DOI: 10.22184/1992-4178.2020.201.10.132.135

Как увеличить мощность повышающего преобразователя с помощью универсального расширителя фаз

В. Хасиев[1]

УДК 621.314.1 | ВАК 05.27.01

Для достижения более высокой мощности повышающих преобразователей разработчики источников питания часто применяют схемные решения на основе контроллеров с увеличенным числом фаз переключения. Такой подход позволяет повысить КПД преобразователя и улучшить тепловые режимы работы устройства. В статье описано решение на основе микросхемы расширителя фаз от Analog Devices, которое дает возможность увеличить число фаз повышающих преобразователей на базе однофазных контроллеров для создания высокоэффективного, компактного источника питания с высокой выходной мощностью для автомобильных и промышленных применений.

ВВЕДЕНИЕ

В инженерном сообществе сложилось общее понимание того, что нужно применять многофазные схемы в случаях, когда повышающие преобразователи обеспечивают высокие выходные напряжения и большие коэффициенты повышения напряжения, работают при низких входных напряжениях или имеют высокие токи нагрузки. По сравнению с однофазными решениями многофазные повышающие схемы имеют ряд преимуществ, в том числе более высокий КПД, улучшенную переходную характеристику и малые номиналы емкости конденсаторов входного и выходного каскадов (из-за пониженных токов пульсации на катушке индуктивности и входных/выходных конденсаторах), что приводит к снижению тепловой нагрузки на все компоненты силовой части схемы повышающего преобразователя.

Самая простая часть проектирования многофазного повышающего преобразователя – это соединение входных и выходных шин питания, чтобы уменьшить габариты и стоимость входных/выходных фильтров. Сложная задача – это подключение выходов усилителей сигнала ошибки к цепи обратной связи контроллеров фаз переключения для обеспечения сбалансированного распределения тока и корректной синхронизации работы фаз. Оба эти сигнала чрезвычайно чувствительны к помехам и даже при тщательно проработанной компоновке платы на них могут влиять резкие изменения тока и напряжения, типичные в приложениях для повышающих преобразователей. Некоторые контроллеры повышающих преобразователей оснащены многофазными схемами, способными решить эту проблему, но у многих контроллеров нет этого функционала.

Расширитель фаз для многофазного повышающего преобразователя LT8551 позволяет решить эту проблему для контроллеров, не имеющих встроенной многофазной схемы, работая совместно с переключающими компонентами первичного контроллера и детектируя их состояния. LT8551 обеспечивает дублирование функций управления фазами переключения, измеряет ток катушки индуктивности первичного контроллера и регулирует ток индуктивности в каждой дополнительной фазе.

LT8551 – отличный выбор для автомобильных и промышленных приложений благодаря высокому входному/выходному напряжению (до 80 В) и возможности реализовать повышающие преобразователи очень высокой мощности, в том числе преобразователи с двунаправленным током.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

На рис. 1 и 2 представлено законченное решение для расширителя фаз на основе LT8551. Как показано на схемах, расширитель фаз *U1* разделен на три подсистемы: *U1.1*, *U1.2* и *U1.3*. Подсистема *U1.1* – это интерфейс, который обеспечивает связь *U1* с первичным контроллером *U2* и внешними сигналами. Силовые каскады *U1.2* и *U1.3* реализуют преобразование активной мощности и управляют MOSFET-ключами. Все три секции *U1*, показанные на рис. 1 и 2, интегрированы в контроллер LT8551.

Первичный контроллер *U2* измеряет выходное напряжение на своем выводе V_{FB}. Он также выполняет функции

[1] Analog Devices, специалист по применению, victor.khasiev@analog.com.

