEBENCH® позволяет проводить симуляцию работы схемы — напряжения и токи в ключевых точках, тепловой режим работы платы, расчеты предельных параметров и эффективности преобразования.

WEBENCH® позволяет предварительно оценить работу той или иной схемы, предоставить список и примерную стоимость необходимых внешних компонентов. Кроме этого, для каждого из поддерживаемых преобразователей есть возможность найти ссылку на соответствующую ему оценочную плату, вплоть до образов печатных плат в формате Gerber.

Для расчетов источников питания в WEBENCH предусмотрены два основных инструмента WEBENCH Power Architect и FPGA Power Architect.

WEBENCH Power Architect позволяет анализировать источники питания с одним или несколькими выходными напряжениями. Одной из интересных возможностей является оптимизация источника по нескольким параметрам, включая топологию платы, размеров, эффективности, числа элементов, стоимости, реакции на перепады напряжения.

Для разработки источников питания устройств, содержащих микроконтроллеры или FPGA в WEBENCH предлагается новый инструмент FPGA Power Architect. Буквально в несколько действий, потратив всего пару минут, можно получить требуемую систему питания с заданными токами нагрузки, уровнями выходных пульсаций и фильтров питания. Конфигурации питающих напряжений, требования по потребляемой мощности и допустимого уровня шума для большинства популярных серий FPGA и ряда серий микроконтроллеров различных фирм уже присутствуют в WEBENCH FPGA Power Architect. В частности, поддерживаются FPGA компаний Actel, Altera, Lattice, Xilinx, а также контроллеры компаний Atmel, Freescale, Texas Instruments.

Заключение

Семейство Simple Switcher охватывает широкий спектр приложений — от устройств с батарейным питанием до

мощных источников питания с токами до нескольких десятков ампер при низком уровне электромагнитных помех и пульсаций выходного напряжения. Благодаря высокой степени интеграции микросхем, даже для контроллеров (интегральных преобразователей без встроенной индуктивности и силовых ключей) в схеме источника питания необходимо не более полутора десятков дискретных элементов.

Литература

1. SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Power Modules, Voltage Regulators and MOSFET Controllers//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/index.html

2. SIMPLE SWITCHER Family Brochure//http://www.national.com/assets/en/appnotes/national_simple_switcher_solutions_brochure.pdf

3. Regulators SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators.html

4. Regulators LM2267x-80 SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators_lm2267x_80.html

5. SIMPLE SWITCHER Family Brochure//http://www.national.com/assets/en/appnotes/national_simple_switcher_solutions_brochure.pdf

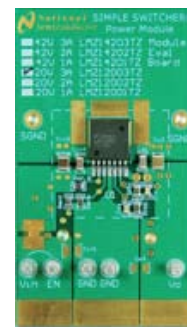
6. Regulators SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators.html

7. Regulators LM2267x-80 SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators_lm2267x_80.html

8. Regulators LM2557x SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators_lm2557x.html

9. Regulators LM310x SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators_lm310x.html

10. Regulators LM285x SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators_lm285x.html



а)



б)

Рис. 6. Оценочные платы преобразователей Simple Switcher. а) оценочные платы интегральных преобразователей Simple Switcher; б) объединение плат LMZ22010 10A EVal в стек

11. Regulators LM258x SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor Voltage Regulators//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/regulators_lm258x.html

12. SIMPLE SWITCHER Nano Modules and Nano Regulators National Semiconductor//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/nano_modules_regulators.html

13. Power Modules SIMPLE SWITCHER DC-DC Converters National Semiconductor LMZ Series DC-DC Converter Power Modules//http://www.ti.com/ww/en/simple_switcher_dc_dc_converters/power_module.html

14. SIMPLE SWITCHER Design Guide//http://www.national.com/assets/en/appnotes/national_simple_switcher_design_guide.pdf.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: mcu.vesti@compel.ru