

Андрей Никитин (г. Минск)

DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ SUPIRBUCK ПОКОЛЕНИЯ GEN2 В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ



В статье рассматриваются вопросы применения синхронных понижающих DC/DC-преобразователей компании International Rectifier в распределенных системах электропитания. Особое внимание уделяется новым микросхемам поколения Gen2: сериям IR383x, IR384x и IR387x, которые позволяют значительно уменьшить площадь, занимаемую на печатной плате.

Одна из основных тенденций развития рынка источников вторичных ИП заключается в росте популярности распределенных систем электропитания, которые могут быть построены двумя способами: по централизованному (сосредоточенному) или по децентрализованному (распределенному) принципу.

Сосредоточенная архитектура предполагает использование AC/DC-конвертера, преобразовывающего сетевое напряжение переменного тока в первичное напряжение постоянного тока, которое затем подается на изоли-

рованные DC/DC-конвертеры для получения более низких (вторичных) напряжений, обеспечивающих питание функциональных плат необходимыми номиналами напряжений и токов. Подобная архитектура электропитания используется при компактном размещении крупных конструктивных единиц (стоек, блоков и т.п.), образующих систему.

Если же система электропитания размещена в пространстве, то имеет место распределенная архитектура электропитания. Вторичные DC/DC-конвертеры, устанавливаемые в непосредственной близости от нагрузки, получили назва-

ние PoL DC/DC-конвертеры (Point of Load – точка нагрузки). Варианты современных архитектур распределенного электропитания, использующих PoL-конвертеры, представлены на рисунке 1.

Распределенные системы электропитания дают возможность устанавливать DC/DC-преобразователи вместе с другими компонентами на печатных платах.

Централизованная система, как правило, предполагает использование заказных источников питания, что увеличивает время разработки конечного изделия. Любые изменения технических требований влекут за собой изменения в конструкции изделия. После каждой доработки (переработки) необходимо вновь получить все необходимые сертификаты (по безопасности, по помехам и др.) от соответствующих организаций. Распределенные системы позволяют уменьшить время разработки конечного изделия.

Распределенная система, как правило, более эффективна, так как можно выбрать DC/DC-преобразователь с оптимальными параметрами для каждой печатной платы на этапе ее разработки.

Поскольку распределенные системы минимизируют связи между ИП и нагрузкой, в том числе и паразитные, то обеспечивается более высокое качество переходных процессов, чем в централизованной системе электропитания.

Модернизация систем распределенного питания осуществляется заменой локальных DC/DC-преобразователей. Расширение или перестройка централизованной системы таким же образом могут оказаться физически невозможными, так как трассировка печатных плат, расположение и число компонентов могут быть недостаточными для увеличения мощности или числа номиналов выходных напряжений.

Семейство SupIRBuck DC/DC-преобразователей Point-of-Load компании IR

Строго говоря, термин «Point-of-Load» определяет описанный выше способ применения DC/DC-

