

Широкое развитие технологии Интернета вещей, беспроводных интеллектуальных сенсорных сетей, а также самых разнообразных мобильных устройств, наложило свой отпечаток на требования к характеристикам основных элементов системы организации питания таких устройств, а именно на DC/DC-преобразователей малой и средней мощности. В данной статье рассматриваются две новые родственные топологии таких DC/DC-преобразователей.

## DCS-Control™ — новая топологии контроллеров DC/DC-преобразователей компании Texas Instruments

Владимир Рентюк, г. Запорожье

(Окончание. Начало см. в Э 10/2016)

Так как для выходного напряжения теперь требует больше времени, чтобы уменьшиться до его заданного значения, то пачки импульсов оказываются расположенными далеко друг от друга. Тем самым они дольше сохраняют эффективную частоту повторения в звуковом диапазоне, что делает работу преобразователя слишком «слышимой». Одноимпульсная архитектура DCS-управления при более низких токах нагрузки позволяет работать выше звукового диапазона частот, в отличие от альтернативных топологий.

При увеличении тока нагрузки до уровня, при котором между одиночными импульсами уже просто нет места для паузы, то до того, как компаратор дает команды МОП транзистору верхней стороны на включение ток дросселя не уменьшается до нуля. Это условие по току нагрузки находится на границе режима DCM и, в этом случае, преобразователь выходит из режима экономии энергии и переходит в режим обычного ШИМ регулирования.

Такое сочетание, как полностью прогнозируемая работа в режиме эконо-



мии энергии (одиночный импульс с минимальной длительностью) и вход в режим обычного ШИМ-регулирования при достижении нулевой тока дросселя, делает топологию DCS-управления гораздо более гибким решением, чем все другие топологии. Это позволяет упростить конфигурирование DC/DC-преобразователя к требованиям конечной системы.

### Пример работы DC/DC преобразователя построенного по топологии DCS-Control™ в режиме экономии энергии

В качестве примера, рассмотрим пульсации выходного напряжения в режиме экономии энергии для системы с входным напряжением равным 12 В и выходным – 3,3 В. Для этой цели в публикации [4], которая была взята за ос-

нову при написании данной статьи, был использован оценочный модуль TPS62130 компании Texas Instruments [7], работающий на частоте 2,5 МГц (рис.5). Цель всего этого – это продемонстрировать то, как можно уменьшить пульсации выходного напряжения за счет увеличения внешней индуктивности и выходной емкости. Для демонстрации того, чтобы показать какими будут наихудшие пульсации выходного напряжения в режиме экономии энергии, был использован режим холостого хода, то есть преобразователь использовался без нагрузки.

На рис.5,а показан исходный уровень пульсаций выходного напряжения в 26 мВ (от пика до пика), то есть 0,8% от номинального выходного напряжения 3,3 В. Увеличение выходной емкости уменьшает пульсации выходного напряжения. Увеличение индуктивности дросселя приводит к уменьшению пикового тока и уменьшению энергии, которая накапливается в дросселе. А раз так, то и меньше энергии передается на выход, что также приводит к уменьшению пульсаций выходного напряжения (рис.5,с). Обратите внимание, что для всех трех представленных в [7] схем, время импульса включения одно и то же, так как

оно зафиксировано внутренней схемой контроллера и не может быть изменено с помощью каких-либо внешних компонентов. Путем изменения индуктивности инженер-разработчик может задать ток

паратор и не обрабатывается усилителем ошибки с ограниченной шириной полосы пропускания. Будучи по своей природе гистерезисной, топология DCS-управления, в буквальном смысле, мгно-

вый процесс ограничена почти полностью проблемами коммутации больших токов, а не самой топологией управления. Таким образом, сама топология DCS-управления не является главным ограничени-

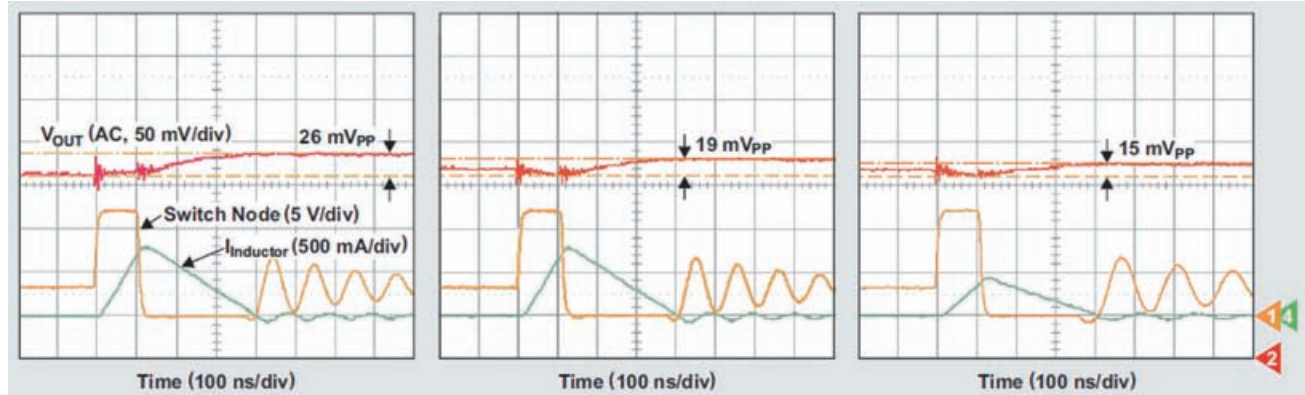


Рис.5

нагрузки, при котором осуществляется переход в режим экономии энергии, то есть изменить границу DCM-управления. Большая индуктивность дросселя уменьшает пульсации его тока, это означает, что ток дросселя остается больше нулевого значения до более низких уровней выходного тока преобразователя.

Эта способность адаптировать точку перехода в режим энергосбережения, и приведение уровня пульсаций выходного напряжения к заданному для конкретных потребностей уровня позволяет использовать эту топологию в самых различных приложениях, в том числе и в тех, которые крайне чувствительны к шумам и помехам по цепям питания. Примеры применения DC/DC-преобразователей выполненных на контроллерах с технологией DCM-управления включают в себя беспроводные маломощные передатчики и приемники медицинского и промышленного применения, системы питания портативных устройств широкого применения, а также системы питания твердотельных накопителей SSD.

#### Работа со ступенчатыми изменениями нагрузки

Так как топология DCS-управления определяет текущее значение выходного напряжения через вход VOS подключенный непосредственно к выходу преобразователя, она хорошо подходит для реагирования на переходные процессы, связанные со ступенчатыми изменениями нагрузки. Сигнал с входа VOS подается непосредственно на ком-

венно реагирует на быстрые переходные процессы, связанные с мгновенным изменением нагрузки DC/DC-преобразователя. Эта возможность позволяет дополнительно увеличивать рабочий цикл контроллера до 100%.

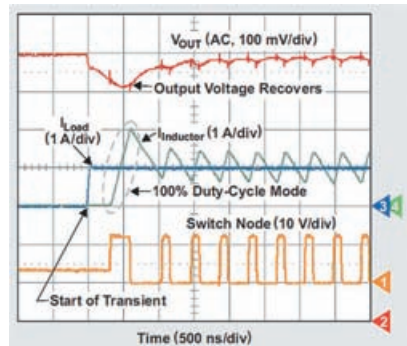


Рис.6

В этом режиме устройство сохраняет МОП-транзистор на высокой стороне, включенным на такое время, которое необходимо для восстановления уровня выходного напряжения. Другими словами, требование по времени включения компаратора полностью удовлетворяется. На рис.6 показан отклик оценочной платы DC/DC-преобразователя, выполненного на базе контроллера TPS62130, на переходной процесс вызванный набросом нагрузки в 1 А непосредственно с режима холостого хода. Этот наброс нагрузки был скомпенсирован переходом через режим со 100% рабочим циклом. Задержка реакции по времени в 300 нс между началом переходного процесса и включением МОП-транзистора на высокой стороне показывает, что реакция на переход-

ем возможностей в части отклика на переходные процессы, связанные с мгновенным изменением нагрузки. Наоборот она позволяет значительно улучшить переходную характеристику DC/DC-преобразователя для выбранных компонентов выходного фильтра.

Весьма наглядно демонстрирует поведение DC/DC-преобразователя на контроллере с топологией DCS-Control иллюстрация, приведенная в [5]. На рис.7 показана осциллограмма отклика выходного напряжения на скачек тока нагрузки от, практически нуля, до 1 А и восстановление исходного режима, что близко к работе схемы, приведенной на рис.2. Топология DCS-Control™ обеспечивает быстрое окончание переходных процессов связанных со скачкообразным режимом повышением тока нагрузки.

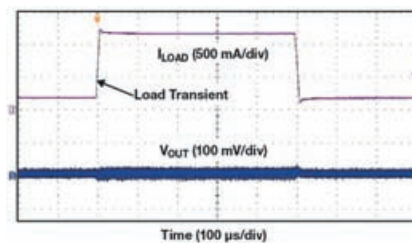


Рис.7

Ранее было отмечено, что, в топологии DCS-управления имеется только один общий контур управления и для целей ШИМ-регулирования и режима энергосбережения. Именно это и позволяет реализовать быстрый, но и плавный переход между этими режимами. Такой подход, когда условия работы схе-

мы приближаются к границе между режимами, позволяет так же обеспечить более высокие общие характеристики преобразователя, или как принято сейчас говорить, калькируя с английского, - производительность. Это все оказалось возможным по причине того, что раз нет внутреннего переключения режимов работы контроллера, то нет и переходных процессов на выходе преобразователя во время его переключения из одного режима работы в другой.

