Управление синхронными выпрямителями с помощью гальванической развязки для цифровых сигналов

БРАЙАН КИНГ (BRIAN KING), инженер по применению, Texas Instruments

В статье показано, как с помощью гальванической развязки для цифровых сигналов можно улучшить схему управления синхронными выпрямителями. В качестве примера рассмотрена схема прямоходового преобразователя. Рассмотрены основные параметры этого проекта, а также проведено сравнение различных методов управления синхронными выпрямителями. Статья представляет собой перевод [1].

Во многих современных импульсных источниках питания для улучшения эффективности используются синхронные выпрямители. В изолированных топологиях контроллер источника питания обычно включается в первичной цепи изолирующего барьера, а синхронные выпрямители — во вторичной цепи. Управляющие сигналы должны передаваться через изолирующий барьер с минимальной задержкой.

Наиболее популярным методом реализации такого подхода является применение трансформаторов управления затвором. Менее широко используются оптопары. В некоторых топологиях применяются синхронные выпрямители, в которых сигналы управления затвором передаются через силовой трансформатор. Новым решением для управления синхронными выпрямителями на базе твердотельных схем является применение гальванической развязки для цифровых сигналов (ГРЦС) с емкостным изоляционным барьером.

На рисунке 1 показана функциональная схема ГРЦС ISO721M компании Texas Instruments. Она содержит логический входной и выходной буфер, которые разделены изоляционным барьером из диоксида кремния. ГРЦС преобразует входной сигнал и передает его через изоляционный барьер с помощью емкостной связи.

Во вторичной цепи ГРЦС дифференциальный компаратор принимает сигнал и передает его на логический выход. Диэлектрическая и емкостная симметрия внутри интегральной схемы обеспечивает хорошее согласование емкостей и невосприимчивость к быстрым изменениям напряжения в переходном процессе на входной и выходной земляной шине. В микросхеме предусмотрена диагностика: из первичной цепи во вторичную передается периодический сигнал оповещения. Если этот сигнал отсутствует во вторичной цепи в течение более чем 4 мкс, то выход переходит в безопасный режим, когда выходное напряжение переходит в состояние высокого логического уровня. Устройства заключены в 8-выводном компактном корпусе для поверхностного монтажа.

Эксплуатационные характеристики данного ГРЦС отвечают требованиям импульсных источников питания. Изоляционный барьер типового ГРЦС обеспечивает гальваническую развязку 4000 В. В большинстве изолированных источниках питания требуется изоляция от 1500 до 3000 В. Кроме того, ГРЦС невосприимчивы к переходным процессам со скоростью до 50 кВ/мкс, что необходимо для работы в условиях высокого уровня помех (dV/dt), характерного для импульсных источников питания. Максимальная скорость передачи данных обычно составляет

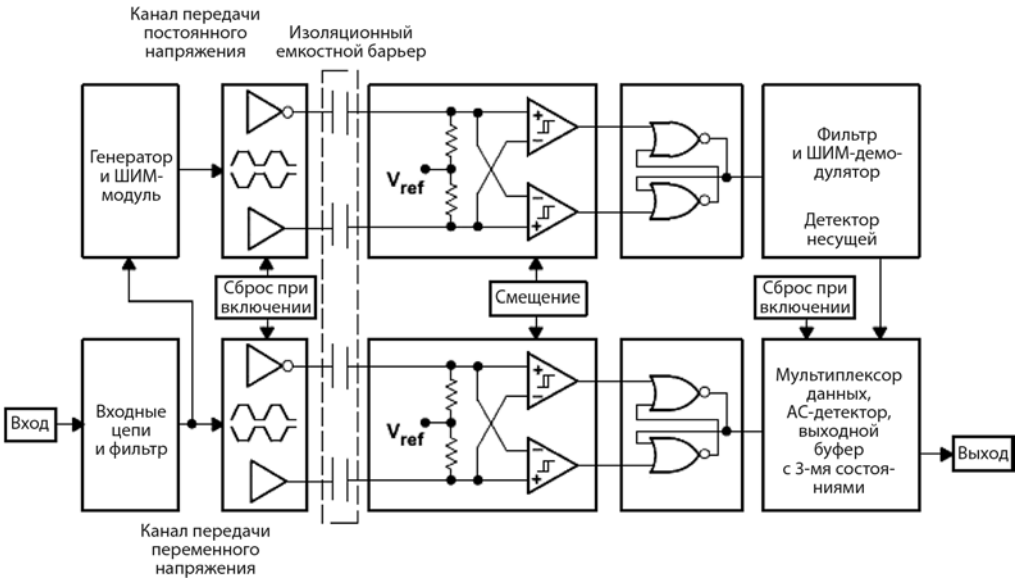


Рис. 1. ***ГРЦС с емкостным барьером использует симметричный сигнал для того, чтобы обеспечить надежность функционирования при высокой скорости изменения напряжения dV/dt***