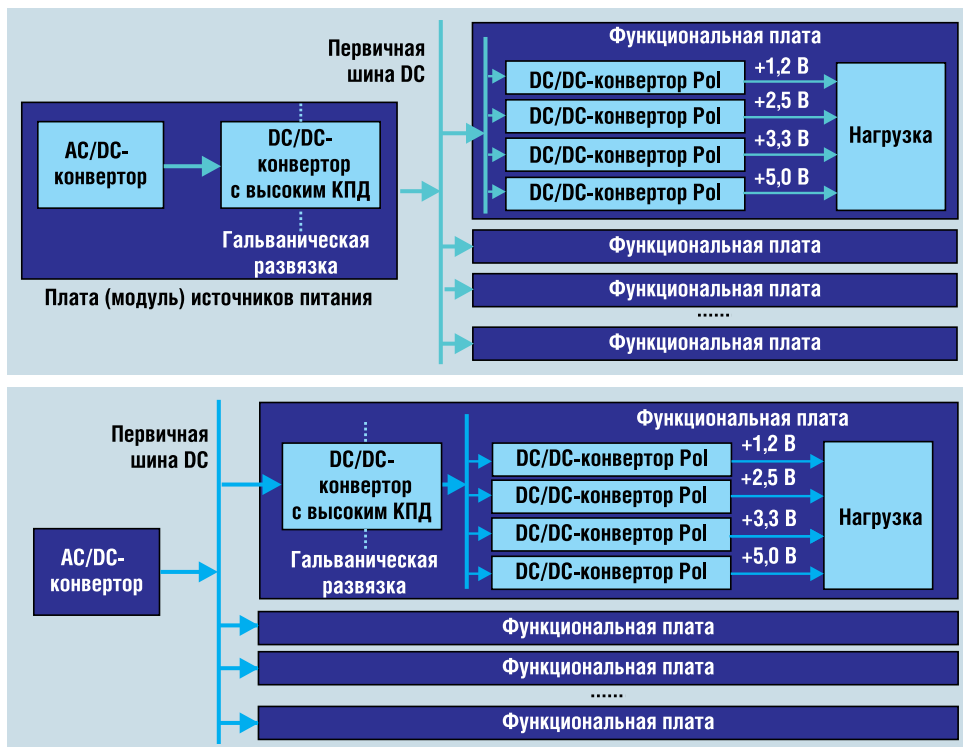


Рис. 1. Распределенные архитектуры систем электропитания, использующие DC/DC-конвертеры Point-of-Load

Таблица 1. Технические характеристики DC/DC-преобразователей семейства SupIRBuck

Изделие	Входное напряжение, В		Выходное напряжение, В		Выходной ток, А	Частота коммутации, кГц		Функции						
	мин.	макс.	мин.	макс.		мин.	макс.	ОСР	ОТР	Pre-Bias	Soft Start	EN	Tracking	Pgood
IR3800M	2,5	21	0,6	12	12	600		Есть	Есть	Есть	Есть			
IR3801M	2,5	21	0,6	12	7	600		Есть	Есть	Есть	Есть			
IR3802M	2,5	21	0,6	12	4	600		Есть	Есть	Есть	Есть			
IR3800AM	2,5	21	0,6	12	14	300		Есть	Есть	Есть	Есть			
IR3801AM	2,5	21	0,6	12	9	300		Есть	Есть	Есть	Есть			
IR3802AM	2,5	21	0,6	12	6	300		Есть	Есть	Есть	Есть			
IR3810M	2,5	21	0,6	12	12	600		Есть	Есть	Есть	Есть		Есть	
IR3811M	2,5	21	0,6	12	7	600		Есть	Есть	Есть	Есть		Есть	
IR3812M	2,5	21	0,6	12	4	600		Есть	Есть	Есть	Есть		Есть	
IR3820M	2,5	21	0,6	12	12	600		Есть	Есть	Есть	Есть			Есть
IR3821M	2,5	21	0,6	12	7	600		Есть	Есть	Есть	Есть			Есть
IR3822M	2,5	21	0,6	12	4	600		Есть	Есть	Есть	Есть			Есть
IR3820AM	2,5	21	0,6	12	14	300		Есть	Есть	Есть	Есть			Есть
IR3821AM	2,5	21	0,6	12	9	300		Есть	Есть	Есть	Есть			Есть
IR3822AM	2,5	21	0,6	12	6	300		Есть	Есть	Есть	Есть			Есть
IR3831M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	8	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
IR3831WM	1,5	16	0,7	0,9*Vin	8	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
IR3832WM	1,5	16	0,7	0,9*Vin	4	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
IR3840AM	1,5	21	0,7	0,9*Vin	14	250	1000	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3840M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	12	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3840WM	1,5	16	0,7	0,9*Vin	12	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3841M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	8	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3841WM	1,5	16	0,7	0,9*Vin	8	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3842AM	1,5	21	0,7	0,9*Vin	6	250	1200	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3842M	1,5	16	0,7	0,9*Vin	4	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3842WM	1,5	16	0,7	0,9*Vin	4	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3843AM	1,5	21	0,7	0,9*Vin	3	250	1200	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3843WM	1,5	16	0,7	0,9*Vin	2	250	1500	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3870M	3,0	26	0,5	12	10		1000	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть
IR3876M	3,0	21	0,5	12	12		1000	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть		Есть

преобразователей, а не их конкретный класс. Однако многие производители выделяют из своей продукции линейки устройств, максимально соответствующие требованиям данных приложений.

