



Евгений Звонарев

## РЕШЕНИЯ ОТ TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ AC/DC- И DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*Вы проектируете системы электропитания? Широкий выбор компонентов для создания высокоэффективных AC/DC- и DC/DC-преобразователей производит компания Texas Instruments. В статье дан краткий обзор электронных компонентов Texas Instruments, на основе которых можно разработать источники питания и схемы управления для самых разнообразных приложений. Среди этих компонентов — корректоры коэффициента мощности, аналоговые и цифровые ШИМ-контроллеры, драйверы МОП-транзисторов, импульсные DC/DC-преобразователи, LDO-стабилизаторы.*

В большинстве случаев источник питания можно построить по структурной схеме, приведенной на рисунке 1.

Часто в качестве схемы питания достаточно только некоторых блоков рисунка 1. Например, для создания низковольтных DC/DC-преобразователей отпадает необходимость в разделительном трансформаторе, схемах обратной связи для гальванической развязки и первичной высоковольтной части схемы.

### Корректоры коэффициента мощности

Большинство современных AC/DC-преобразователей средней и большой выходной мощности имеет на входе корректор коэффициента мощности (ККМ) или PFC (Power Factor Correction). Источники питания без ККМ создают мощные импульсные помехи по электросети для параллельно включенных электроприборов. Международная электротехническая комиссия (МЭК) или IEC (International Electrotechnical Commission) и международная организация по стандартизации или ISO (International Organization for Standardization) устанавливают ограничения на содержание и уровни гармоник во входном токе

вторичных источников электропитания. Использование электроприборов, не удовлетворяющих стандартам этих организаций, запрещено во многих странах, поэтому разработчики серьезной аппаратуры обязательно должны об этом помнить. На рисунке 2 показаны временные диаграммы работы источников питания с ККМ на входе и при его отсутствии.

Типовой AC/DC-преобразователь имеет на входе сетевой выпрямитель и сглаживающий конденсатор, являющийся реактивной нагрузкой для диодного моста и питающей сети. Такой ИП потребляет мощность от сети только в то время, когда напряжение, подаваемое с выпрямителя на сглаживающий конденсатор, превышает напряжение на этой емкости (см. левую часть рисунка 2). На практике это время составляет примерно 25% от периода сетевого напряжения. В оставшиеся три четверти периода мощность от сети не потребляется, так как нагрузка питается от сглаживающего конденсатора. Это приводит к тому, что мощность подается в нагрузку только на пиках напряжения, а потребляемый ток имеет форму короткого импульса и содержит много мощных гармоник. Корректор коэффициента



**Двухкаскадные токовые датчики**  
Компания Texas Instruments представила два токовых датчика с диапазоном синфазных входных напряжений от -16 В до 80 В. INA270 и INA271 имеют двухкаскадную архитектуру и предназначены для применения в цепях, где требуется фильтрация входного сигнала (см. [www.ti.com/sc07083](http://www.ti.com/sc07083)).

Для решения проблем, возникающих при измерении малых падений напряжения на шунте, в присутствии высокого синфазного напряжения, между каскадами INA270 и INA271 могут быть включены фильтрующие цепи для поддержания буферизированного напряжения на выходе. В результате, при управлении АЦП или низкоимпедансными нагрузками, применение дополнительных усилителей не требуется.

Диапазон синфазных напряжений на входе INA270 и INA271 составляет от -16 В (обратное напряжение автомобильной батареи) до напряжений при кратковременных перегрузках +80 В. При этом диапазон напряжений питания приборов от одиночного источника от +2,7 до +18 В.

Устройства отличаются высокой точностью (максимальная погрешность не более 3% во всем температурном диапазоне), широкой полосой (130 кГц), низким током покоя (максимум 900 мкА) и расширенным температурным диапазоном -40...125°C. Доступны коэффициенты усиления: 14 для INA270 и 20 для INA271. Оба прибора могут применяться также в телекоммуникационном оборудовании, портативных компьютерах, паяльных станциях, измерительных и испытательных системах.

мощности уменьшает среднеквадратичное значение потребляемого от сети тока и обеспечивает равномерное потребление мощности практически в течение всего периода сетевого напряжения при резком уменьшении гармонических составляющих тока во входной цепи. Это проиллюстрировано на правой части рисунка 2. Для