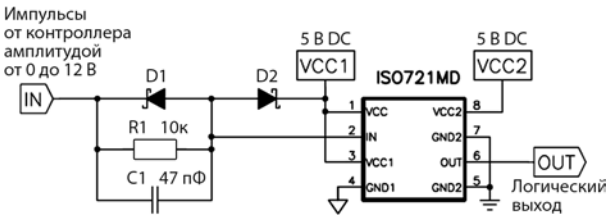


Рис. 2. ***Входной логический сигнал ГРЦС требует дополнительного преобразования***

около 150 Мбит/с, в то время как импульсные источники питания работают на частоте от 100 кГц до 1 МГц.

Задержки распространения сигнала являются критичными параметрами для систем управления синхронными выпрямителями. Слишком большая задержка может привести к возникновению сквозных токов (shoot-through currents). Когда это происходит, вторичные обмотки трансформатора, по сути, шунтируются накоротко вторичными синхронными выпрямителями, что приводит к возникновению сильных сквозных токов и чрезмерному рассеиванию мощности. Максимальное время задержки ГРЦС имеет величину порядка 10 нс.

ГРЦС предназначены для таких приложений, как промышленные сети, интерфейсы компьютерной периферии, интерфейсы сервоприводов и системы сбора данных. Для питания внутренней логики в первичной цепи ГРЦС требуется напряжение питания 3,3 или 5 В. Некоторые контроллеры источников питания содержат вспомогательный источник опорного напряжения, который можно использовать для питания, однако, нельзя превышать их допустимую нагрузочную способность. ГРЦС могут потреблять до 4 мА от источника первичной цепи (VCC1). В качестве варианта, можно использовать линейный стабилизатор для питания ГРЦС.

Входной логический сигнал должен быть предварительно преобразован и сформирован. Выходные сигналы управления затвором контроллера источника питания, как правило, имеют амплитуду 12 В и более. Преобразование этого сигнала может быть осуществлено с помощью нескольких дискретных компонентов, как показано на рисунке 2. Когда сигнал управления затвором находится в состоянии высокого уровня, диод D2 поддерживает на входе напряжение, превышающее VCC1 на несколько сотен милливольт, а R1 ограничивает ток от контроллера затвора. Но сопротивление R1 и паразитная емкость входного контакта приводят к возникновению значительной задержки. Для уменьшения задержки в схеме включен конденсатор C1, который позволяет ускорить передачу нарастающего фронта сигнала на входе ГРЦС. Диод D1 обеспечивает очень быстрый спадающий фронт сигнала управления затвора.

Вторичная цепь ГРЦС также требует дополнительную схему для связи с аналоговыми цепями. Для питания вторичных цепей требуется источник питания с напряжением либо 3,3, либо 5 В, что может обеспечить маломощный линейный стабилизатор. Логический выход ГРЦС не подходит для непосредственного управления затворами синхронных выпрямителей. Управляющий сигнал необходимо передать на микросхему драйвера MOSFET, которая должна иметь минимальную задержку распространения сигнала и достаточную нагрузочную способность.

На рисунке 3 изображена схема прямоходового преобразователя (6 В/120 Вт) с изолированным входом на 48 В с использованием ГРЦС. MOSFET в первичной цепи (Q4 и Q5) управляются контроллером UCC2897A. Сигнал управления затвором UCC2897A (на схеме обозначен как DRV) преобразуется и передается на логический вход ISO721M. Два маломощных линейных стабилизатора TPS71550 обеспечивают питание ISO721M. ГРЦС передает свой логический выходной сигнал на драйвер MOSFET TPS28225, который формирует сигналы LGATE и UGATE для управления двумя парами синхронных полевых транзисторов.