Компания International Rectifier предлагает следующие компоненты для построения преобразователей PoL:

- Интегрированные модули для DC/DC-конверторов семейства iPowIR;
- Микросхемы импульсных синхронных понижающих DC/DC-преобразователей со встроенным ключом семейства SupIRBuck;
- Микросхемы импульсных синхронных ШИМ-контроллеров (для построения DC/DC-преобразователей с внешним ключом).

В статье [1] уже рассматривались микросхемы семейства SupIRBuck, поэтому имеет смысл уделить внимание новинкам компании IR в этом классе электронных приборов – микросхемам поколения Gen2, которые были анонсированы в текущем году.

В таблице 1 представлены микросхемы этого семейства. Причем серии

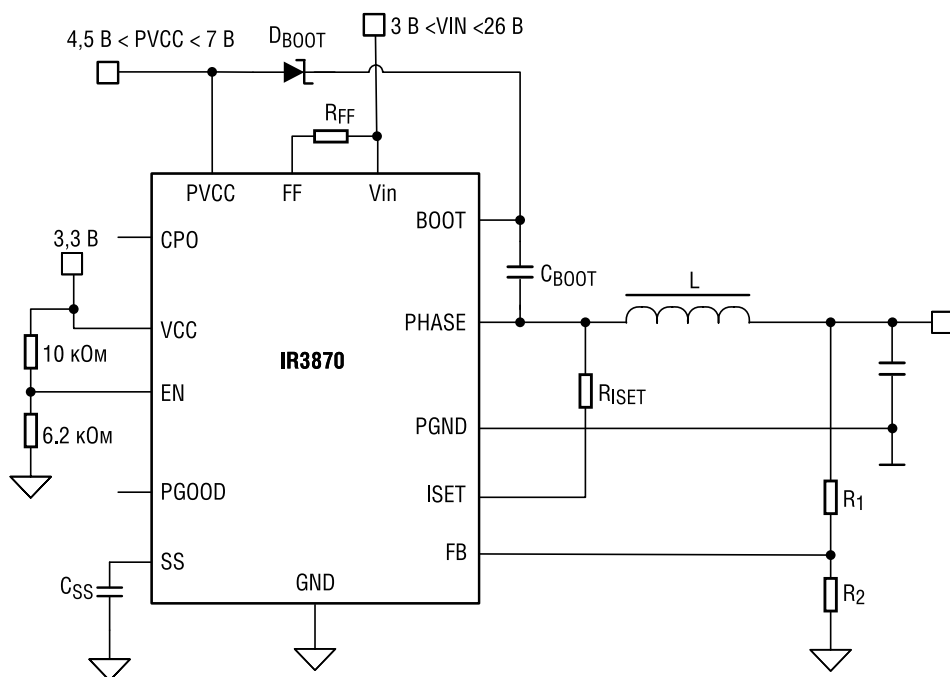


Рис. 2. Схема подключения IR3870M

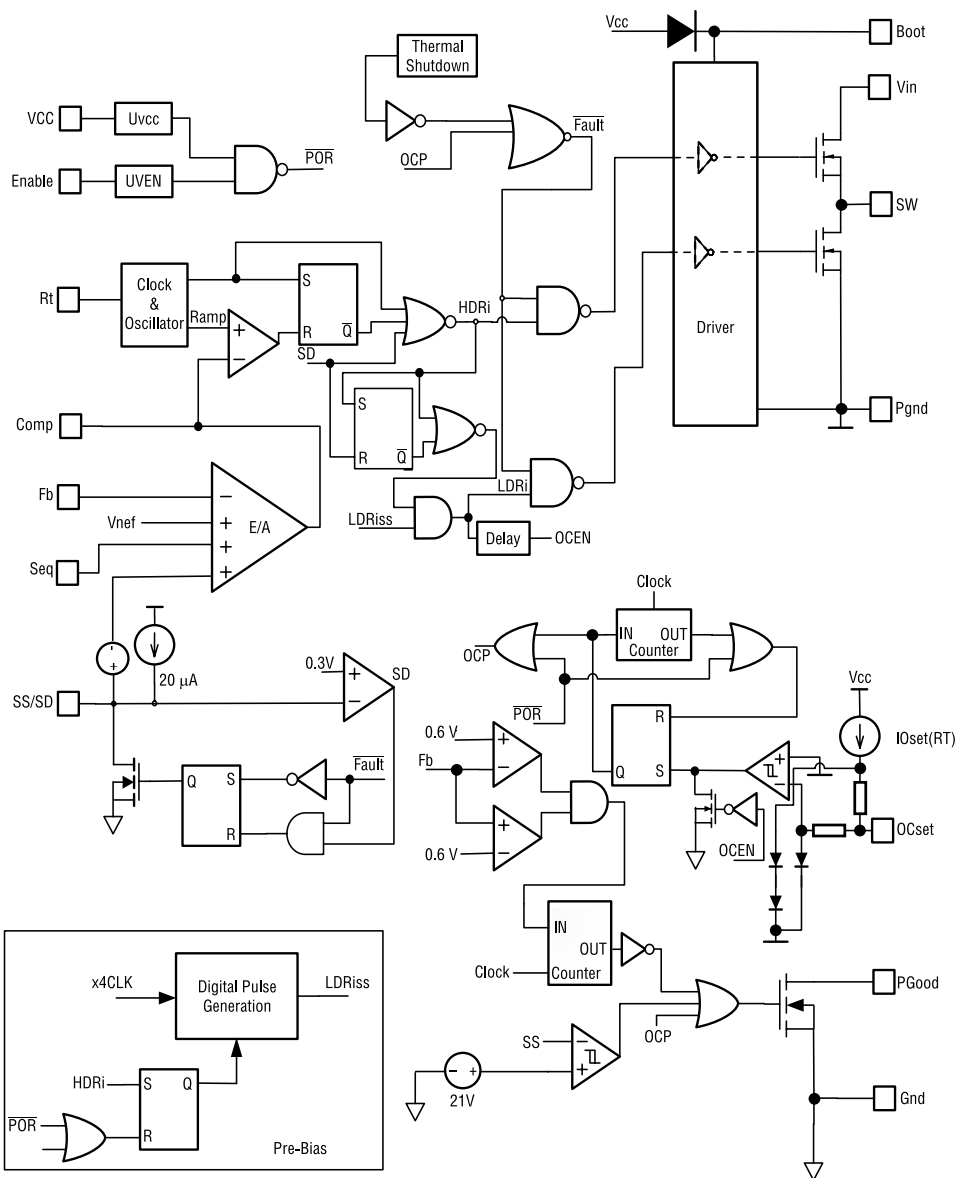


Рис. 3. Блок-диаграмма IR3840AM

IR380x, IR381x и IR382x относятся к первому поколению преобразователей SupIRBuck (поколение Gen1), а семейства **IR383x, IR384x и IR387x** — к Gen2.

Все рассматриваемые микросхемы имеют средства защиты (блокировки) при превышении максимально допустимого тока в нагрузке (OCP) и при перегревании кристалла (OTP). Кроме того, в них реализована функция плавного старта (*Soft Start*) с возможностью задания его продолжительности, а также возможность монотонного запуска в условиях предварительно-смещенной нагрузки (*Pre-Bias*).

Помимо этого, в микросхемах IR381x и IR383x реализована дополнительная функция следящего управления выходным напряжением (*Tracking*), а в микросхемах IR382x, IR383x и IR384x — функция мониторинга выходного напряжения (*PGood*). Микросхемы IR383x и IR384x имеют также вход разрешения работы микросхемы (*En*).

Микросхемы IR383x следует рассматривать как дальнейшее развитие IR381x, а микросхемы IR384x — как дальнейшее развитие IR382x. Рассмотрим основные различия микросхем поколения Gen2 от микросхем поколения Gen1:

- Минимальное входное напряжение снижено до 1,5 В. Однако максимальное входное напряжение (за исключением изделий с суффиксом AM) также снижено с 21 до 16 В. Тем не менее, более высокий коэффициент заполнения рабочего цикла позволил расширить диапазон выходного напряжения с 12 до 14,5 В. Как и изделия первого поколения, микросхемы Gen2 являются преобразователями с регулируемым выходным напряжением — значение выходного напряжения определяется резистивным делителем в цепи обратной связи.

