



Константин Староверов

POL-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ SUPIRBUCK

В статье дается обзор особенностей нового семейства **POL-преобразователей SupIRBuck** компании **International Rectifier**, ориентированного на системы с распределенной архитектурой электропитания, нуждающиеся в повышении плотности мощности.

Преобразователи POL являются окончательным каскадом архитектур распределенного электропитания. Они предназначены для преобразования промежуточного напряжения в стабилизированное напряжение в непосредственной близости с нагрузкой (отсюда происходит их название: POL — point-of-load, т.е. локализованный к нагрузке преобразователь). Архитектуры распределенного электропитания, ввиду более высокой эффективности и надежности, широко используются в высокопроизводительном серверном, телекоммуникационном и промышленном оборудовании, где имеется множество распределенных низковольтных (менее 3,3 В) и при этом силовоточных (единицы-десятки ампер) нагрузок. Примерами таких нагрузок являются высокопроизводительные микропроцессоры, сетевые и графические процессоры, СБИС FPGA, модули хранения данных и др. Основной задачей при проектировании каскадов POL-преобразователей для современных применений является повышение плотности мощности каскадов электропитания. Это

связано с непрерывным ужесточением требований к экономичности оборудования и габаритным размерам. Существенно упростить проектирование таких преобразователей поможет семейство **SupIRBuck** (табл. 1), представленное компанией International Rectifier в конце прошлого года и дополненное новыми представителями (выделены красным цветом) в мае этого года.

Как следует из таблицы 1, преобразователи характеризуются идентичными конструкциями, защитными функциями, а также диапазонами входного и выходного напряжений, а различаются нагрузочной способностью (4...12 А) и частотой преобразования (300 или 600 кГц). Кроме этого, преобразователи отличаются поддержкой вспомогательных функций (PGOOD, TRACKING). По этому признаку их можно разделить на три подсемейства: **IR380x** (без вспомогательных функций), **IR381x** (с функцией TRACKING) и **IR382x** (с функцией PGOOD).

Функция TRACKING дает возможность внешней схеме управлять выходным напряжением преобразователя и может потребоваться для следящего управления или для организации цифрового управления выходным напряжением.

В свою очередь, функция PGOOD позволяет внешней схеме контролировать состояние преобразователя, определяя, достигнуто его выходное напряжение установившегося значения или нет. Этот сигнал может быть опрошен системным микроконтроллером для мониторинга состояния каскадов электропитания или же задействован автономно для очередного запуска нескольких POL-преобразователей. Для этого необходимо соединить выход PGOOD ведущего преобразователя

связано с непрерывным ужесточением требований к экономичности оборудования и габаритным размерам. Существенно упростить проектирование таких преобразователей поможет семейство **SupIRBuck** (табл. 1), представленное компанией International Rectifier в конце прошлого года и дополненное новыми представителями (выделены красным цветом) в мае этого года.

Как следует из таблицы 1, преобразователи характеризуются идентичными конструкциями, защитными функциями, а также диапазонами входного и выходного напряжений, а различаются нагрузочной способностью (4...12 А) и частотой преобразования (300 или 600 кГц). Кроме этого, преобразователи отличаются поддержкой вспомогательных функций (PGOOD, TRACKING). По этому признаку их можно разделить на три подсемейства: **IR380x** (без вспомогательных функций), **IR381x** (с функцией TRACKING) и **IR382x** (с функцией PGOOD).

Функция TRACKING дает возможность внешней схеме управлять выходным напряжением преобразователя и может потребоваться для следящего управления или для организации цифрового управления выходным напряжением.

В свою очередь, функция PGOOD позволяет внешней схеме контролировать состояние преобразователя, определяя, достигнуто его выходное напряжение установившегося значения или нет. Этот сигнал может быть опрошен системным микроконтроллером для мониторинга состояния каскадов электропитания или же задействован автономно для очередного запуска нескольких POL-преобразователей. Для этого необходимо соединить выход PGOOD ведущего преобразователя