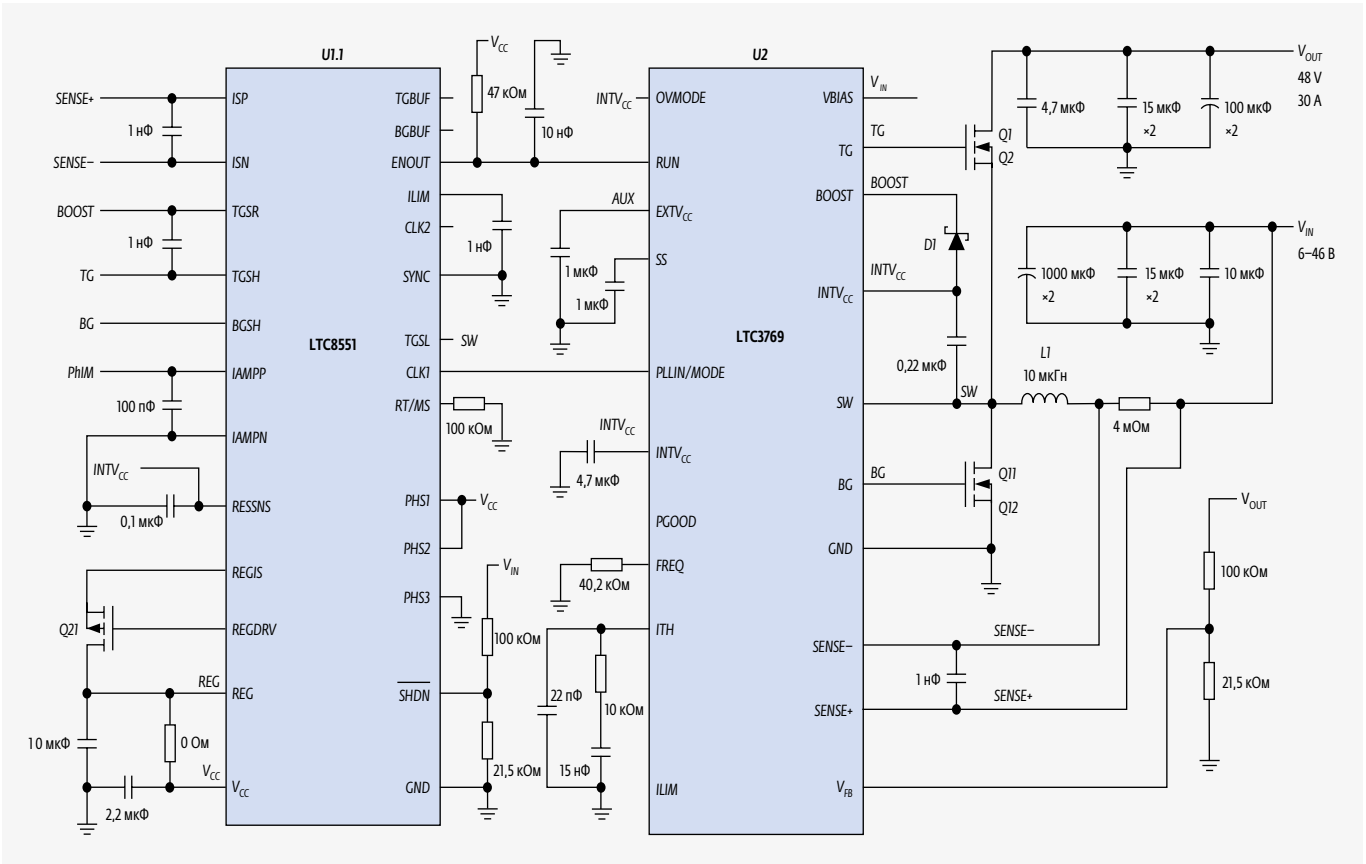

Рис. 1. Интерфейс расширителя фаз LT8551 *U1.1* к первичному контроллеру *U2* (четыре дополнительные (расширенные) силовые фазы показаны на рис. 2)

