



Константин Староверов

ПОНИЖАЮЩИЕ DC/DC С ИНТЕГРИРОВАННЫМ КЛЮЧОМ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ

В статье пойдет речь о понижающих DC/DC-преобразователях со встроенным коммутатором, как наиболее широко используемых в устройствах промышленной автоматики для стабилизации напряжения питания. Широкий ассортимент таких интегральных схем выпускает компания Texas Instruments (TI).

Подчеркнуты преимущества изделий TI над конкурирующими изделиями.

Преобразователь DC/DC — со встроенным ключом представляет собой интегральную схему (ИС), в которую входит ШИМ-контроллер, контур стабилизации напряжения, драйвер транзисторного ключа и собственно транзисторный ключ (обычно полевой МОП-транзистор). Кроме того, у такой ИС могут поддерживаться такие возможности, как дистанционное включение/отключение, стабилизация выхода выходного напряжения из режима стабилизации (выход «POWER GOOD») и др.

Понижающие DC/DC-преобразователи, которые могут использоваться для локализованной к нагрузке стабилизации напряжения (Point of Load) компания TI выделила в отдельное семейство

SWIFT™. Проектирование на основе таких стабилизаторов существенно облегчается за счет использования бесплатного ПО SWIFT Designer.

Далее DC/DC-преобразователи будут рассмотрены в контексте их возможных применений в устройствах промышленной автоматики.

Понижающие DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения

Стабилизация изменяющегося в широких пределах напряжения является одной из самых распространенных задач, с которой сталкиваются разработчики устройств промышленной автоматики. Действительно, в таких применениях



Новые коммутаторы стандарта DisplayPort с преобразователями уровня HDMI/DVI

Компания Texas Instruments представила три компактных устройства для стандарта цифрового видеointерфейса DisplayPort, бесплатно распространяемого Ассоциацией стандартов видеоэлектроники (VESA). Эти микросхемы обеспечивают связь между персональными компьютерами и видеодисплеями. Обладая низким энергопотреблением, они обеспечивают скорость передачи данных до 2,7 Гбит/сек, что помогает согласовать скорости стандарта DisplayPort и мультимедийного интерфейса HDMI, обычно используемого для соединения настольных компьютеров, ноут-буков и dock-станций с DLP-проекторами, компьютерными мониторами и цифровыми телевизорами.

Устройства SN75DP122, SN75DP128 и SN75DP129 имеют один двухрежимный вход для сигнала DisplayPort и регулируемые выходы для соединения с широким набором устройств. Двойной режим означает способность графического процессора (GPU) передавать сигналы как стандарта DisplayPort, так и HDMI/DVI по сигнальной шине DisplayPort, одновременно поддерживая необходимые сигналы управления.

Преобразователь SN75DP129 имеет один двухрежимный вход DisplayPort и один выход дифференциального сигнала TMDS. Эта возможность позволяет пользователю подключать компьютер с выходом DisplayPort к мониторам, оснащенным DVI-входами. SN75DP128 — высококачественный коммутатор с одним входом DisplayPort и одним или двумя выходами DisplayPort. Это устройство может использоваться при соединении с dock-станциями. SN75DP122 имеет один вход DisplayPort в сочетании с выходом DisplayPort или выходом TMDS с преобразованием уровня, что обеспечивает гибкое соединение с монитором или телевизором.

Устройства SN75DP122 и SN75DP128 выпускаются в корпусе QFN с 56 выводами, SN75DP129 — в корпусе QFN с 36 выводами.