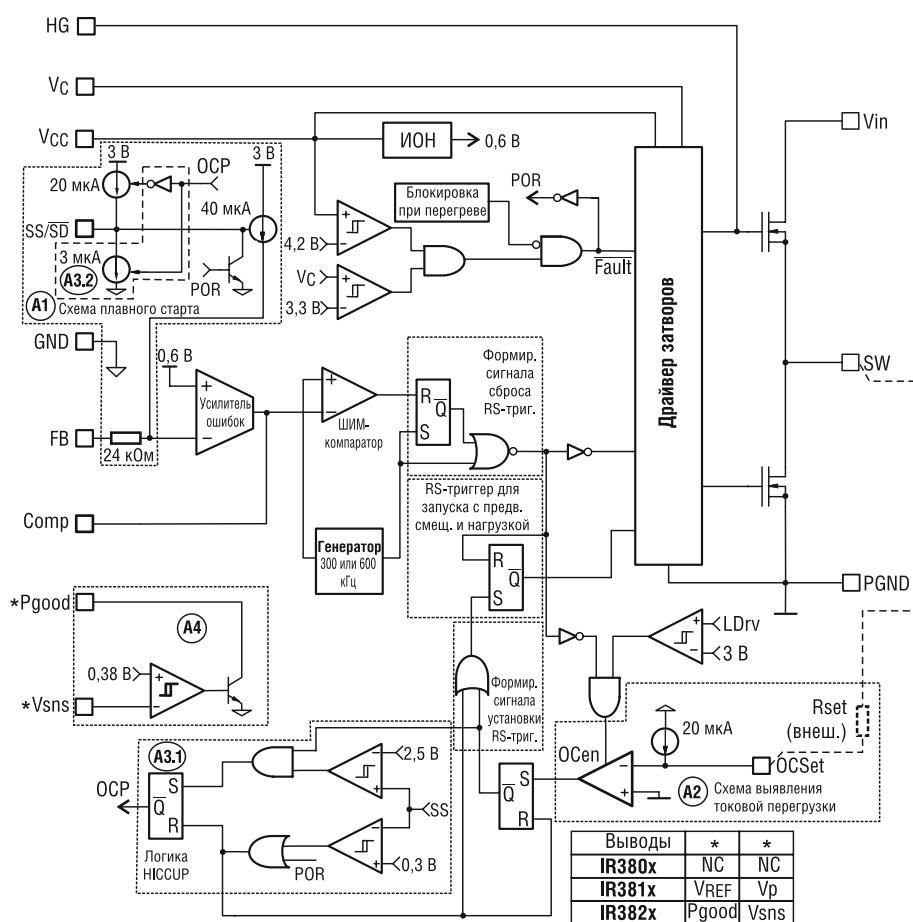


Рис. 1. Архитектура преобразователей SupIRBuck

Таблица 1. Семейство POL-преобразователей SupIRBuck компании International Rectifier

Наименование	Входное напряжение V_{IN} , В	Выходное напряжение V_{OUT} , В	Максимальный ток нагрузки $I_{L(max)}$, А	Частота коммутации F_{sw} , кГц	Корпус, мм	Функции			
						OSP	OTP	PGOOD	TRACKING
IR3812MPBF	2,5...21	0,6...12	4	600	QFN (5x6)	+	+		+
IR3822MPBF			4	600		+	+	+	
IR3802MPBF			4	600		+	+		
IR3822AMPBF			6	300		+	+	+	
IR3802AMPBF			6	300		+	+		
IR3811MPBF			7	600		+	+		+
IR3821MPBF			7	600		+	+	+	
IR3801MPBF			7	600		+	+		
IR3821AMPBF			9	300		+	+	+	
IR3801AMPBF			9	300		+	+		
IR3810MPBF			12	600		+	+		+
IR3820MPBF			12	600		+	+	+	
IR3800MPBF			12	600		+	+		
IR3820AMPBF			14	300		+	+	+	
IR3800AMPBF			14	300		+	+		

ля (включается в работу первым) с входом управления включением/отключением ведомого преобразователя.

Помимо отличий, преобразователи имеют несколько общих особенностей, в т.ч.:

- программируемый порог срабатывания защиты от токовой перегрузки;
- логику работы токовой защиты с автоматической блокировкой и задержанной разблокировкой (HICCU), которая делает ничтожной рассеиваемую ИС мощность при образовании длительной токовой перегрузки на выходе;
- прецизионный источник опорного напряжения (ИОН) 0,6 В;
- функцию плавного старта с возможностью программирования его длительности подключением внешнего конденсатора к комбинированному входу управления включением/отключением и плавным стартом (SS/SD);
- возможность монотонного запуска в условиях предварительно смещенной нагрузки;
- защиту от перегрева;
- корпус с улучшенными теплорассеивающими свойствами;
- совместимость с требованиями директивы RoHS.

С точки зрения архитектуры, POL-преобразователи SupIRBuck (см. рис. 1) представляют собой импульсные высокочастотные понижающие ШИМ-преобразователи напряжения с синхронным выпрямлением и управлением стаби-

лизацией с использованием одной обратной связи по напряжению. В них интегрированы все каскады, необходимые для реализации такого преобразователя, в т.ч. силовые МОП-транзисторы, выполненные по технологии HEXFET. Данные транзисторы, благодаря их отличным рабочим характеристикам, обеспечивают очень малые потери проводимости и коммутации. Например, сопротивление открытого канала выходных транзисторов 12-амперных преобразователей IR3800M составляет не более 8,7 мОм.