В данном прямоходовом преобразователе мощность передается со входа на выход, когда транзисторы Q4 и Q5 находятся во включенном состоянии. Для правильной работы схемы транзисторы Q1 и Q2 должны быть включены в то же самое время, что и Q4 и Q5. Во время выключения Q4 и Q5 другая пара синхронных выпрямителе, Q7 и Q8, находятся во включенном состоянии. Общая задержка распространения сигнала от UCC2897A до затвора синхронных MOSFET составляет примерно 50 нс.

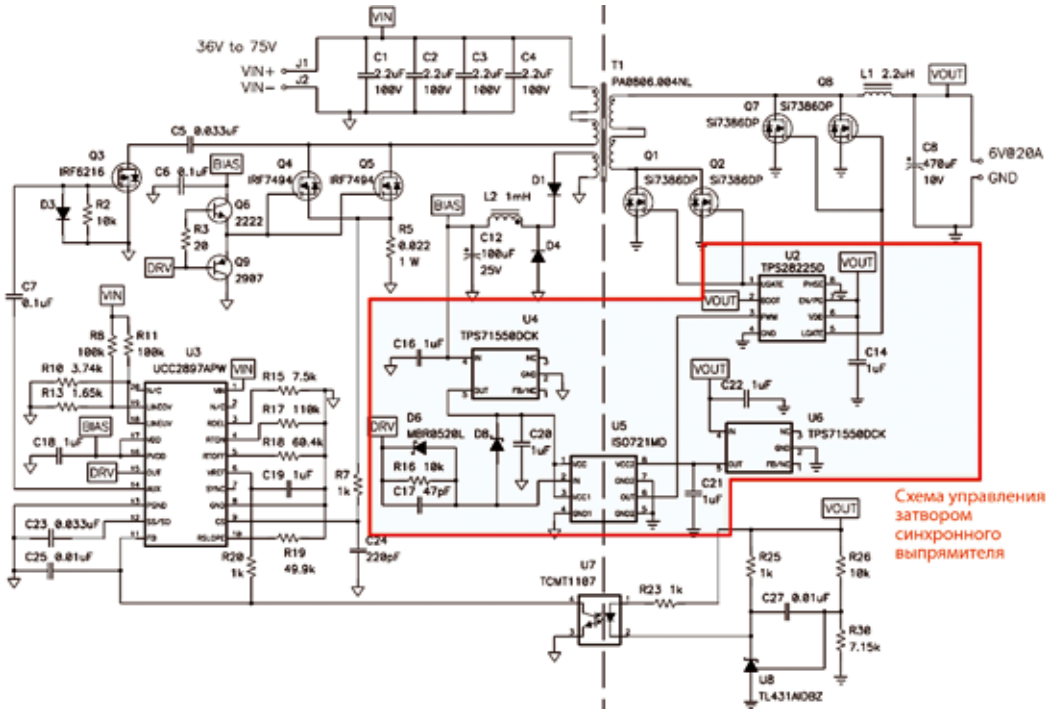
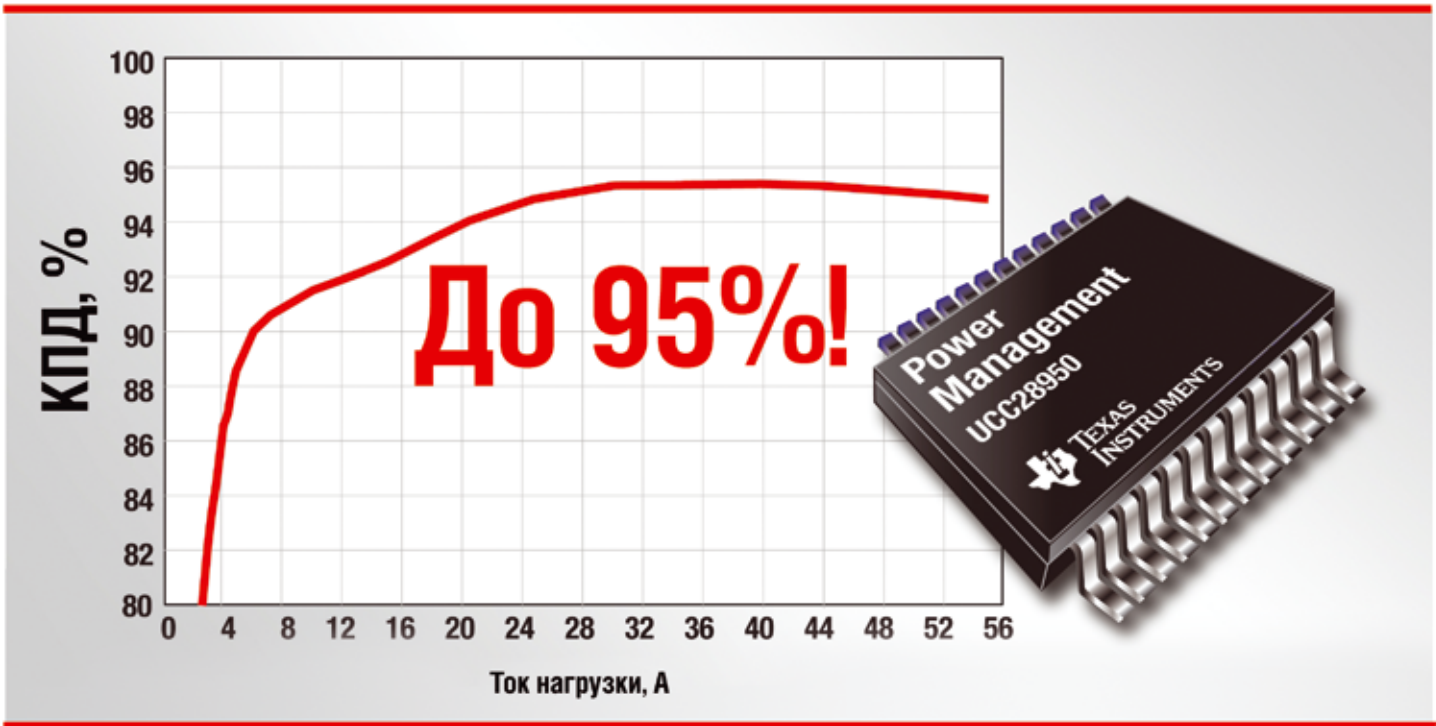


Рис. 3. ***В схеме прямоходового преобразователя ГРЦС управляет синхронными выпрямителями***

UCC28950 НОВЫЙ МОСТОВОЙ ШИМ-КОНТРОЛЛЕР



Texas Instruments

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ UCC28950:

- Специальные выходы для управления синхронным выпрямителем
- КПД до 95%
- Специальный режим GREEN MODE для увеличения эффективности при работе на холостом ходу
- Вход разрешения включения
- Функция плавного запуска
- Контроль перегрузки по току в каждом такте

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Мощные источники питания с высокой плотностью энергии
- Источники питания серверов и телекоммуникационной аппаратуры
- Силовые промышленные системы
- Преобразователи солнечной энергии
- Электрические транспортные средства
- Драйверы электродвигателей постоянного тока

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru

Таблица 1. ***Сравнение методов управления синхронным выпрямителем***

Параметр	Оптическая изоляция (оптрон)	Трансформаторы управления затвором	Синхронные выпрямители с автоматическим управлением	ГРЦС
Напряжение изоляции, В	3750	4000	более 4000	4000
Минимальная задержка распространения, нс	25*	50*	0	10*
Невосприимчивость к помехам dV/dt, кВ/мкс	10	более 25	более 25	25
Дополнительные компоненты	2 микросхемы и 5 дискретных элементов	2 трансформатора и 12 дискретных элементов	От 0 до 10 дискретных элементов	3 микросхемы и 7 дискретных элементов
Сравнительная стоимость	$$$	$$	$	$$$
Габаритная высота, мм	3	5	-	3

* Требуется схема преобразования сигнала с дополнительной задержкой 25…50 нс.

В схему включен 20-Ом резистор затвора (R3) для замедления включения полевых транзисторов в первичной цепи, чтобы компенсировать эту задержку.

Схема управления затворами на ISO721M потребляет минимальную мощность для передачи управляющего сигнала на драйвер MOSFET. Использование синхронных выпрямителей позволяет этому 20-А источнику питания достичь максимального КПД более 94%. На рисунке 4 показана плата данного эталонного проекта. Высокая эффективность и высокая степень интеграции позволили разместить это устройство в форм-факторе quarter brick без дополнительного радиатора. Возможно также масштабирование этой схемы для широкого диапазона выходных напряжений.

В таблице 1 сравниваются четыре метода управления синхронным выпрямителем. Синхронные выпрямители с автоматическим управлением предлагают наиболее привлекательное решение, но их использование ограничено по топологии, входному и выходному напряжению, а также защищено патентами. Трансформаторы управления затвором обеспечивают достаточно экономически эффективную альтернативу синхронным выпрямителям с автоматическим управлением, но физические размеры трансформаторов иногда могут вызывать проблемы. При использовании ГРЦС задержка распространения меньше, чем для трансформаторов управления затвором или для схемы управления затворами с оптической изоляцией. Кроме того, устройство на ГРЦС имеет низкую габаритную высоту и требует минимальную площадь на плате.

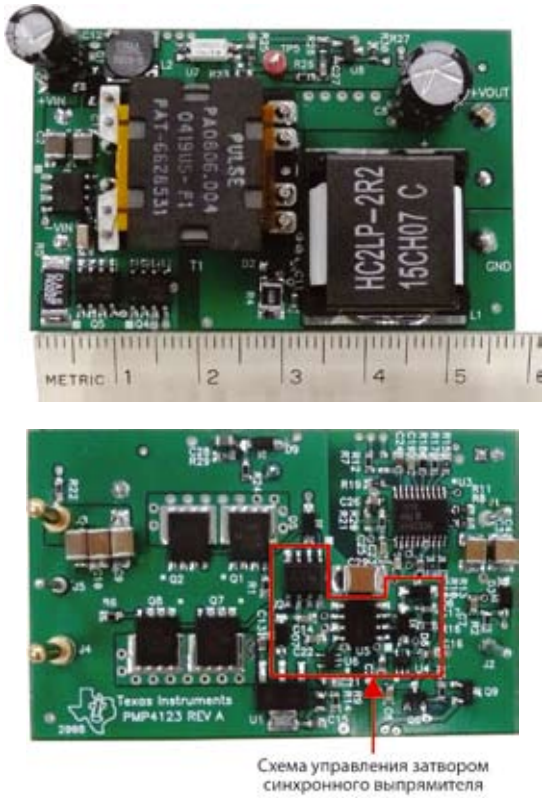


Рис. 4. ***ГРЦС занимает минимум места на плате 120-Вт прямоходового преобразователя*** *(фото лицевой и обратной стороны платы)*

ГРЦС обеспечивают твердотельное решение для управления синхронными MOSFET в изолированных импульсных источниках питания. Кроме того, схемы на ГРЦС потребляют менее 100 мВт, что минимизирует потери мощности. Хотя в качестве примера в данной статье рассмотрен простой прямоходовый преобразователь, ГРЦС имеют большие потенциальные возможности для применения в различных топологиях, в которых требуется более сложная логика управления синхронными выпрямителями, например, в мостовой топологии и топологии с чередованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brian King. Controlling synchronous rectifiers with digital isolators//www.power-eetimes.com.

НОВОСТИ ДАТАКОМА

| ТРАНСПОРТ АРХАНГЕЛЬСКА ПОДКЛЮЧИЛИ К ГЛОНАСС | К единой спутниковой навигационной системе ГЛОНАСС подключился Архангельск.

Абонентскими телематическими терминалами M2M-Cyber GLX оборудованы более сотни транспортных средств. Благодаря системе мониторинга и управления транспортом достигнут полный контроль над соблюдением маршрутов движения, скоростью передвижения транспортных средств, несанкционированным использованием техники, работой навесных механизмов.

В рамках сотрудничества с Федеральным дорожным агентством (Росавтодор) по итогам 2009 г. «M2M телематика» поставила Управлениям дорог 3688 комплектов оборудования на базе ГЛОНАСС.

«Впервые предприятия дорожно-строительной отрасли России объединяются единой автоматизированной системой навигационно-диспетчерского контроля. На данный момент осуществляется установка ГЛОНАСС-оборудования на транспортные средства компаний, обслуживающих сеть дорог федерального значения, во многих городах и регионах РФ», — сообщила пресс-служба ГК «M2M телематика».

www.russianelectronics.ru