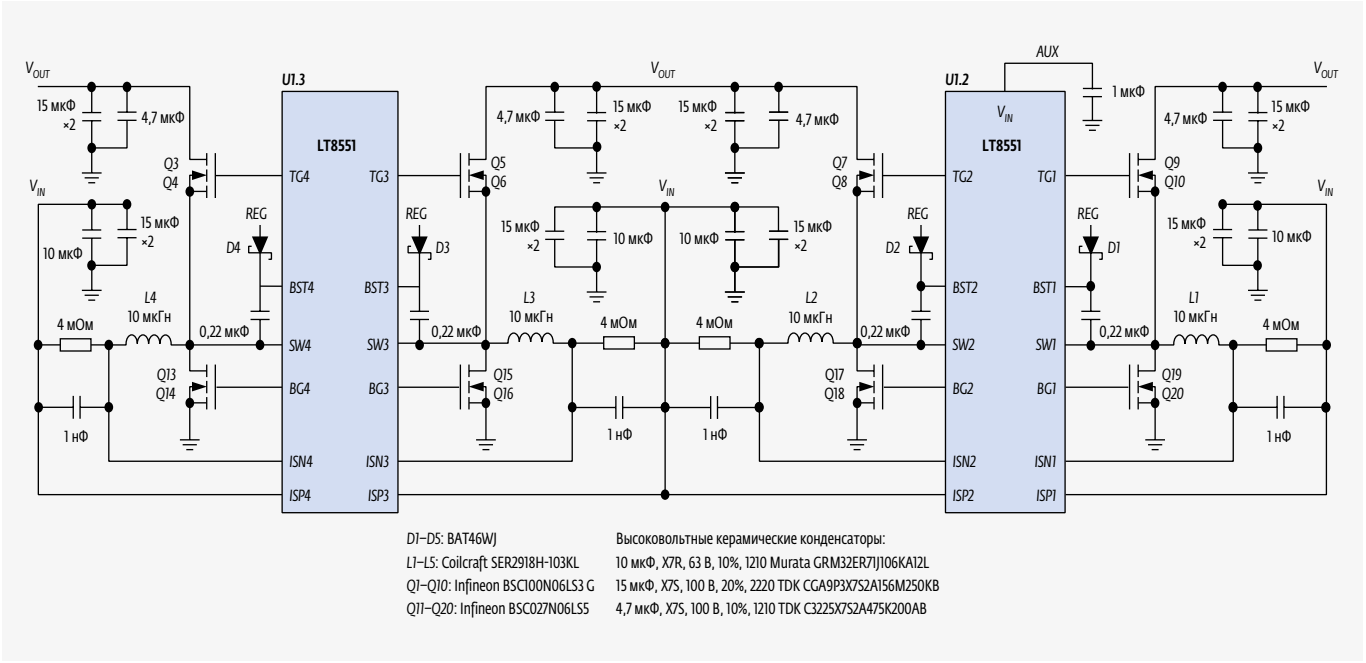

Рис. 2. Электрическая схема силовой части LT8551 – подсистем *U1.2* и *U1.3* (интерфейс LT8551 к первичному контроллеру повышающего преобразователя показан на рис. 1, V_{IN} = 6–46 В, а V_{OUT} = 48 В при токе 30 А)

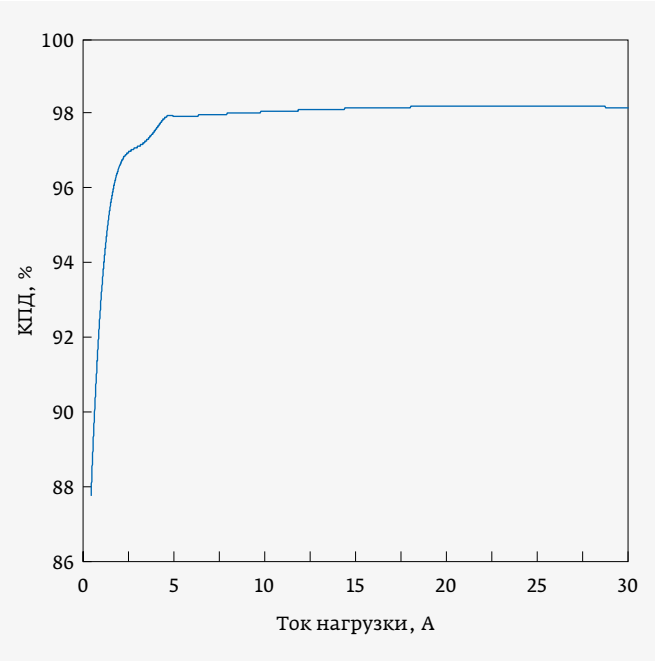

Рис. 3. КПД преобразователя при V_{IN} = 24 В с конвекционным охлаждением (без воздушного потока)