Выходное напряжение преобразователей задается резистивным делителем напряжения, включенного между выходным напряжением и входом обратной связи (FB). Пороговое напряжение на входе обратной связи равно 0,6 В. Разброс этого напряжения не превышает 1,5% при температуре перехода (T_j) в пределах 0...105°C и 2% при температуре -40...105°C.

Запуск в условиях предварительно-смещенной нагрузки

В применениях, где во время подачи питания нагрузка может находиться под некоторым остаточным напряжением, важно сохранить монотонность нарастания напряжения. Если не предпринять специальных мер, то синхронный выпрямитель понижающего преобразователя может нарушить данное требование. Работа синхронного выпрямителя

противофазна коммутатору, поэтому при подаче питания он будет шунтировать остаточное напряжение на нагрузку через дроссель выходного LC-фильтра. Вследствие этого выходное напряжение будет иметь рывки, что недопустимо. У преобразователей SupIRBuck эта проблема решается блокировкой работы синхронного выпрямителя до момента включения в работу коммутатора, что, в свою очередь, происходит с учетом временной диаграммы схемы плавного старта.

Блокировка при перегреве

Для защиты преобразователей SupIRBuck от перегрева в них интегрирована схема защиты, которая срабатывает при температуре кристалла более 140°C (типичное значение), при этом блокируются оба выходных МОП-транзистора. Разблокировка происходит автоматически при снижении температуры ниже 120°C (гистерезис 20°C).

Управление включением/отключением

ИС SupIRBuck имеют возможность дистанционного управления включением/отключением через вход программирования длительности плавного старта. ИС переходит в отключенное состояние, если напряжение на этом входе станет менее 0,3 В. Чтобы выполнить данное требование, к этому входу достаточно подключить внешний малосигнальный транзистор. После его отпириания ИС пе-

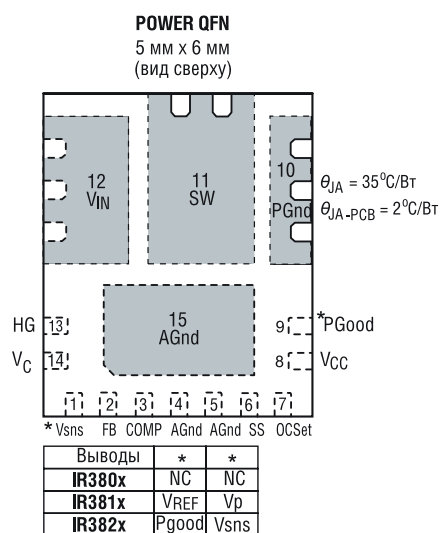


Рис. 2. Расположение выводов

рейдет в отключенное состояние, когда отключены оба выходных МОП-транзистора, а после записания начнется заряд конденсатора плавного старта.

Плавный старт

Для управления нарастанием выходного напряжения и ограничения пусковых токов в преобразователе SupIRBuck интегрирована схема плавного старта. Последовательность плавного старта инициируется при условии превышения напряжениями Vcc (питание внутренней схемы и драйвера нижнего уровня) и Vc (питание драйвера верхнего уровня) пороговых уровней и генерации сигнала сброса при подаче питания (POR). Длительность плавного старта задается с помощью внешнего конденсатора, подключенного к выводу SS/SD, который заряжается встроенным в ИС источником тока 20 мкА до напряжения порядка 3 В. Напряжение на этом выводе управляет еще одним встроенным источником тока, соединенным с инвертирующим входом усилителя сигнала отклонения по напряжению (см. блок A1 на рисунке 1). Величина тока этого источника тока изменяется обратно-пропорционально напряжению на выводе плавного старта. Таким образом сразу после подачи питания ток максимален и составляет порядка 40 мкА. Протекая через резистор, включенный между выводом FB и инвертирующим входом усилителя отклонения (24 кОм), данный ток создает падение напряже-