- Микросхемы первого поколения имели фиксированную частоту коммутации (300 кГц у микросхем с суффик-

сом AM и 600 кГц — у микросхем с суффиксом M). В микросхемах второго поколения частота коммутации регулируется в пределах 250...1500 кГц (у микросхем AM несколько меньше). Большая частота коммутации дает возможность применять катушки индуктивности и конденсаторы меньших номиналов и, соответственно, меньших габаритов, что позволяет снизить площадь, занимаемую преобразователем на печатной плате.

- При прочих равных условиях коэффициент полезного действия в микросхемах второго поколения увеличен на 2...5%, а потери мощности снижены примерно на 30%. Это снижает нагрев корпуса микросхемы и позволяет упростить решения по отводу тепла с платы.

- Бутстрепный диод интегрирован в корпус микросхемы (в отличие от конверторов первого поколения), что уменьшает число внешних компонентов, упрощает схему и, как следствие, минимизирует площадь на печатной плате.

- Расширены функциональные возможности. Практически все микросхемы второго поколения имеют дополнительные входы Enable и Sequence, что позволяет строить системы электропитания со сложной циклограммой включения (выключения).

Рассмотрим отличия микросхем с различными суффиксами. Микросхемы **IR38xxAM** являются изделиями с повышенным максимальным входным напряжением и более высоким максимальным током нагрузки (по сравнению с аналогичными микросхемами **IR38xxM** и **IR38xxWM**). Максимальная частота коммутации (как уже отмечалось) несколько ниже, чем у остальных изделий. Микросхемы IR38xxM и IR38xxWM являются базовыми изделиями. Обладая функциональными возможностями, аналогичными IR38xxAM, они рассчитаны на меньшие токи нагрузки и меньший диапазон входных напряжений, но имеют более высокую частоту коммутации. Различия между микросхемами IR38xxM и IR38xxWM — в значении ряда электрических параметров (при прочих равных условиях потери мощности в IR38xxWM несколько ниже).

Микросхемы **IR3843AM** и **IR3843WM** прототипов в первом поколении не имеют. Они дополняют линейку преобразователей SupIRBuck в части микросхем с относительно небольшими токами нагрузки, повышая коэффициент полезного действия и снижая потери мощности по сравнению с другими микросхемами в аналогичных условиях.

Микросхемы **IR3870M** (рис. 2) и **IR3876M** также не имеют прототипов в изделиях поколения Gen1. Данные микросхемы предназначены для работы в более широком диапазоне вход-

ных напряжений с большими токами в нагрузке.

Рассмотрим более подробно внутреннюю схему и функциональное оснащение микросхем IR383x, IR384x, IR387x на примере устройства **IR3840A** (рис. 3). Микросхема использует схему ШИМ-контроллера с управлением по напряжению для обеспечения помехоустойчивости и облегчения выбора номиналов внешних индуктивностей и конденсаторов. В качестве токосъемного резистора устройство использует сопротивление открытого канала нижнего транзистора, что позволяет повысить КПД преобразователя и уменьшить число внешних элементов обвязки микросхемы. Также IR3840A содержит два MOSFET-транзистора, выполненных по технологии HEXFET с низким значением сопротивления открытого канала.

Плавный старт (Soft Start)

IR3840A имеет регулируемый режим плавного старта для контроля скорости нарастания выходного напряжения и ограничения пускового тока во время старта. Последовательность плавного старта запускается после того, как значения напряжений на выводах Vcc и Enable превышают свои пороговые значения и генерируют сигнал POR (*Power On Ready*).

Управление включением/отключением (Shutdown)

IR3840A может быть принудительно выключен, если подать напряжение ниже 1 В на вывод Enable или ниже 0,3 В на вывод SS. Режим Shutdown включает верхний и нижний драйверы.