### Сравнение с другими топологиями

На рис.8 показано поведение контроллера TPS62130 (рис.8,а) при переходе из режима холостого хода в режим полной нагрузки, в сравнении с контроллером, использующим иную топологию управления (рис.8,б). Ток на-

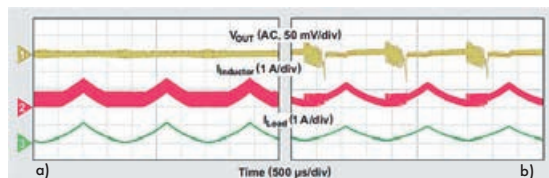


Рис.8

грузки (нижняя линия на рис.8) плавно изменяется от 10 мА до 1 А и обратно до 10 мА. И в токе дросселя (средняя линия на рис.8) и на пульсациях выходного напряжения (верхняя линия на рис.8) контролировался уровень переходных процессов или возникающих при переключении режима работы контроллеров помех.

Для контроллера TPS62130, который использует топологию DCS-управления, как это можно видеть на рис.8,а, характерны намного более гладкие форма выходного напряжения и форма тока дросселя, чем для устройства, использующего другую топологию управления (рис.8,б). Контроллер TPS62130 показывает более низкий уровень пульсаций выходного напряжения на всех токах нагрузки. Правда пульсации слегка возрастают на малых токах нагрузки. Но, так как устройство переходит в режим экономичного питания, это увеличение значительно меньше, чем для устройства с другой топологией.

И, наконец, самое главное, как можно видеть из рассматриваемого примера, для устройства с иной топологией имеет место короткий, но относительно

большой провал, выходного напряжения. Он вполне возможен и при некоторых условиях эксплуатации, например, при линейном изменении тока нагрузки. Как видим, провал выходного напряжения возникает по мере увеличения тока в момент, когда устройство с другой топологией выходит из режима экономии энергии и переходит в режим ШИМ-регулирования. Естественно, что это нежелательно для нагрузки, и такой провал реально устраняется использованием в DC/DC-преобразователе контроллера с топологией DCS-регулирования.

### Достоинства топологии DCS-управления

Топология DCS-управления является большим шагом вперед по сравнению с другими топологиями управления перехода из экономичного режима в режим ШИМ-

регулирования, поскольку она обеспечивает отличную переходную характеристику с «бесшовным» переходом как «из», так и «в» режим энергосбережения. Ее одноимпульсное функционирование в режиме минимальных токов

и в режиме энергосбережения обеспечивает низкий уровень пульсаций выходного напряжения и повышает характеристики и устойчивость функционирования самых широких типов конечного оборудования и систем, в том числе и применений чувствительных к шумам и помехам. Кроме того, топология DCS-управления уменьшает потребность во внешних компонентах фильтра, сокращая, таким образом, занимаемое место на печатной плате и стоимость конечного решения. Топология DCS-Control™ обеспечивает высокую точность поддержания выходного напряжения, во время сброса/наброса нагрузки, плавного перехода между ШИМ-регулированием и режимом экономии энергии.

За счет хорошей стабилизации выходного напряжения и незначительных переходных процессов в сочетании с низким уровнем пульсаций выходного напряжения она оказывает минимальное воздействие в работу высокочастотных и других каскадов, чувствительных к помехам. А благодаря отработанному решению петли регулирования она позволяет использовать для уменьшения пульсаций большую эффективную

выходную емкость. Контроллеры этой топологии отличаются КПД до 96% в широком диапазоне нагрузок и низким собственным током потребления от 6,5 мА (более ранние версии, например, TPS62080) до 360 нА (последние версии, например, TPS62740). Они имеют встроенную развитую защиту, в том числе и типа «hiccup», и доступны с целый ряд разнообразных опций:

- фиксированное, устанавливаемое внешним делителем и программируемое выходное напряжение (маржирование, от 3 до 4 разрядов);
- флаг Power Good;
- мягкий старт;
- слежение и разрешение (ENABLE);
- разряд выходного конденсатора (TPS62085);
- байпас (TPS62730) и т.п.

Опции мягкий старт/ слежение и функция разрешение (ENABLE), весьма полезны для упомянутых в начале статьи распределенных систем питания. Они позволяют организовать синхронно-пропорциональное включение напряжения или, при соответствующем конфигурировании, подачу напряжения в заданной последовательности, например, так это требуется для питания плат промышленных компьютеров [1].

### Номенклатура контроллеров топологии DCS-Control™

В настоящее время, компанией Texas Instruments серийно выпускается 18 серий контроллеров топологии DCS-Control с верхним значением рабочего тока от 0.1 до 4.0 А, три из них выведены на рынок в этом году. Каждая серия содержит несколько типов, так серия TPS6223x содержит 18 типов микроконтроллеров. Контроллеры отличаются минимальными размерами и выпускаются в корпусах: (U)SON 1x1,5x0.6 мм, WSON 2x2 мм, (V)QFN 2x2 мм, SOT-23, DFN 2x2 мм. Стоит отметить, что в этом году уже выпущен контроллер TPS62085 в улучшенном корпусе технологии HotRod™. Разработан и расширенный вариант, описанной здесь топологии, предназначенной для отдельных промышленных приложений, а именно — iDCS-Control™. Представителем этого варианта топологии является контроллер TPS62097, характерной особенностью которого является форсированное ШИМ-регулирование. Готовит-

ся к выпуску и уникальный контролер TPS62770 на ток 0.3 А, содержащий в одном устройстве понижающий, повышающий преобразователи и выключатель нагрузки.

Кроме того, контроллеры топологии DCS-Control используются в составе устройств типа «система-в-корпусе», то есть, это уже законченные модули с интегрированными дросселями. Они выполнены в корпусах MicroSiP размером 2.3x2.9x1.3 мм,. Один такой модуль - TPS82740 (рабочий ток до 0.2 А, собственный ток потребления 360 нА, маржирование, выключатель нагрузки), уже выпускается серийно, поставка еще трех (они рассчитаны на токи 2.0 и 3.0 А) начнется в этом году. Все выпускаемые серии контроллеров и модулей топологии DCS-Control предназначены для промышленного применения, однако есть ряд продуктов для использования в бытовой технике и для беспроводных устройств, также доступны варианты исполнения с категорией качества Q100 для использования в составе автомобильного оборудования.

Рекомендованная компанией Texas Instruments цена для контроллеров в пар-

тиях по 1000 шт, составляет, в зависимости от типа, от 0.48 до 1.5 USD, а для модулей – от 1.36 до 2.35 USD. Подробная техническая информация по



контроллерам и модулям топологии DCS-Control доступна через внутренний поиск на сайте компании: [www.ti.com](http://www.ti.com). Здесь вы найдете спецификации Data Sheet, а и удобные оценочные платы, как например упомянутая в статье плата TPS62130EVM-505 [7]. Кроме того, для целого ряда моделей доступен прямой доступ в бесплатную мощную среду on-line моделирования – WEBENCH® Power Designer [2],

#### Литература:

1. Рентюк В. Источники питания промышленных компьютеров форм-фактора ITX // Электрик. – 2014. - №3.
2. Рентюк В. Проектирование DC/DC-преобразователей в системе WEBENCH Design Center // Электрик. – 2013. - №10.
3. Рентюк В. Новые возможности современных DC-DC преобразователей: особенности принятия решения по выбору и типовые применения // Электрик. – 2015. - №7-8 и №9.
4. Chris Glaser. High-efficiency, low-ripple DCS-Control™ offers seamless PWM/power-save transitions// TI Analog Applications Journal (3Q, 2013), [www.ti.com/lit/an/slyt531/slyt531.pdf](http://www.ti.com/lit/an/slyt531/slyt531.pdf)
5. TI Power Solutions DC/DC Converters with DCS-Control™ Topology// Texas Instruments Incorporated, 2016, <http://www.ti.com/lit/sg/slyt543a/slyt543a.pdf>
6. 3-17V 3A step-down converter in 3x3 QFN package TPS62130/1/2/3 // Datasheet. [www.ti.com/slvsg7-aa](http://www.ti.com/slvsg7-aa)
7. Evaluation module for TPS62130 a 3-A, synchronous, step-down converter in a 3x3-mm, 16-pin QFN, TPS62130EVM-505, Texas Instruments. [www.ti.com/tps62130evm-aa](http://www.ti.com/tps62130evm-aa)

- модели мощностью 75, 100, 150 и 240 Вт
- режим стабилизации: С.С. / С.V. + С.С.
- диапазон рабочих температур -40...+90°C (корпус)
- функции «димминга» "3-в-1" и DALI
- «интеллектуальный димминг» с программированием выходной характеристики!



**Компания СЭА – официальный дистрибьютор Mean Well на территории Украины**



**Компания СЭА**  
электроника электротехника компоненты оборудование



Украина, 02094, г. Киев, ул. Краковская, 13-Б  
тел.: +38 044 291-00-41, факс: +38 044 291-00-42  
[info@sea.com.ua](mailto:info@sea.com.ua), [www.sea.com.ua](http://www.sea.com.ua)