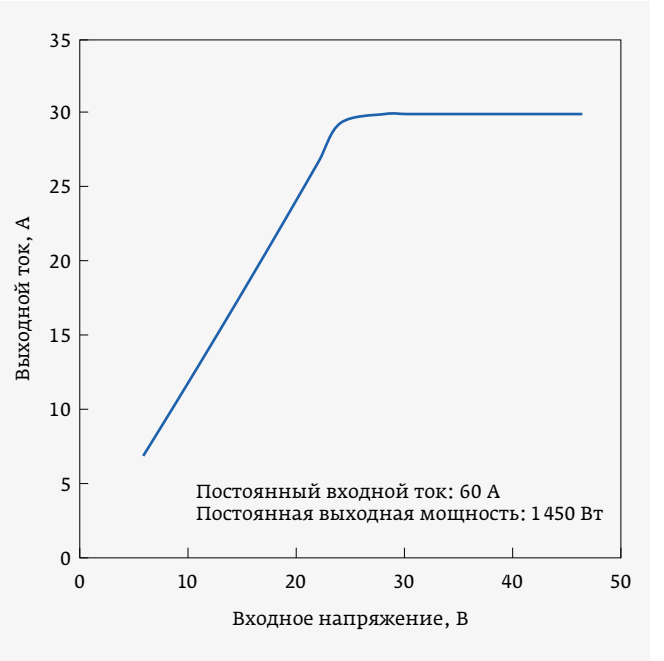

Рис. 4. Кривая снижения выходной мощности в зависимости от входного напряжения

управления режимом пикового тока с использованием вывода *ITH* как выхода усилителя ошибки. Все высокоимпедансные схемы (помимо вывода V_{FB}) и чувствительные к шуму компоненты (помимо вывода *ITH*) расположены рядом с *U2* и не подключены к внешним компонентам. Такой подход обеспечивает компактные и защищенные от помех топологические решения.

Вместо использования для расширения фаз обычных сигналов обратной связи и усилителя ошибки, LT8551 реализует сложную (но более надежную) схему детектирования состояния ключа. В подсистеме *U1.1* используются помехоустойчивые сигналы управления затвором *BG* и *TG* и сигнал коммутации *SW* первичного контроллера для организации четырех фаз силовых цепей под управлением *U1.2* и *U1.3*. Контроллер *U1* выравнивает токи индуктивности между всеми фазами (как первичной, так и дополнительными). Это достигается путем измерения выходных токов каждого канала через соответствующие выводы измерения тока *ISPx*, *ISNx* и выводы *ISP* и *ISN*, подключенные к выводам *SENSE+* и *SENSE–* контроллера *U2*. При управлении фазами учитываются также состояние сигнала на выводе $INTV_{CC}$ и напряжение на выводе *BOOST*.

На схемах рис. 1 и 2 показана минимальная конфигурация повышающего преобразователя, в котором реализовано до пяти фаз переключения. LT8551 можно использовать для масштабирования практически любого однофазного повышающего контроллера до 18 фаз с соответствующим увеличением доступной выходной мощности. В конфигурациях, обеспечивающих более пяти фаз переключения, одна микросхема LT8551 выступает в роли ведущей, а дополнительные LT8551 – в роли ведомых.