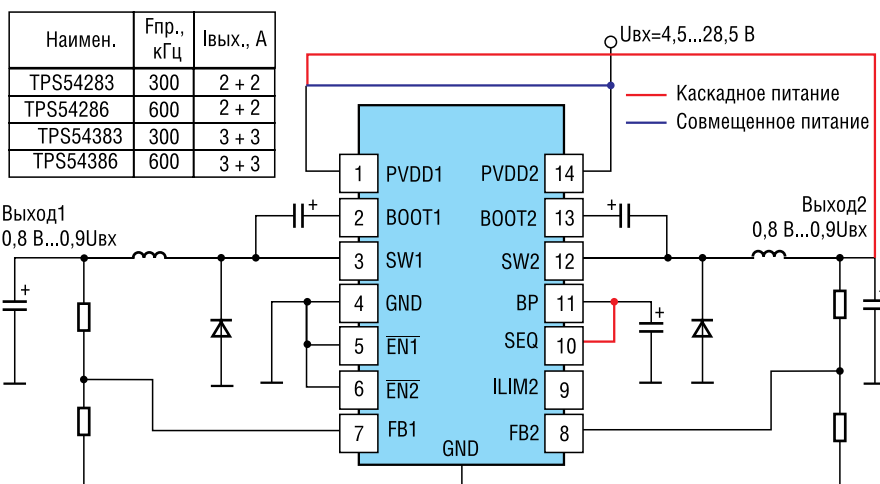


Рис. 1. Укрупненная схема включения двухканальных DC/DC-преобразователей TPS54x8x

Таблица 1. Понижающие DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Макс. ток нагрузки, А	Фпр., кГц	Корпус
TL2575/HV-xx	4,75...40 (60)	3,3/5/12/15 1,23...37 (57)	1	52	5/TO-263
TPS5410	5,5...36	1,23...31	1	500	8/SOIC
TPS5420	5,5...36	1,23...31	2	500	8/SOIC
TPS5430	5,5...36	1,23...31	3	500	8/SOIC
TPS5450	5,5...36	1,22...31	5	500	8/SOIC
TPS5435x	4,5 (6,3)...20	1,2/1,5/1,8/2,5/3,3/(5) 0,9...12,36	3	700	16/HTSSOP
TPS54283/6 TPS54383/6	4,5...28	2 x 0,8...25,2	2 + 2 3 + 3	300/600	14/HTSSOP
TPS54550	4,5...20	0,9...12	6	700	16/HTSSOP
TPS6211x	3,1...17	3,3/5 1,2...16	1,5	1000	16/QFN

Таблица 2. Режимы формирования выходных напряжений

Подключение вывода SEQ	Режим формирования выходных напряжений	Вывод EN1	Вывод EN2
BP	Последовательный: вначале выход 2, а затем 1	Активен только если разрешена работа 2-ого канала (через вывод EN2).	Активен
GND	Последовательный: вначале выход 1, а затем 2	Активен	Активен только если разрешена работа 1-ого канала (через вывод EN1).
не подключен	Независимый или одновременный	Для одновременности выхода на режим стабилизации выходы EN1 и EN2 нужно соединить вместе	

обычно доступно либо переменное напряжение 18/24/36 В, либо постоянное 5/12 В – 24/48 В, в т.ч. напряжения батарейных источников питания. Понижение этих напряжений с помощью линейных стабилизаторов, которым свойственна максимальная простота схемы включения и низкая стоимость, ограничено токами нагрузками до 100 мА или связано с необходимостью использования громоздкого и дорогостоящего теплоотвода. Таким образом, при более высоких токах нагрузки применение импульсных стабилизаторов является более оправданным.

Ассортимент преобразователей с широким входным диапазоном представлен в табл. 1 (новинки выделены красным цветом). Там же приведена информация о ближайших аналогах и преимуществах предложения TI. Информация по, вероятно, наиболее привлекательному для разработчиков семейству стабилизаторов TPS54x0, который при размещении в миниатюрном 8-выводном корпусе SOIC характеризуется верхней границей входного диапазона 36 В и большим выходным током 1...5 А, уже публиковалась на страницах журнала [1], поэтому здесь более подроб-

но остановимся на следующем (по верхней границе входного диапазона) преобразователе, а точнее семействе двухканальных преобразователей TPS54x83/6. Благодаря широкому входному диапазону и возможности регулировки выходного напряжения от 0,8 В, данные стабилизаторы могут использоваться в различных применениях, например:

- преобразование напряжения 24 В в 12 В для питания устройств сопряжения и 5 В для питания микроконтроллера;
- преобразование напряжения 12 В в 5 В и 3,3 В в микропроцес-

Таблица 1. Понижающие DC/DC-преобразователи с широким диапазоном входного напряжения (окончание)

Сравнение с конкурирующими решениями		
Наименование	Производитель	Преимущества TI
LM2575/HV	NSC	Совместимая по расположению выводов замена
LM2675	NSC	Повышенная частота преобразования (500 кГц)
L5970D	ST	Повышенная частота преобразования (500 кГц), пониженное собственное потребление
MIC4690	Micrel	Повышенный КПД (до 92%), более высокое макс. входное напряжение
L5973D	ST	Повышенная частота преобразования (500 кГц), пониженное собственное потребление
LM25005	NSC	Повышенный КПД (до 93%), более низкое входное напряжение
LM2676	NSC	Повышенная частота преобразования (500 кГц), улучшенные тепловые характеристики
LM2696	NSC	Повышенная частота преобразования (500 кГц), улучшенные тепловые характеристики
MIC4576	Micrel	Повышенная частота преобразования (500 кГц), улучшенный КПД (до 93%)
—	—	—
LT1765	LTC	Повышенный КПД (до 92%), улучшенный разброс (1%)
—	—	—
LM2677	NSC	Повышенная частота преобразования (700 кГц), более компактный корпус
LM2678	NSC	Повышенная частота преобразования (700 кГц), улучшенный КПД (>90%), более компактный корпус
LM2734	NSC	Повышенный КПД (до 95%), пониж. собственное потребление, экономичный режим работы
MIC2179	Micrel	Повышенная частота преобразования (1 МГц), более компактный корпус, экономичный режим работы

сорных системах со смешанным питанием;

- преобразование напряжения 5 В в 3,3 В и 1,2 В в цифровых системах с отдельным питанием логического ядра и интерфейсов ввода-вывода.

Подробные принципиальные электрические схемы для каждого из этих применений приводятся в документации [2], здесь же ограничимся упрощенной схемой включения (рис. 1). Благодаря внутренней установке частоты преобразования (Fпр), параметров плавного запуска и интегрированию схемы компенсации контура стабилизации напряжения, преобразователь достаточно прост в применении и требует минимально возможное число внешних компонентов. Кроме того, преобразование на достаточной большой частоте (300/600 кГц) позволит даже при работе с максимальным перепадом напряжения использовать дроссели индуктивностью менее 50 мкГн, что существенно удешевит 2...3-амперные каскады электропитания. Оба кана-

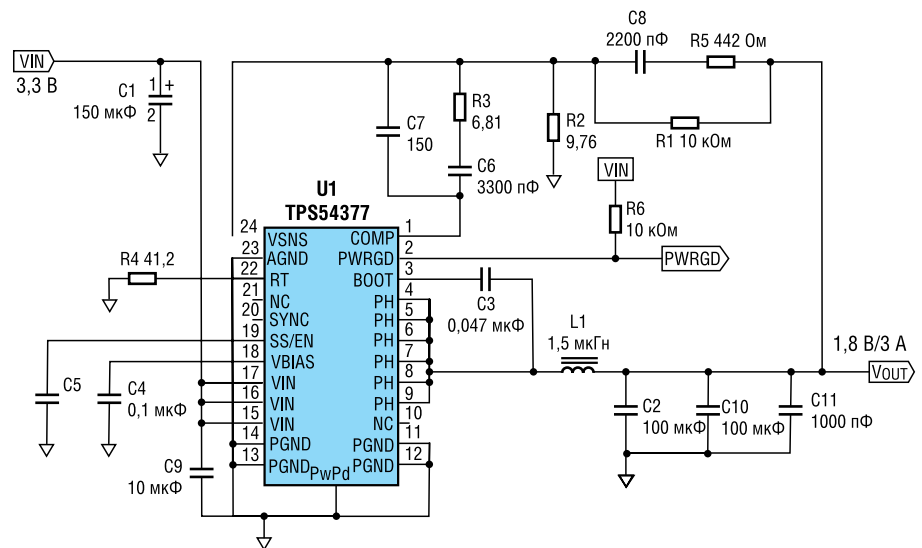


Рис. 2. Пример высоконадежного стабилизатора напряжения 1,8 В, питаемого от шины 3,3 В

ла оснащены защитой от токовой перегрузки, причем порог ее срабатывания в первом канале фиксированный (3 А и 4,5 А у 2- и 3-амперных версий, соответственно), а во втором — задается через вывод ILIM2: соответственно, 4,5 А и 1,5 А (ILIM2 соединен с BP), 3 А (ILIM2 оставлен неподключенным) и 1,5 А (ILIM2 соединен с GND). Особую гибкость данному преобразователю придает раздельное расположение входов питания каждого канала. Это делает возможным питать каждый канал разными напряжениями или организовать каскадное питание, когда выход одного преобразователя

членным) и 1,5 А (ILIM2 соединен с GND). Особую гибкость данному преобразователю придает раздельное расположение входов питания каждого канала. Это делает возможным питать каждый канал разными напряжениями или организовать каскадное питание, когда выход одного преобразователя

Таблица 3. Низковольтные понижающие DC/DC-преобразователи

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Макс. ток нагрузки, А	Фгр., кГц	Корпус	Особенности
TPS40222	4,5...8	0,8...0,9 V _{вх}	1,6	1250	6/SOP	Малый 6-выв. корпус (3x3 мм)
TPS54010	2,2...4	0,9...2,5	14	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54073	2,2...4	0,9...2,5	14	700	28/HTSSOP	Функция блокировки втекания тока во время запуска
TPS54110	3...6	0,9...4,5	1,5	700	20/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS5431x	3...6	0,9/1,2/1,5/1,8/2,5/3,3 0,9...3,3	3	700	20/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54317	3...6	0,9...3,3	3	1600	24/QFN	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54373	3...6	0,9...3,3	3	700	20/HTSSOP	Функция блокировки втекания тока во время запуска
TPS54377	3...6	0,9...3,3	3	1600	24/QFN	Функция блокировки втекания тока во время запуска
TPS54380	3...6	0,9...4,5	3	700	20/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения
TPS5461x	3...6	0,9/1,2/1,5/1,8/2,5/3,3 0,9...4,5	6	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель
TPS54672/3 TPS54872/3	3...6	0,2/0,9...4,5	6 8	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения/блокировки втекания тока во время запуска
TPS54680 TPS54880	3...6 4...6	0,9...4,5 0,9...3,3	6 8	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения при подаче/снятии питания
TPS54810 TPS54910	4...6 3...4	0,9...3,3 0,9...2,5	8 9	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель, разброс 1%
TPS54972/3	3...4	0,2/0,9...4,5	9	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения/блокировки втекания тока во время запуска
TPS54974	2,2...2,8	0,9...2,0	9	700	28/HTSSOP	Встроенный синхронный выпрямитель, разброс 1%
TPS54980	3...4	0,9...2,5	9	700	28/HTSSOP	Функция отслеживания напряжения
TPS6200x	2...5,5	0,9/1/1,2/1,5/1,8/1,9/ 2,5/3,3 0,9...5	0,6	1000	10/MSOP	КПД 95%
TPS6202x TPS6204x	2,5...6	3,3/0,7...6 1,5/1,6/1,8/3,3/0,7...6	0,6 1,2	1500	10/MSOP-PPAD, 10/SOP	КПД 95%, два выборочных режима работы: экономичный при малых токах нагрузки и режим с постоянной частотой преобразования
TPS6205x	2,7...10	1,5/1,8/3,3/0,7...6	0,8	1000	10/MSOP	Совместимость с большинством аккумуляторных батарей: 1...2 x Li-Ion, 3...5 x NiMH/NiCd
TPS6210x	2,5...9	0,8...8	0,5	600...2500	8/SOIC	Три режима работы: автоматический, отключение, постоянная частота преобразования
TPS6220x	2,5...6	0,7...6/1,2/1,5/1,6/ 1,8/1,875/2,5/3,3	0,3	1500	5/SOT-23	КПД 95%, миниатюрный корпус
TPS6222x	2,5...6	1,2/1,5/1,6/1,8/1,875/ 2,3 0,7...6	0,4	1850	5/SOT	КПД 95%, собств. потребление 15 мкА, миниатюрный корпус
TPS6224x TPS6226x TPS62270	2...6	0,6...6 1,2/1,8/2,5/0,6...6 0,6...6	0,3 0,6 0,4	2250	6/SOP	Миниатюрный корпус с размерами 2x2 мм

Таблица 3. Низковольтные понижающие DC/DC-преобразователи (Окончание)

Наименование	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Макс. ток нагрузки, А	Фрп., кГц	Корпус	Особенности
TPS6229x	2,3...6	1,8/3,3/0,6...6	1	2250	6/SON	Миниатюрный корпус с размерами 2x2 мм
TPS6230x TPS6231x	2,7...6	1,2/1,5/1,6/1,8/1,875 0,6...5,4	0,5	3000	10/SON, 8/DSBGA	Доступность в корпусах QFN и Chip-Scale
TPS6232x	2,7...6	0,6...5,4/1,5	0,5	3000	10/SON, 8/DSBGA	Доступность в корпусах QFN и Chip-Scale
TPS6235x	2,7...5,5	0,75...1,975	1	3000	12/DSBGA	Динамич. масштабирование напряжения через интерфейс I ² C
TPS6240x TPS62410 TPS62420	2,5...6	2 x 0,6...6	0,4 + 0,6 0,8 + 0,8 0,6 + 1	2250	10/SON	2 канала в миниатюрном корпусе, 1-пров. интерфейс EasyScale
TPS62510	1,8...3,8	0,6...3,8	1,5	1500	10/SON	КПД 97%, работа от очень малого входного напряжения
TPS62700	2,7...5,5	1,3...3,09	0,65	2000	8/DSBGA	Стабилизатор для РЧ усилителей мощности
TPS6502x	2,5...6	3 x 0,6...V _{вх}	1,2 + 1 + 0,8	1500	40/QFN	3xDC/DC-преобраз. + 3x LDO; I ² C интерфейс; динамич. масштабирование напряжения; для систем с питанием от Li-Ion
TPS6505x	2,5...6	0,6...2,5 + 0,6...2,5 3,3+1/1,3 0,6...2,5 + 1,3/1,05	0,6+0,6 1+0,6	2250	32/QFN	2xDC/DC-преобраз. + 4x LDO в корпусе с размерами 4 мм x 4 мм

питает вход другого. Однако при этом необходимо учитывать, что внутренний стабилизатор напряжения, питающий всю внутреннюю логику, в т.ч. схему блокировки при снижении напряжения (порог 4,1 В), получает питание с вывода PVDD2. Из этого вытекает требование для отдельного или каскадного питания: напряжение на входе PVDD2 должно быть выше напряжения на входе PVDD1. Также необходимо, чтобы до нарастания напряжения на PVDD1 напряжение на входе PVDD2 пресекло порог блокировки при снижении напряжения.

При построении каскада питания цифровых схем, требующих формирования напряжений питания в определенной последовательности, поможет функция программирования через вывод SEQ режимов формирования выходных напряжений: два последовательных и один отдельный или одновременный (см. табл. 2). При последовательном формировании напряжений задержка активизации «ведомого» канала составляет приблизительно 400 мкс относительно момента выхода в режим стабилизации «ведущего» канала. Если выбран независимый режим,

и выводы EN1 и EN2 соединены вместе, то формирование напряжений будет происходить с сохранением постоянства их соотношений. Благодаря этому достигается одномоментность выхода в режим стабилизации обоих каналов.

Низковольтные DC/DC-преобразователи для понижения напряжения шин +3,3 и +5,0 В

Такие преобразователи необходимы в устройствах, где используются низковольтные микропроцессоры, ЦПОС, программируемая логика, специализированные СБИС (ASIC) и/или синхронные динамические ОЗУ, и применяется архитектура распределенного питания от шин напряжением +3,3 В или +5,0 В. TI предлагает большой ассортимент преобразователей для таких применений (табл. 3). В него вошли преобразователи с входным диапазоном от 1,8 до 10 В, выходным током до 14 А, частотой преобразования до 3 МГц (многие поддерживают возможность ее регулировки), со встроенным синхронным выпрямителем (заменяет внешний диод Шоттки и улучшает КПД преобразования), с поддержкой специальных возможнос-

тей для многоканальных каскадов электропитания (управление последовательностью формирования напряжений или отслеживание напряжений), с цифровым интерфейсом управления (в т.ч. для динамического масштабирования напряжения, которое необходимо для оптимизации энергопотребления некоторых микропроцессоров) и др. Многим преобразователям свойственно сочетание высокого КПД преобразования (более 90%), малого собственного потребления (менее 20 мкА) и размещения в миниатюрных корпусах с улучшенным рассеиванием тепла. Такие особенности преобразователей позволяют использовать их для понижения напряжений литиево-ионных аккумуляторов и 3...5-элементных никель-кадмиевых и никель-металлогидридных аккумуляторных батарей. Однако для таких применений необходимо отдавать предпочтение преобразователям, поддерживающих 100%-ое заполнение импульсов, когда встроенный ключ полностью открыт. Это позволит максимально полно использовать энергию батарейного источника.

Ранее на страницах журнала [3] уже публиковалась информа-

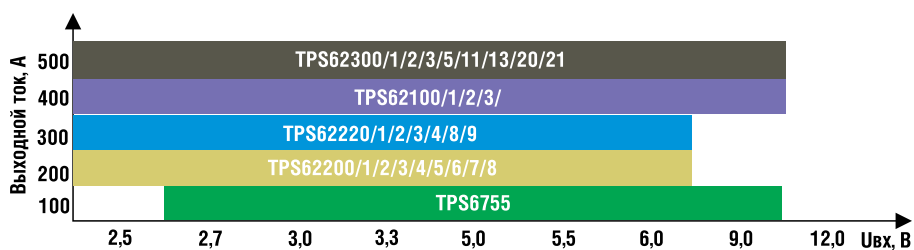


Рис. 3. Понижающие DC/DC-преобразователи для питания микроконтроллеров MSP430

ция по некоторым из представленных в табл. 3 преобразователям, в т.ч. TPS6220х, TPS623хх и TPS6240х, поэтому, здесь в качестве дополнения этой информации приводится пример построения стабилизатора напряжения 1,8 В, питаемый от шины 3,3 В (рис. 2). Этот стабилизатор обеспечит надежность электропитания потребителей и длительный срок безотказной работы всей системы благодаря таким функциям, как блокировка формирования выходного напряжения до установления входного напряжения к номинальному уровню; плавный старт, ограничивающий пусковые токи и блокировка втекающего тока во время запуска, обеспечивающей возможность запуска с предварительно смещенной нагрузкой.

Понижающие DC/DC-преобразователи для питания микроконтроллеров MSP430

Большое число средств промышленной автоматики выполняются на основе не столь высокопроизводительных и энергоемких цифровых ИС, как перечислялись выше, а с использованием более прозаичных 8/16-битных микроконтроллеров, характеризу-

ющихся более низким энергопотреблением и не предъявляющих особых требований к управлению электропитанием, как, например, динамическое масштабирование напряжения или формирование напряжений в заданной последовательности. Однако построение высоконадежного, компактного и эффективного стабилизатора здесь также остается актуальным. Среди представленных в табл. 3 преобразователей TI выделяет несколько семейств (рис. 3), которые рекомендуется использовать для питания их 16-битных микроконтроллеров из семейства MSP430 [4]. Если учесть, что принципы питания микроконтроллеров разных производителей, в т.ч. 8- и 32-битных, принципиально не различаются, то эти преобразователи могут с таким же успехом применяться и для питания других популярных микроконтроллеров.

Таким образом, компания Texas Instruments выпускает обширный ассортимент интегральных схем понижающих DC/DC-преобразователей, позволяющих решить широкий круг задач, связанных с реализацией высоконадежных каскадов электропитания устройств промышленной автомати-

ки, охватывая диапазон входных напряжений до 60 В и токов нагрузки до 14 А. Преобразователи характеризуются простотой применения, малыми размерами конечного решения и высоким КПД преобразования. По отношению к конкурирующим решениям преобразователям TI свойственна более высокая частота преобразования, что позволит сократить размеры и снизить стоимость конечного решения. Ряд преобразователей поддерживается бесплатным программным обеспечением для синтеза и анализа схем импульсных источников питания, что еще больше упрощает проектирование и снижает риск принятия неправильных решений еще на начальных фазах проектирования.

Более детальную информацию по рассмотренным DC/DC-преобразователям можно получить, посетив специальный раздел сайта их производителя *power.ti.com*, который посвящен продукции для построения узлов электропитания.

Ссылки:

1. Цветков Д. Понижающие DC/DC-преобразователи Texas Instruments со встроенным ключом // Новости электроники, №14, 2007 г., С. 7-9.
2. TPS54383, TPS54386: 3-A DUAL NON-SYNCHRONOUS CONVERTER WITH INTEGRATED HIGH-SIDE MOSFET // Data Sheet, Texas Instruments Incorporated, lit.num. SLUS774B, 2007, P. 33-44.
3. Староверов К. DC/DC-преобразователи со встроенным ключом от Texas Instruments // Новости электроники, №18, 2007 г., С. 3-7.
4. MSP430 Ultra-Low-Power MCU Power Management Reference Guide // Lit. num. SLYT218, Texas Instruments Incorporated, 1Q 2006, P. 3. 5

Ответственный за направление в КОМПЭЛе – Мария Рудяк

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

Наименование	U _{вх} , В	U _{вых} , В	I _{вых} , А
TPS54283	4,5...28	2x0,8...25,2	2+2
TPS54383	4,5...28	2x0,8...25,2	3+3