AC/DC-преобразователи

Изолированные DC/DC-преобразователи

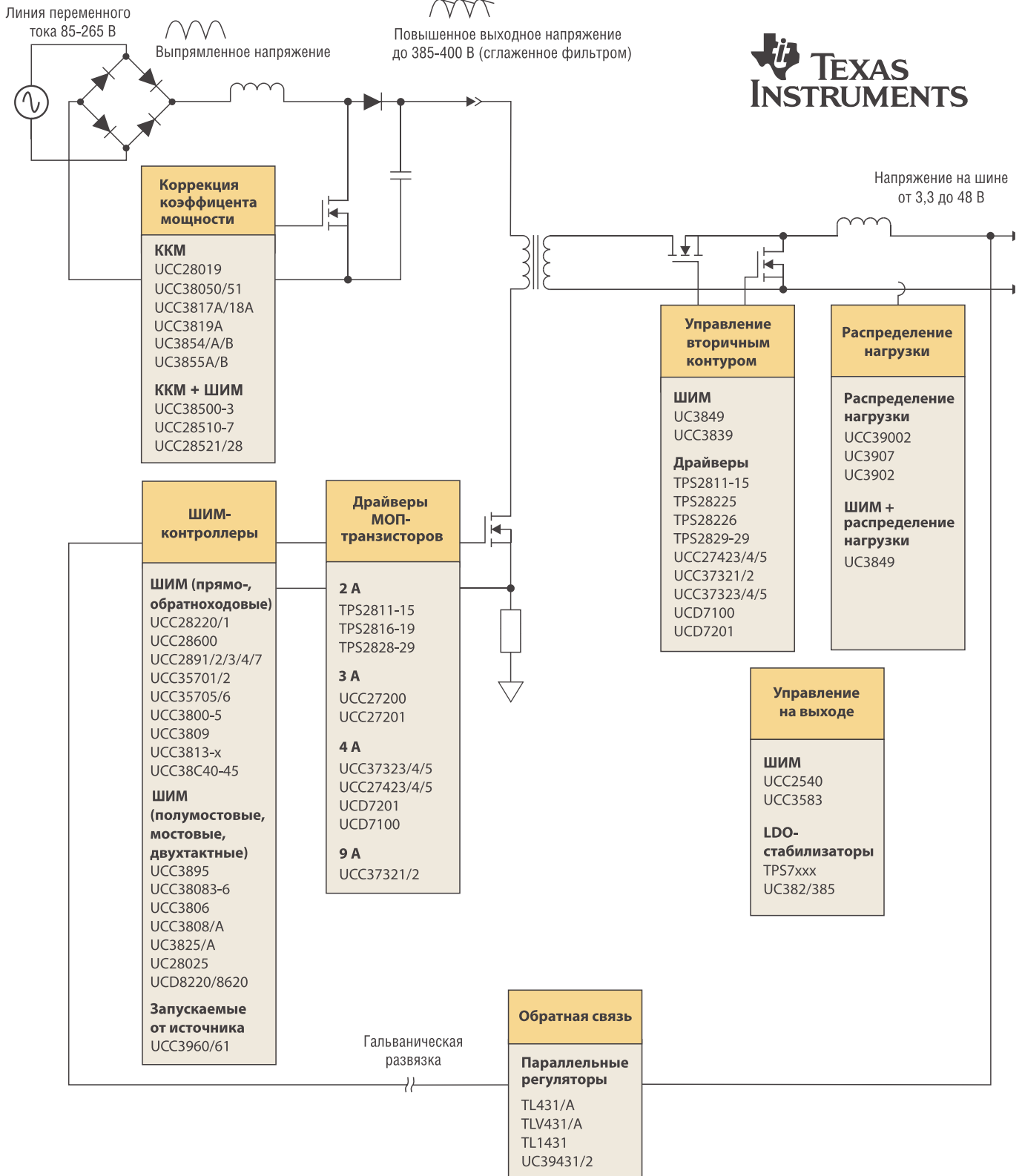


Рис. 1. Типовые решения от Texas Instruments для проектирования AC/DC- и DC/DC-преобразователей

количественной оценки внесенных искажений и помех существует коэффициент мощности (КМ или Power Factor). Коэффициент мощности ИП с параметрами ИП

в правой части рисунка 2 близок к единице и говорит о минимуме создаваемых помех. Одним словом, КМ показывает, насколько равномерно источник питания потреб-

ляет мощность от электрической сети.

У Texas Instruments есть эффективные решения для ККМ. Это многофазные корректоры ко-

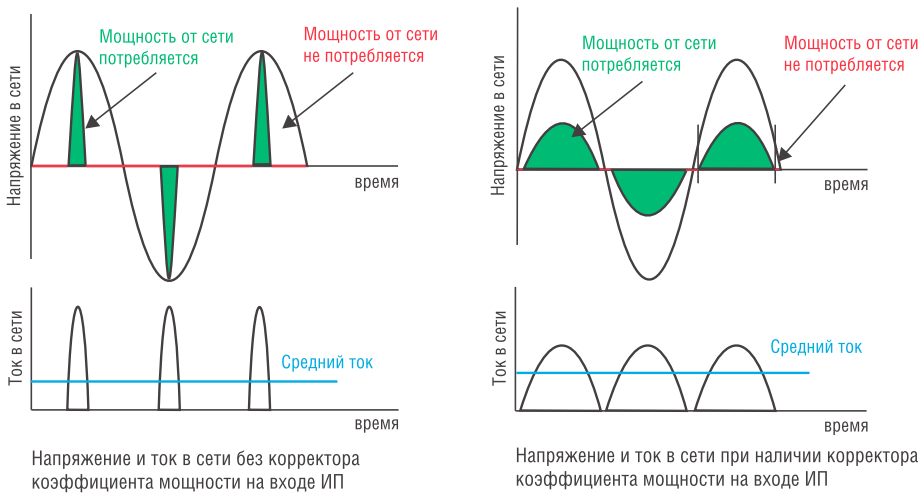


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения и тока в источниках питания с ККМ и при его отсутствии

эфициента мощности (Interleaved PFC). Диаграммы работы однофазного и двухфазного ККМ показана на рисунке 3.

Из рисунка 3 хорошо видно, что при одинаковых условиях у двухфазного ККМ амплитуда тока через выходной конденсатор  $C_{\text{Вых}}$  в два раза меньше при удвоенной рабочей частоте, пульсации которой сгладить можно меньшей емкостью. Это позволяет использовать конденсатор с уменьшенными размерами и на пониженное рабочее напряжение. Габариты индуктивностей  $L1$  и  $L2$  более компактны по сравнению с индуктивностью в однофазном корректоре. Коэффици-

ент мощности у некоторых ККМ Texas Instruments превышает значение 0,99. По способу управления ККМ подразделяются на три вида:

- управление по среднему значению тока – оптимальный метод управления для ККМ при достижении малых нелинейных искажений;
- управление по переходному режиму – недорогое и более простое решение с высокими требованиями к фильтрации и максимальному току;
- управление по переходу напряжения через ноль (ZVT) – один из способов мягкого включения, снижающий уровень

электромагнитных помех и позволяющий работать на более высокой частоте.

### Цифровое управление питанием

Нельзя не остановиться на относительно новом перспективном цифровом управлении питанием – серии Fusion Digital Power для создания изолированных и неизолированных преобразователей, а также для построения управляемых DC/DC-преобразователей в точке нагрузки (Point of Load или POL). Основная идея серий Fusion Digital Power – замена аналогового ШИМ-контроллера на цифровой (Ц-ШИМ). Цифровой ШИМ-контроллер позволяет более гибко регулировать выходное напряжение и коэффициент мощности, выравнивать напряжения в многофазных преобразователях и осуществлять многие другие функции управления и контроля работоспособности. На рисунке 4 показана упрощенная структурная схема преобразователя с использованием микросхем серий Fusion Digital Power.

Под цифровым контроллером подразумевается Ц-ШИМ-ядро плюс цифровая логика, позволяющие осуществлять функции управления, описанные выше. Драйвер и выходной каскад выполнены с учетом прямого согласования между частями схемы с

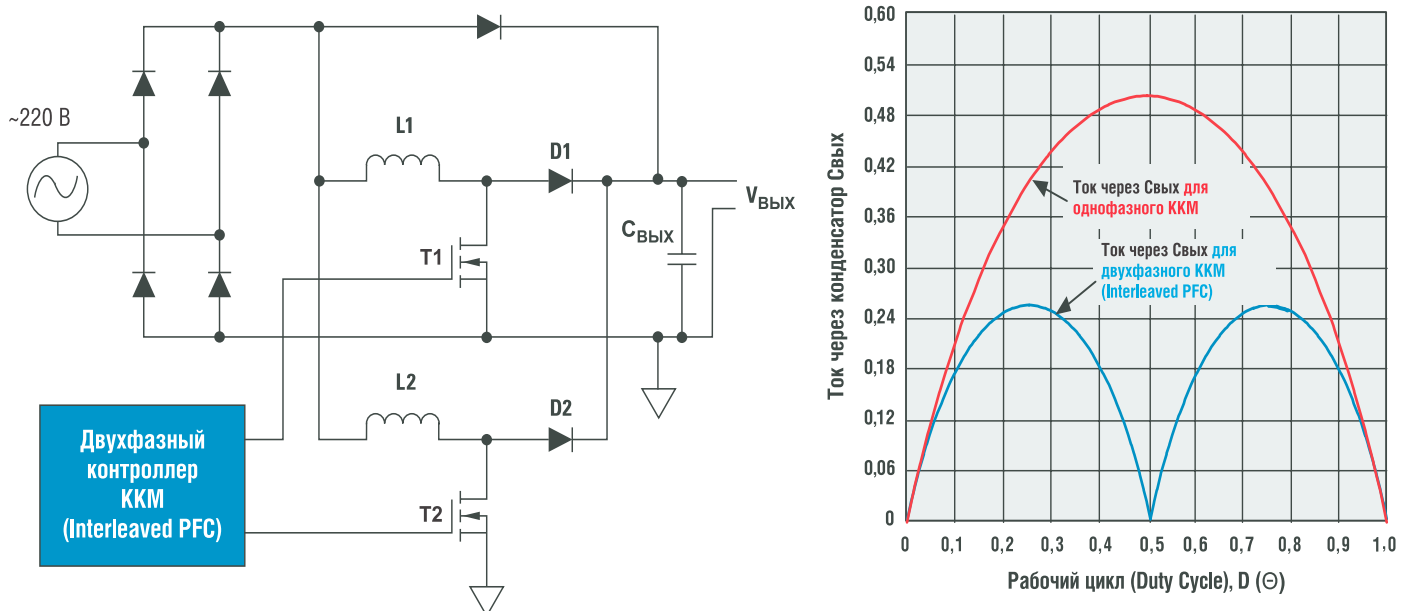
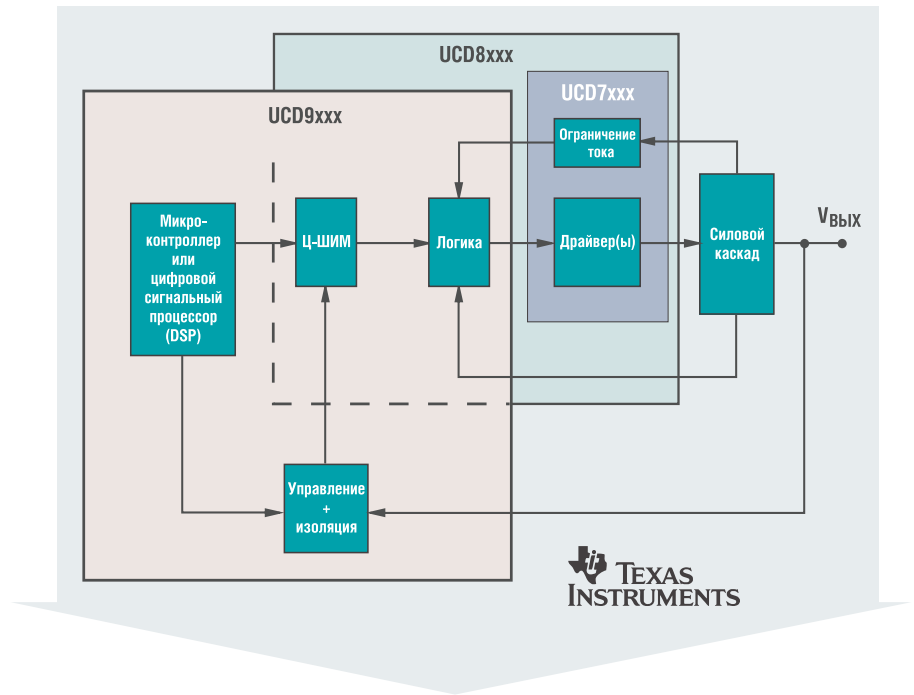


Рис. 3. Структура двухфазного ККМ и диаграммы работы однофазного и двухфазного корректоров мощности

минимумом дополнительных навесных элементов. В цепи обратной связи происходит преобразование аналогового сигнала ошибки в цифровой код с помощью быстродействующего прецизионного АЦП. Цифровой сигналный процессор (DSP) или микроконтроллер (MSP430, TMS470 или любой другой, подходящий по производительности) вычисляют величину сигнала рассогласования, который корректирует ошибку и управляет передачей энергии в силовой каскад. Сигналы с цепей защиты и управления аналогично могут преобразовываться в цифровой код и анализироваться цифровым контроллером. Это позволяет расширить гибкость управления и получить более точную повторяемость схем ИП, а также высокую стабильность характеристик и точность выходных напряжений при широком диапазоне изменения нагрузки и температурного режима.

Самый простой вариант – использование только драйверов с управлением цифровым кодом из серии UCD7xxx. При этом разработчик может использовать любые подходящие микроконтроллеры или ЦСП. Это может быть связано с накопленным опытом по программированию и наличием отладочных средств и программ для контроллеров, с которыми проектировщик работает уже длительное время. Хотя использование всех серий от Texas Instruments для цифрового управления питанием, скорее всего, будет оптимальным с точки зрения количества используемых компонентов, но окончательный выбор останется за разработчиком. Следующий вариант – применение серии UCD8xxx, содержащей ШИМ, управляемый цифровым кодом, логический блок и драйвер(ы) с ограничением выходного тока. Это проиллюстрировано на рисунке 4 блоком UCD8xxx. Максимально гибкое решение для проектирования цифрового источника питания – комбинированное взаимодействие серий UCD9xxx (цифровой контроллер + ШИМ-контроллер) и микросхем драйверов UCD7xxx. Высокая



Fusion Digital Power Drivers	Fusion Digital Power PWM Controllers	Full Digital Controllers
UCD7K серия: Драйвер(ы) с управлением цифровым кодом	UCD8K серия: ШИМ-контроллер + драйвер, управляемый цифровым кодом	UCD9K серия: Цифровой контроллер + ШИМ-контроллер

Рис. 4. Три серии для цифрового управления питанием фирмы Texas Instruments

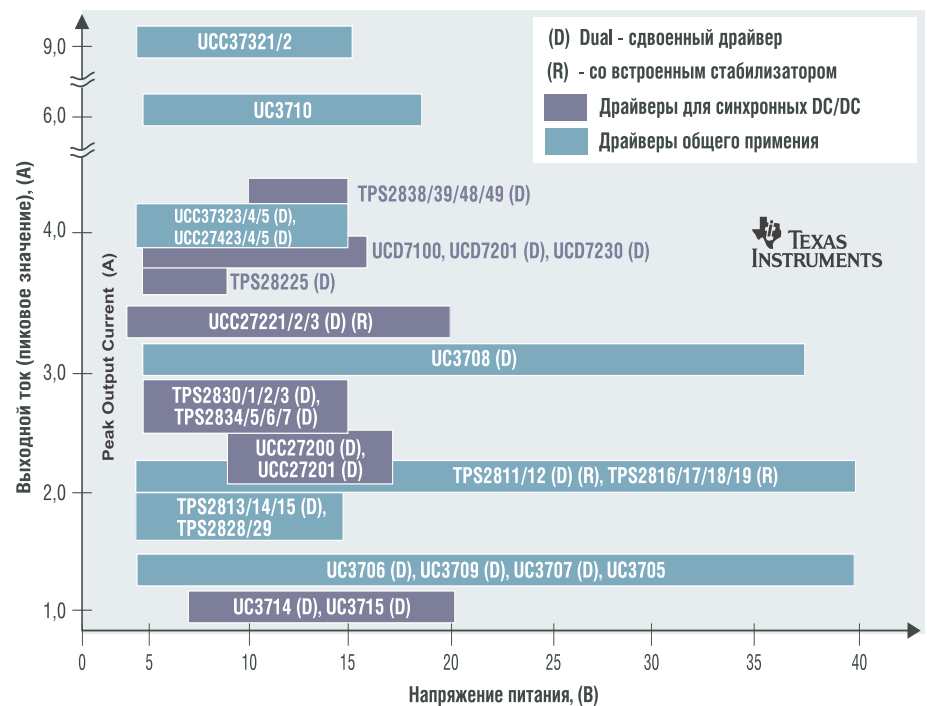


Рис. 5. Драйверы МОП-транзисторов Texas Instruments

повторяемость, возможность автокалибровки и подстройки, стабильность параметров в широком диапазоне температур обеспечивают ИП с цифровым управлением перспективу уже сейчас и в самом ближайшем будущем.

### ШИМ-контроллеры источников питания

По способу управления ШИМ-контроллеры Texas Instruments делятся на две группы:

- управление с помощью обратной связи по напряжению – прос-

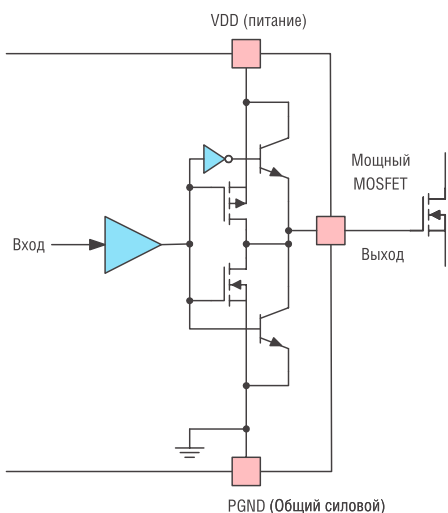


Рис. 6. Мощный выходной буфер TrueDrive™

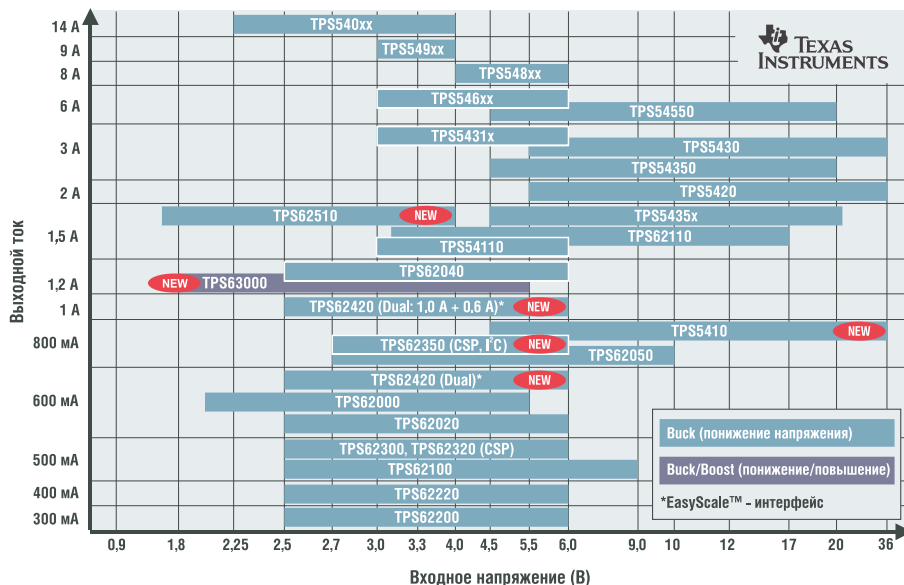


Рис. 7. Понижающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом

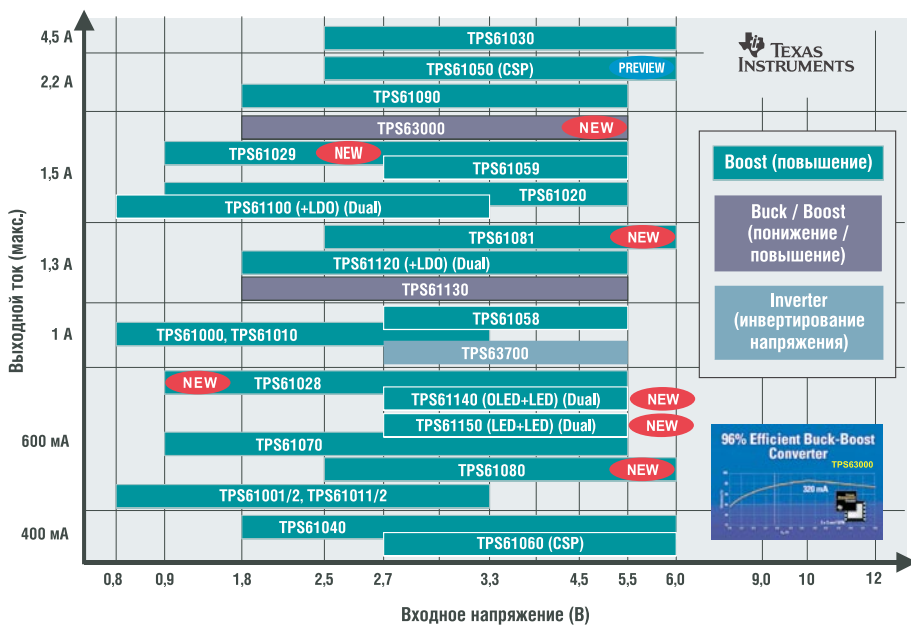


Рис. 8. Повышающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом Texas Instruments

той метод управления для широкого диапазона по входу и выходу устройств;

- управление с помощью обратной связи по току – обеспечение быстрого отклика на входное воздействие с возможностью ограничения по току в каждом рабочем цикле.

Программируемый плавный пуск устраняет жесткие режимы для транзисторов и пассивных компонентов. Наличие в ШИМ-контроллерах схемы ограничения максимальной скважности предо-

твращает насыщение импульсного трансформатора. Микросхемы этого класса с префиксами USS имеют низкий ток запуска и предназначены в первую очередь для автономных приложений. ШИМ-контроллеры Texas Instruments уже давно завоевали широкую популярность у отечественных разработчиков и доказали свою высокую надежность.

### Драйверы МОП-транзисторов

Драйверы МОП-транзисторов (MOSFET) предназначены для

управления мощными полупроводниковыми приборами в выходных каскадах преобразователей электрической энергии. Драйверы используются в качестве промежуточного звена между управляющей схемой (контроллером или цифровым сигнальным процессором) и мощными исполнительными элементами, коммутирующими нагрузку. Драйверы полевых транзисторов Texas Instruments имеют высокие выходные токи (до 9 А), малые длительности фронта, спада, задержки и другие отличительные особенности. Обзорное представление о параметрах драйверов Texas Instruments дает рисунок 5.

Достичь таких больших выходных токов в сочетании с высоким быстродействием позволяет мощный выходной буфер TrueDrive™, представляющий собой параллельное включение двух каскадов, схемное решение которых показано на рисунке 6.

Входная часть каскада состоит из комплементарной пары полевых транзисторов разной проводимости, а выходная – из двух биполярных NPN-транзисторов. Инвертирующая схема на входе верхнего NPN-транзистора обеспечивает противофазную работу биполярных транзисторов. Такой комбинированный выходной каскад эффективно усиливает ток

и при низком напряжении питания благодаря наличию P- и N-канальных МОП-транзисторов (MOSFET). Благодаря встроенным стабилизаторам напряжения драйверы могут работать в широком диапазоне входных напряжений. В линейке этой продукции имеются инвертирующие, неинвертирующие, И и И-НЕ конфигурации драйверов.

### Понижающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом

Понижающие импульсные DC/DC-преобразователи со встроенным ключом имеют максимальный ток ограничения 14 А. Серия маломощных DC/DC-преобразователей (TPS6xxxx) и понижающих конвертеров SWIFT™ (TPS54xxx) достигают максимального КПД 97% и оптимизированы для применения в маломощных устройствах с батарейным питанием. Синхронное выпрямление не только уменьшает стоимость за счет исключения внешнего выпрямительного диода Шоттки, но и увеличивает КПД преобразования на 10%. Наглядное представление о параметрах понижающих конвертеров со встроенным ключом дает рисунок 7. Широкие диапазоны входных и выходных напряжений этих приборов, наличие у некоторых входов управления по последовательному интерфейсу I<sup>2</sup>C делают их оптимальным выбором для многих приложений. Современные процессоры и специализированные ИС требуют очень низких напряжений питания. Для достижения максимальной гибкости Texas Instruments выпускает конвертеры с выходным напряжением вплоть до 0,7 В.

### Повышающие DC/DC-преобразователи со встроенным ключом

Среди повышающих/понижающих импульсных DC/DC-преобразователей со встроенным ключом у Texas Instruments есть микросхемы TPS6300x с эффективностью преобразования до 96% во всем диапазоне входных напряжений от 1,8 до 5,5 В. Конвертеры TPS6300x предназначены для приложений, использующих Li-Ion элемент, а также

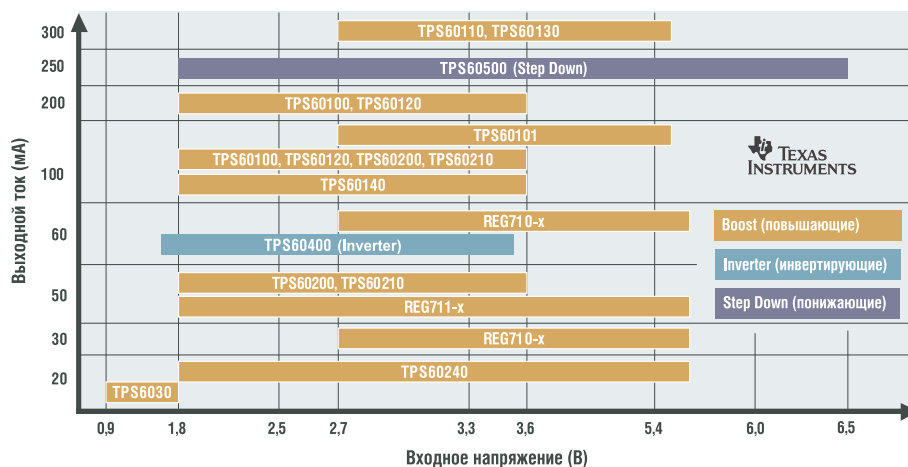


Рис. 9. Безындуктивные (Charge Pumps) DC/DC-преобразователи Texas Instruments

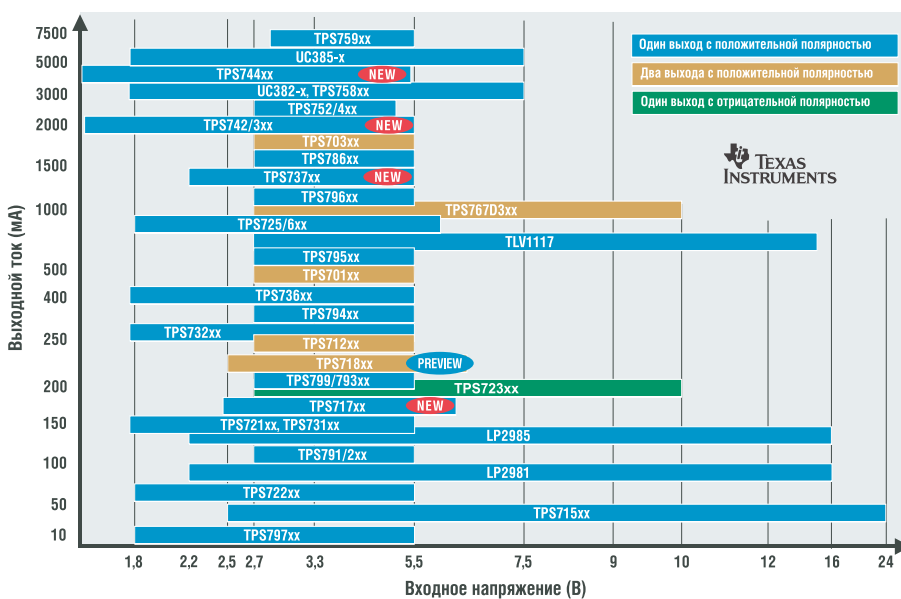


Рис. 10. LDO и линейные стабилизаторы Texas Instruments

2- или 3-элементную батарею питания. Собственное потребление этих микросхем составляет всего 25 мкА. Для работы этих преобразователей требуется индуктивность с номиналом всего 2,2 мкГн. Размеры малогабаритного корпуса QFN всего 3x3 мм. Основные параметры всей линейки повышающих и понижающих/повышающих преобразователей со встроенным ключом представлены на рисунке 8.

### Безындуктивные DC/DC-преобразователи со встроенным ключом

Применение безындуктивных DC/DC-конвертеров напряжения (Charge Pumps) рекомендуется при необходимости выбора между

эффективностью преобразования и габаритами устройства. Топология с отсутствием индуктивности обеспечивает максимальный КПД 90% и для внешней обвязки требуется всего лишь несколько конденсаторов. Индуктивности, диоды и внешние транзисторы не требуются. Микросхемы выпускаются в миниатюрных корпусах SOT-23 и MSOP-8, размеры которых очень малы. Применение безындуктивных преобразователей целесообразно по стоимости, мощности и габаритам при выходном токе менее 300 мА при напряжении на выходе до 6 В. Если необходимы более высокие значения выходных токов, напряжений или КПД, то более эффективно применение импульсного преобразо-

вателя с индуктивностью как по стоимости, так и по габаритам. В повышающих преобразователях безындуктивного типа пульсации выходного напряжения сводятся к минимуму благодаря действию двух контуров умножения, работающие в противофазе. Это упрощает фильтрацию пульсаций на выходе. Умножители генерируют меньше шумов по сравнению с эквивалентным индуктивным преобразователем с одинаковым диапазоном выходного тока. Это может стать решающим аргументом при выборе схемы питания для малощумящих устройств или схем, чувствительных к высокочастотным шумам. Основные параметры безындуктивных умножителей напряжения Texas Instruments приведены на рисунке 9.

### LDO- и линейные стабилизаторы Texas Instruments

Для дополнительного подавления пульсаций после импульсных преобразователей часто ставят стандартный линейный или LDO-стабилизатор. Texas Instruments

предлагает широкий выбор LDO-стабилизаторов (с низким падением напряжения между входом и выходом) от схем с очень низким потреблением до схем с потреблением 7,5 А. Основные серии этого класса продукции представлены на рисунке 10. Для достижения минимального шума на выходе ИП необходимо выбирать LDO-стабилизатор с высоким коэффициентом подавления пульсаций (PSRR) и низким уровнем выходного шума (<50 мкВ). В некоторых LDO-стабилизаторах есть компенсационный вывод, к которому подключается конденсатор для уменьшения шума на выходе.

В статье кратко рассмотрена лишь небольшая часть продукции для управления питанием фирмы Texas Instruments. Дополнительную информацию заинтересованный читатель может найти на сайте производителя: [www.power.ti.com](http://www.power.ti.com).

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — по e-mail: [analog.vesti@compel.ru](mailto:analog.vesti@compel.ru)



### ZigBee-стек на бесплатной основе

Компания Texas Instruments анонсировала доступность своего ZigBee-стека для бесплатного использования. Напомним, ранее стоимость ведущего стека технологии ZigBee составляла \$10 000. Z-Stack доступен с сайта компании по ссылке [www.ti.com/zigbee](http://www.ti.com/zigbee). Z-Stack компании Texas Instruments — золотой призёр ZigBee-альянса (аттестован компанией TUV Rheinland) успешно используется тысячами передовых компаний по всему миру. Z-Stack полностью совместим с требованиями стандарта ZigBee 2006 и поддерживает множество платформ, включая всем известную платформу 802.15.4/ZigBee — систему на кристалле CC2430, так и новую разработку компании — платформу на основе приемопередатчика CC2420 и микроконтроллера с ультранизким потреблением MSP430.

Более того, Z-Stack TI поддерживает новые расширенные возможности, например функцию «over-the-air-download», позволяющую обновлять узлы сети ZigBee, построенные по топологии одноранговой сети (mesh). Стек поддерживает одну из последних разработок компании — систему на кристалле CC2431 с функцией определения положения, позволяющей разработчикам строить ZigBee сети с подвижными узлами.

Одновременно с релизом Z-стека компания Texas Instruments объявила о снижении цены на отладочный набор ZigBee Development Kit, что позволит использовать продукты компании для построения ZigBee-сетей более широкому кругу компаний-разработчиков. Теперь решения ZigBee от Texas Instruments становятся доступными не только OEM-производителям, но и небольшим компаниям. Кроме того, для поддержки разработчиков TI запускает новый ресурс — сеть партнеров разработки и сервиса в области радиочастотных приложений Low-Power RF Developer Network, позволяющей в значительной мере, как и упростить процесс разработки, так и сократить время вывода продукта на рынок. Подробности на сайте компании: [www.ti.com/lprfnetwork](http://www.ti.com/lprfnetwork).

Technology for Innovators™

## Повышающий/понижающий преобразователь с КПД до 96%

Power Management  
TPS63000

Наименование	F <sub>РАБ.МАХ</sub> (мГц)	I <sub>РАБ.МАХ</sub> (А)	U <sub>ВХ</sub> (В)	U <sub>ВЫХ</sub> (В)
TPS63000	1,5	1,2	1,8...5,5	1,2...5,5
TPS63001				3,3
TPS63002				5

[www.compel.ru](http://www.compel.ru)