ния около 1 В (при токе 40 мкА). А поскольку пороговое напряжение в цепи обратной связи равно 0,6 В, то данное падение напряжения приведет к блокировке ШИМ-преобразователя. По мере нарастания напряжения на выводе SS/SD ток источника тока будет снижаться, а следовательно, будет снижаться и напряжение на инвертирующем входе усилителя. Когда напряжение на конденсаторе плавного старта достигнет приблизительно 1 В, напряжение на инвертирующем входе достигнет порядка 0,6 В, напряжение на выходе усилителя начнет нарастать и вступит в работу ШИМ-преобразователь. Дальнейший рост напряжения на конденсаторе плавного старта будет все так же влиять на снижение тока источника тока и падение напряжения на резисторе, давая возможность плавно нарастать выходному напряжению. Когда напряжение на конденсаторе достигнет примерно 2 В, источник тока прекратит работу, а выходное напряжение к этому времени достигнет своего установившегося значения. Таким образом, плавный старт можно разделить на две фазы:

- фаза задержки, когда напряжение на конденсаторе плавного старта изменяется от 0 до 1 В;
- фаза нарастания выходного напряжения, когда напряжение на конденсаторе плавного старта изменяется от 1 до 2 В.

Длительность каждой из этих фаз (мс) равна отношению емкости конденсатора плавного старта (нФ) к току его заряда (20 мкА). Или наоборот, если задана длительность плавного старта, то емкость конденсатора должна быть не менее произведения заданной длительности (мс) на ток заряда (20 мкА).

Защита от токовой перегрузки

У преобразователей SupIRBuck применено оригинальное схемное решение защиты от токовой перегрузки (см. блок A2 на рисунке 1). Здесь в качестве токоизмерительного резистора используется канал МОП-транзистора синхронного выпрямителя. Такое решение позволяет, с одной стороны, уменьшить потери мощности, а, следовательно, улучшить КПД

преобразователя, и, с другой стороны, снизить себестоимость конечного решения за счет исключения из схемы токоизмерительного резистора.

Схема выявления токовой перегрузки работает следующим образом. Сигнал перегрузки формирует нуль-компаратор. Это происходит в случае, когда падение напряжения на нижнем МОП-транзисторе станет больше падения напряжения на токозадающем резисторе R_{SET} , через который протекает ток внутреннего источника тока 20 мкА. Таким образом, уставку по току (I_{SET}) можно рассчитать следующим образом:

$$I_{SET} (A) = R_{SET} (k\Omega) \times 20 (mA) / R_{DS(on)} (m\Omega)$$

Необходимо обратить внимание, что такая токовая защита не является прецизионной и имеет предохранительное значение. В документации рекомендуется принимать величину с 1,5-кратным запасом относительно максимального тока нагрузки плюс половину пульсаций тока через дроссель выходного LC-фильтра. Подробную методику расчета можно найти в документации на выбранный преобразователь.

Выше уже упоминалось, что логикой токовой защиты подразумевается блокировка при выявлении перегруза и попытка разблокировки по истечении некоторого времени. Такая логика носит название HICCUP («икание») и является «золотой» серединой между аналоговыми ограничителями тока, которым, даже с учетом загиба рабочей характеристики (FOLDBACK), свойственна большая рассеиваемая мощность, и невозможности отсечки по току.

Элементы логики HICCUP на рисунке 1 выделены в блок A3. Она реализуется путем заряда и разряда конденсатора плавного старта с различной интенсивностью (20 мкА и 3 мкА, соответственно). Управляет переключением заряд/разряд специальный RS-триггер. Разряд активизируется, если выявлена токовая перегрузка, и при этом напряжение на конденсаторе плавного старта больше 2,5 В (т.е. в момент выявления перегрузки плавный старт был завершен). По мере снижения напряжения

на конденсаторе плавного старта будет также снижаться выходное напряжение, а следовательно, и ограничиваться выходной ток вплоть до нуля, когда напряжение на конденсаторе станет менее 1 В. После сброса RS-триггера, когда напряжение на конденсаторе плавного старта станет менее 0,3 В, вступит в действие зарядный источник тока 20 мкА и начнется последовательность плавного старта. Если по ее окончании перегрузка все также будет иметь место, начнется новый цикл разряд-заряд до тех пор, пока не будет устранена причина перегрузки.

Функция мониторинга выходного напряжения (PGOOD)

Преобразователи подсемейства IR382x оснащены схемой мониторинга напряжения (блок A4 на рисунке 1). Она выполнена на основе компаратора с гистерезисной передаточной характеристикой, источника опорного напряжения 0,38 В и выходного транзистора, образующего выход с открытым коллектором PGOOD. Данный выход переходит в низкое состояние, если напряжение на инвертирующем входе компаратора (вывод V_{SNS}) станет меньше порогового значения. В противном случае, выход PGOOD будет находиться в высокоимпедансном состоянии, сигнализируя о корректности уровня выходного напряжения.

Функция PGOOD может использоваться для организации упорядоченного запуска нескольких преобразователей, для мониторинга системным микроконтроллером состояния каскадов электропитания, а также в качестве супервизора питания, воздействующего на вход сброса или внешнего прерывания микроконтроллера.

Функция следящего управления выходным напряжением (TRACKING)

Следящее управление напряжением необходимо при разработке источника питания модулей синхронной динамической памяти DDR, которые требуют, чтобы их терминационное напряжение VTT составляло ровно половину от основного напряжения питания VDDQ. Для этих целей прекрасно

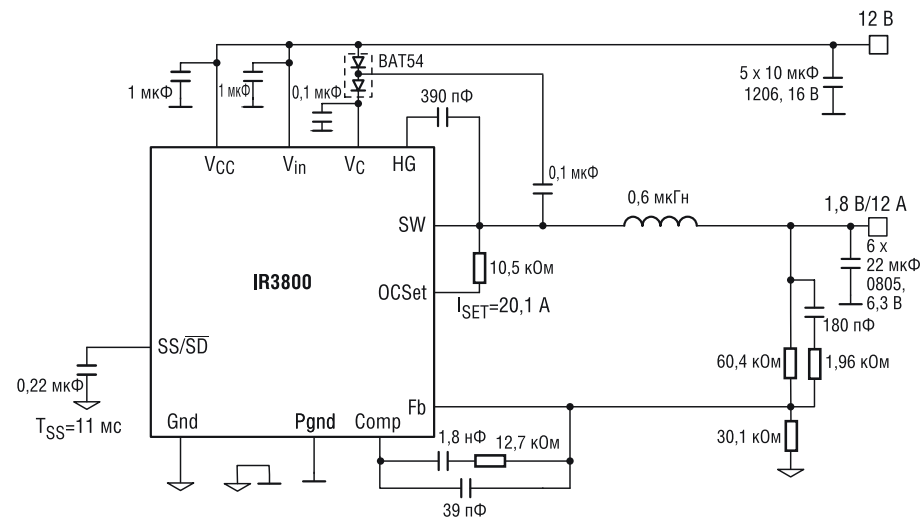


Рис. 3. Типичное применение преобразователя IR3800

подходят преобразователи **IR381x**. От остальных преобразователей SupIRBuck они отличаются тем, что их неинвертирующий вход усилителя отклонения отключен от встроенного ИОН и соединен с выводом VP. Опорное напряжение 0,6 В также выведено на отдельный вывод (V_{REF}). Таким образом, если данные выводы соединить вместе, то будет получен идентичный остальным SupIRBuck преобразователь. Если же вывод V_{REF} оставить неподключенным, а вход V_p через делитель напряжения соединить с отслеживаемым напряжением, то выходное напряжение преобразователя будет в точности, с учетом заданного делителем напряжения коэффициента пропорциональности, следовать за отслеживаемым напряжением.


Альтернативно функцию TRACKING можно использовать для создания преобразователя с цифровым управлением выходным напряжением (с помощью цифрового потенциометра или ЦАП).

Все преобразователи SupIRBuck поставляются в миниатюрном RoHS-совместимом корпусе POWER QFN. Этот корпус характеризуется отличной теплопроводностью (тепловое сопротивление переход — печатная плата составляет всего лишь 2°C/Вт), что позволяет рассеивать на нем до 4 Вт мощности (при условии соблюдения приведенных в документации требований к конструкции посадочного места). Расположение выводов преобразователей SupIRBuck показано на рисунке 2.

На типовой схеме включения **IR3800** (рисунок 3) можно отметить еще несколько особенностей преобразователей SupIRBuck:

- Емкостной преобразователь, питающий драйвер верхнего уровня, выполнен по схеме удвоителя напряжения. Это связано с тем, что для эффективного управления МОП-транзистором напряжение на его затворе должно быть не менее 4 В, а минимальное напряжение, с которым могут работать преобразователи, составляет всего лишь 2,5 В.

- Так как преобразователь выполнен по архитектуре с одной обратной связью по напряжению, то для снижения длительности переходных процессов и повышения точности стабилизации напряжения в схеме используются цепи компенсации: между выводом COMP и общей цепью, а также в делителе напряжения. Подробная методика расчета параметров цепей компенсации приводится в документации.

В заключение необходимо отметить, что рассмотренные компоненты на сайте производителя (www.irf.com) находятся в разделе интегральных схем «High Frequency Sync Buck Regulators», что означает высокочастотные понижающие стабилизаторы с синхронным выпрямлением. 

Ответственный за направление
в КОМПЭЛе — Людмила Горева

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