Защита от перегрузки по току (OCP)

Значение тока нагрузки определяется падением напряжения на сопротивлении открытого канала нижнего транзистора. Порог срабатывания защиты по току задается значением внешнего резистора, подключенного между выводом OCset и SW. Через этот резистор течет ток внутреннего источника тока (IOCset). Когда нижний транзистор включен, и через него течет ток нагрузки IL, напряжение на выводе OCset будет равно:

$$V_{OCset} = (I_{OCset} \times R_{OCset}) - (R_{DS(on)} \times I_L)$$

IR3840A определяет режим перегрузки по току, когда напряжение VOCset падает ниже значения 0 В.

Защита от перегрева (OTP)

Защита от перегрева реализована внутри микросхемы. Типовое значение

верхней границы температуры равно 140°C. При достижении температурой этого порога, внутренняя схема выключает оба транзистора понижающего преобразователя и разряжает внешний конденсатор, подключенный к выводу SS. Микросхема автоматически перезапускается после того, как температура станет на 20°C ниже уровня срабатывания.


Мониторинг выходного напряжения (PGOOD)

IR3840A непрерывно контролирует напряжение на выводе Fb. Это напряжение подается на компаратор с верхним и нижним уровнем срабатывания равными 0,805 и 0,595 В, соответственно. В результате, напряжение на выводе PGood установлено, когда напряжение на выводе Fb находится между этими значениями. Вывод PGood – вывод с открытым коллектором, поэтому его необходимо дополнительно подтягивать к питанию.

Запуск в условиях предварительно-смещенной нагрузки (Pre-Bias)

Синхронный выпрямитель работает в противофазе коммутатору, и при подаче питания он шунтирует остаточное напряжение на нагрузке через дроссель выходного LC-фильтра. Поэтому выходное напряжение будет иметь рывки. Чтобы этого не допустить, осуществляется блокировка работы синхронного выпрямителя до включения в работу коммутатора. Это происходит с учетом временной диаграммы плавного старта.

Заключение

Импульсные DC/DC-преобразователи SupIRBuck являются одним из наиболее динамично развивающихся направлений в номенклатуре компании IR – первые микросхемы этого семейства были анонсированы в ноябре 2007 года, а в настоящее время линейка этих преобразователей насчитывает 30 изделий (в том числе 15 микросхем второго поколения, выпущенных на рынок в течение последнего года). Необходимо отметить, что помимо микросхем компания IR предлагает широкий спектр демонстрационных плат, способствующих ускорению освоения конкретной модели преобразователя и определенной области их применения. 

Первый GaN силовой модуль
0,6...5,5 В, 30 А, 3 МГц от IR

Компания **International Rectifier** объявила о серийном выпуске силовых модулей **IP2010** и **IP2011**, предназначенных для универсальных высокоэффективных многофазных синхронных понижающих преобразователей. Каждый мини-блок выполнен в корпусе LGA размерами 7,7x6,5 мм по технологии многокристального корпусирования на базе новой платформы GaNPower и содержит все необходимые элементы (силовые транзисторы, драйвер и пассивные компоненты) для построения одной фазы многофазных конвертеров. Новая платформа стала результатом опытно-конструкторских работ компании IR в течение последних пяти лет по созданию эпитаксиальных технологий GaN-on-Si. Преимуществами реализации преобразователей на базе IP20xx являются низкое выходное напряжение, программируемая частота переключения, возможность параллельного подключения, высокий КПД, а также широкая область безопасной работы. Областью применения данных силовых модулей являются понижающие преобразователи для питания центральных процессоров в серверах и рабочих станциях, сетевое оборудование хранения и обработки данных, маршрутизаторы и коммутаторы. Мини-модули **IP201x** имеют частоту переключения до 5 МГц, что более чем в два раза больше частоты переключения обычных кремниевых приборов. Таким образом, это позволяет разработчикам существенным образом уменьшить габариты конденсаторов и дросселей на выходе. Эти приборы также можно настроить на меньшую частоту для схем, где требуется получить максимально возможный КПД. IP2010 имеет напряжение на входе 7...13,2 В и на выходе – 0,6...5,5 В при выходном токе до 30 А и частоте переключения 250...3000 кГц. IP2011 имеет те же самые входные и выходные напряжения, но может работать на частоте от 250 кГц до 5 МГц при выходном токе до 20 А. Приборы имеют очень малые потери мощности и двустороннее охлаждение.

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