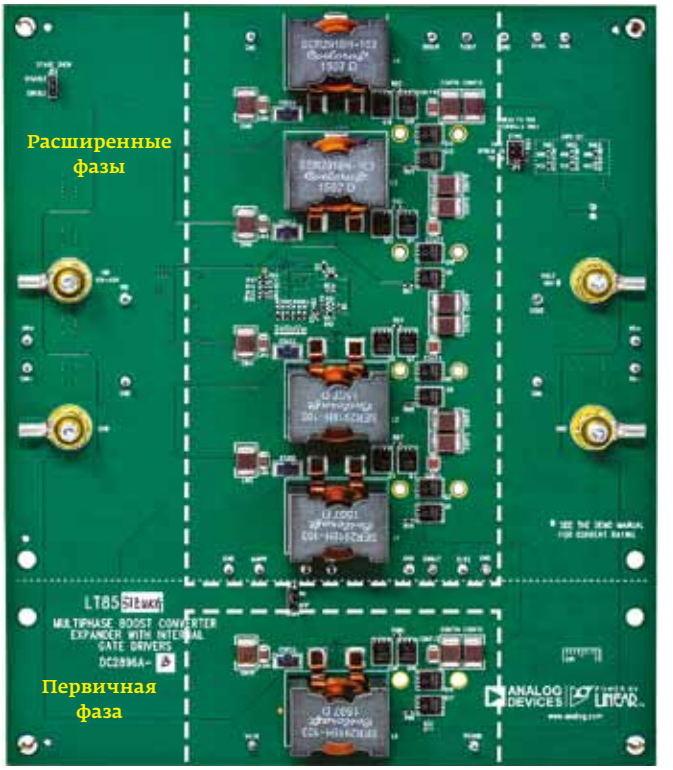

Рис. 5. Демонстрационная плата DC2896A-B на основе LT8551

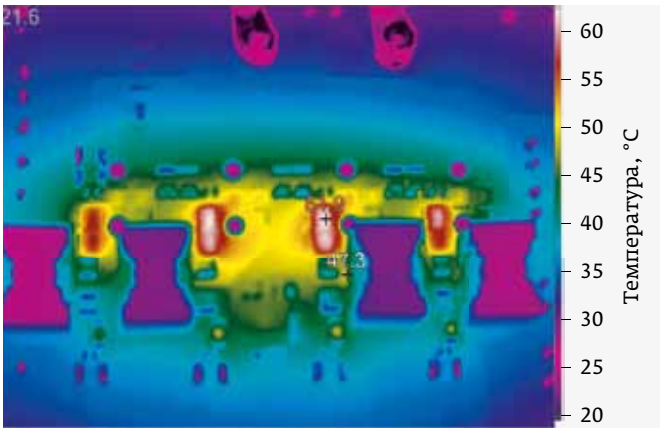

Рис. 6. Тепловое изображение демонстрационной платы на базе LT8551 с конвекционным охлаждением (без воздушного потока) (V_{IN} = 24 В, V_{OUT} = 48 В при токе 25 А)

Сигнал *CLK1* ведущего устройства обеспечивает синхронизацию первичного и ведомых контроллеров, тогда как сигнал *CLK2* определяет фазовые углы для последующих фаз, обеспечивая до 18 уникальных фазовых углов. 18-фазный лимит не ограничивает количество каналов – если каналам разрешено использовать один и тот же фазовый угол, то количество силовых фаз практически не ограничено.

Силовая часть схемы, показанная на рис. 1 и 2, включает в себя мощные n-канальные транзисторы MOSFET (*Q1–Q20*), катушки индуктивности (*L1–L5*), а также входные и выходные фильтры. На рис. 3 показана характеристика КПД преобразователя с максимальным выходным током 30 А при выходном напряжении V_{OUT} = 48 В и входном напряжении V_{IN} = 24 В. Ток нагрузки должен быть снижен при уменьшении V_{IN}, чтобы ограничить входной ток и тепловую нагрузку. Кривая снижения номинального тока нагрузки представлена на рис. 4. LT8551 включает в себя внутренние схемы балансировки тока катушки индуктивности, которые обеспечивают отличное распределение тока между фазами с разбросом от ±6 до ±10%.

Чтобы снизить тепловую нагрузку на оба контроллера, особенно при высоких напряжениях, рекомендуется использовать вспомогательный источник питания (*AUX*). Одно из возможных решений можно найти в схемах для LT8551.

На рис. 5 показана оценочная плата DC2896A-B, на которой обозначены первичная и расширенные фазы. Тепловое изображение платы для расширенных фаз показано на рис. 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширитель фаз LT8551 предоставляет разработчикам источников питания гибкий инструмент для создания мощных, высокоэффективных повышающих преобразователей путем увеличения количества фаз переключения для достижения желаемой мощности. Высокая рабочая частота (до 1 МГц) помогает минимизировать габариты силовых компонентов, а встроенные драйверы затвора наряду с точным контролем и балансировкой тока катушки индуктивности помогают предотвратить переход в режим насыщения и равномерно распределить тепло по поверхности платы.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»

Цена 1300 руб.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ОТ АВТОМОБИЛЕЙ ДО АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Под ред. М. Бруссили, Дж. Пистойя

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2011. – 784 с., ISBN: 978-5-94836-287-8

В книге представлен аналитический обзор многочисленных электрохимических систем – неводных (с жидкими, полимерными или расплавленными солевыми электролитами) и водных аккумуляторных батарей, а также обсуждаются вопросы дальнейшего совершенствования конструкции батарей, технологии их изготовления, разработки новых материалов и повышения их надежности.

Монография предназначена для широкого круга специалистов, работающих в области электроники.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 🖷 +7 495 956-3346; **knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru**