

ОБРАТНОХОДОВЫЕ ДРАЙВЕРЫ СВЕТОДИОДОВ

ПИТЕР ГРИН (PETER B. GREEN), менеджер группы светодиодных продуктов, International Rectifier Corp.

В статье рассмотрены особенности применения обратноходовой топологии преобразователей при построении высокоэффективных драйверов светодиодов для систем освещения.

Светодиодные светильники и светодиодные лампы для замены традиционных осветительных приборов все более широко внедряются во многих системах общего освещения, вытесняя с рынка лампы накаливания, галогенные лампы и компактные люминесцентные лампы. Обратногоходовой DC/DC-преобразователь представляет собой распространенную топологию источника питания для крупного сегмента рынка драйверов светодиодов. Обратногоходовая топология обеспечивает электрическую развязку между светодиодами и сетью переменного тока, отвечая таким образом требованиям безопасности для большинства светодиодных ламп.

Почти все светодиодные лампы замены содержат массивный алюминиевый радиатор, форма которого соответствует конструкции лампы, со множеством ребер для максимального увеличения поверхности. Светодиоды высокой яркости генерируют тепло, которое необходимо отводить в окружающее пространство, чтобы не допустить перегрева и сокращения срока службы лампы.

Хотя доступ к самим светодиодам затруднен, зачастую они электрически соединены с радиатором, поскольку их электрическая изоляция друг от друга создает и тепловой барьер. При использовании изоляционных матери-

алов необходимо следить, чтобы они были достаточно тонкими для минимизации теплового барьера, что, однако, не обеспечивает надежной электрической изоляции. Именно поэтому изолированным обратноходовым драйверам часто отдадут предпочтение в сравнении с понижающими преобразователями с более простой неизолированной топологией.

Другими преимуществами обратноходовых драйверов светодиодов являются их простота, низкая стоимость, возможность достижения высокого коэффициента мощности и совместимость (при использовании дополнительной схемы) с широко распространенными диммерами на базе триака.

На рисунке 1 показаны основные компоненты обратноходового драйвера светодиодов. Ключевым элементом схемы является сдвоенная катушка индуктивности, которую иногда некорректно называют трансформатором. Всего один высоковольтный MOSFET обеспечивает подключение первичной обмотки катушки индуктивности к шине постоянного тока.

Когда ключ включен, ток в катушке возрастает, а энергия сохраняется в магнитном поле. Для этого необходимо, чтобы сердечники катушки индуктивности имели воздушный зазор. Когда MOSFET выключается, ток в первичной цепи прерывается, а во вторичной

обмотке должен появиться ток, текущий через диод в выходной конденсатор и нагрузку. На данной стадии энергия, запасенная в катушке, преобразуется в выходной ток. Когда MOSFET включен, ток на выходе не течет, и чтобы обеспечить непрерывный ток через светодиоды, необходим накопительный конденсатор на выходе.

Коэффициент преобразования катушки индуктивности не обеспечивает понижения или повышения напряжения, как в трансформаторе. Этот коэффициент определяется величиной отраженного напряжения, которое возникает на первичной обмотке в то время, когда MOSFET находится в выключенном состоянии.

Напряжение на истоке MOSFET не должно превышать максимального номинального напряжения VDS при пиковом напряжении в сети и максимальном выходном напряжении светодиода. Это напряжение равно напряжению на шине постоянного тока плюс выходному напряжению светодиода, умноженному на коэффициент преобразования катушки индуктивности, которое определяется отраженным напряжением. Для 120-В устройства MOSFET должен быть рассчитан на напряжение 400 В, а для 277-В устройства или схемы с более широким входным диапазоном напряжения MOSFET должен выдерживать напряжение 650 В. Это позволяет использовать катушку индуктивности, содержащую умеренное число витков во вторичной цепи.

Поскольку обратноходовой преобразователь непрерывно запасает и преобразует энергию, катушка индуктивности используется только в одном квадранте кривой намагничивания. Это означает, что сердечник должен быть большего размера, чтобы обеспечить преобразование заданной энергии, по сравнению с другими, усложненными топологиями источника питания, в которых сердечник используется более эффективно. По этой причине обратноходовая схема лучше всего подходит

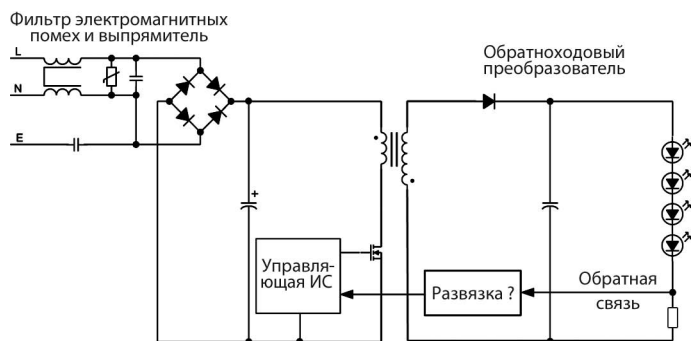
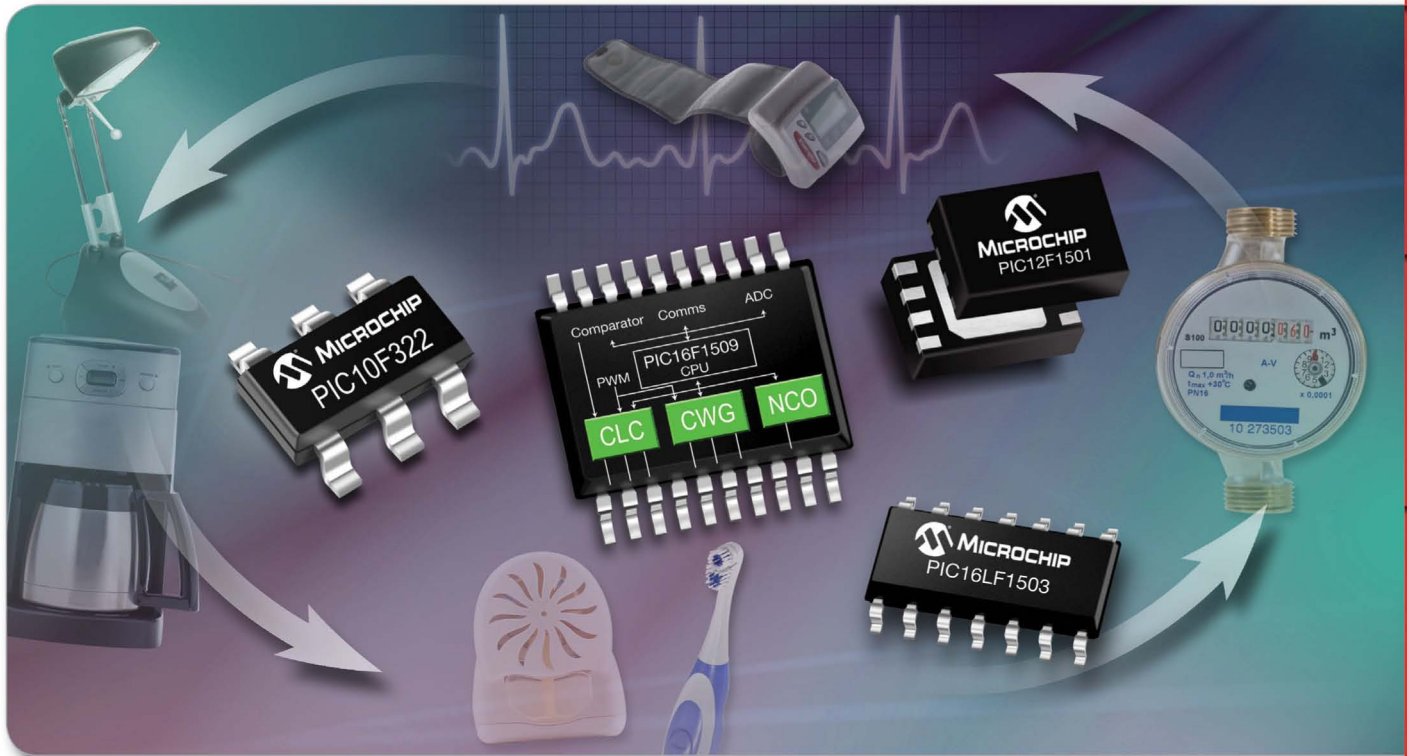


Рис. 1. Базовая схема обратноходового драйвера светодиодов

Новые 8-и разрядные микроконтроллеры с модулем конфигурируемой логики в корпусах от 6- до 20-и выводов



Новые 8-и разрядные микроконтроллеры Microchip PIC10F/LF32x и PIC12/16F/LF150x позволяют вам добавить функциональности, уменьшить размер и цену, а так же уменьшить потребление тока ваших разработок с помощью интегрированных модулей Конфигурируемых Логических Ячеек (Configurable Logic Cells – CLC), Комплементарного Формирователя Сигналов (Complementary Waveform Generator – CWG) и Управляемого Цифрового Генератора (Numerically Controlled Oscillator – NCO).

Конфигурируемые Логические Ячейки (CLC) дают вам возможность программного управления комбинационной и последовательной логикой, что дает вам дополнительные возможности по уменьшению числа внешних элементов и уменьшению размера кода. Модуль Комплементарного Формирователя Сигналов помогает расширить функции различной периферии по управлению выходными каскадами, а Управляемый Цифровой Генератор предоставляет возможность формирования линейно-изменяющейся частоты с высоким разрешением для задач формирования звука и цифровых балластов.

Микроконтроллеры PIC10F/LF32x и PIC12/16F/LF150x имеют низкий ток потребления, внутренний генератор с частотой 16МГц, АЦП, датчик температуры и ШИМ-генератор. Все микроконтроллеры имеют миниатюрные корпуса с числом выводов от 6- до 20-и выводов.

БЫСТРЫЕ В ОСВОЕНИИ ОТЛАДЧНЫЕ СРЕДСТВА



Отладочный комплект PICDEM™
Lab - DM163045



Отладочная платформа
PIC16F193X 'F1' - DM164130-1



Демонстрационная плата PICkit™
Low Pin Count Demo Board -
DM164120-1

Бесплатная утилита конфигурирования «CLC
Configuration Tool»:
www.microchip.com/get/euclctool

Посетите сайт www.microchip.com/get/eunew8bit чтобы получить больше информации о маловыводных контроллерах PIC с новой периферией

www.microchip.com

 **MICROCHIP**

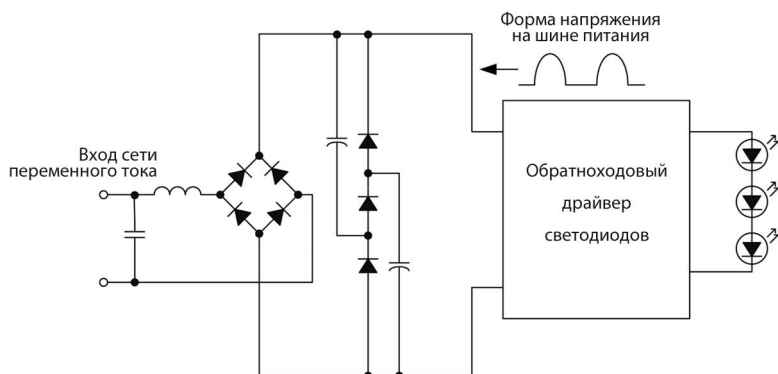


Рис. 2. Обратногоходовый драйвер с пассивной (valley-fill) коррекцией коэффициента мощности

для систем с уровнем мощности ниже 50 Вт, что соответствует всем типам светодиодных ламп замены, а также многим типам потолочных светильников и других осветительных систем. В действительности, обратноходовые преобразователи могут использоваться и при более высоком уровне мощности. Однако в этом случае их схемы становятся более сложными, в них часто используется несколько катушек индуктивности и MOSFET, работающие в режиме чередования.

Учитывая нормативные требования к характеристикам светодиодных систем освещения, не следует забывать и о вопросах, связанных с воздействием этих систем на окружающую среду, в частности — о необходимости достижения высокого значения коэффициента мощности. Обратногоходовый драйвер светодиодов способен обеспечить коэффициент мощности порядка 0,9 с помощью пассивной схемы без использования предварительного каскада стабилизации, что потребовало бы значительных дополнительных затрат и увеличения размеров системы.

Имеются два основных способа достижения высокого коэффициента мощности. Первый метод заключается в питании обратноходовой схемы от шины постоянного тока с двухполупериодным выпрямлением с использованием конденсатора малой емкости для высокочастотной связи. Второй способ — добавление простой схемы пассивной (valley-fill) коррекции коэффициента мощности, состоящей из двух конденсаторов и трех диодов (см. рис. 2).

Первый метод менее затратный, но требует применения удерживающего конденсатора большей емкости на выходе, чтобы исключить падение тока светодиода вблизи точки пересечения нулевого уровня линии переменного тока. По этой причине этот метод не целесообразен для практической реализации, за исключением случаев, когда ток светодиода мал (менее

350 мА). Второй метод более дорогостоящий, но позволяет преодолеть ограничения первого метода и широко используется на практике.

Другой важной проблемой, которую следует рассмотреть, является способ стабилизации тока светодиода. Это также решается несколькими вариантами.

1. Применение схемы измерения напряжения и тока во вторичной цепи совместно с оптопарой, которая обеспечивает передачу сигнала обратной связи на микросхему управления в первичной цепи.

2. Стабилизация пикового тока первичной цепи только в MOSFET вместо прямого измерения напряжения или тока светодиода.

3. Использование интеллектуального метода измерения тока в первичной цепи, обеспечивающего стабилизацию тока и защиту от перенапряжения без необходимости применения развязывающей оптопары.

Первый метод является наиболее точным, но требует применения оптопары, связанной со схемой измерения и стабилизации на выходе, что увеличивает стоимость и габариты системы.

Второй способ устраняет необходимость применения большого числа компонентов, но позволяет реализовать управление с меньшей точностью, когда лишь поддерживается необходимый уровень выходного тока для светодиодов на выбранной линии и выходное напряжение светодиода. Хотя этот метод можно применить в некоторых бюджетных приложениях, он не обеспечивает защиты в случае разомкнутой цепи. На выходе обратноходового преобразователя может быть создано высокое напряжение в случае, когда нагрузкой становится разомкнутая цепь, например, если один из светодиодов выходит из строя, образуя разрыв цепи. Это происходит из-за того, что должна выделяться энергия, запасаемая в катушке, и поэтому напряжение в цепи продолжает возрастать до тех пор, пока это возможно.

Третий способ реализуется с помощью интеллектуальной микросхемы управления обратноходовым преобразователем, которая способна измерять ток и напряжение в первичной цепи, и алгоритма определения выходного тока без необходимости прямого его измерения. Драйвер светодиодов на базе такого контроллера способен формировать стабилизированный выходной ток при изменении входного напряжения в некотором диапазоне, хотя из-за разброса напряжений на выходе, его требуется устанавливать для конкретного числа светодиодов. Такие контроллеры могут также содержать схемы детектирования разомкнутой цепи и тем самым ограничивать выходное напряжение. Этот метод более точен, чем второй, причем все дополнительные функции интегрированы в одном контроллере, но все же он уступает по точности первому методу.

В обратноходовом драйвере, применяемом для светодиодных ламп замены, можно было бы использовать любую комбинацию названных способов коррекции коэффициента мощности и методов управления. Однако в настоящее время на рынке осветительных систем наблюдается тенденция применения для регулировки яркости светодиодных систем диммера на базе триака. Это еще более усложняет светодиодные драйверы. Как правило, диммер на базе триака не работает корректно с емкостными нагрузками. Это происходит из-за того, что после запуска триак продолжает проводить ток, только если его величина выше определенного порогового значения — тока удержания. В светодиодных драйверах обычно требуется дополнительная схема, обеспечивающая такой режим. Без нее триак работает неустойчиво, что приводит к мерцанию света.

После решения данной проблемы нужно побеспокоиться о том, чтобы предусмотреть в драйвере светодиодов возможность регулировки выходного тока в зависимости от состояния диммера. Принцип работы наиболее простой схемы основан на снижении напряжения на шине питания при уменьшении уровня регулировки диммера, что уменьшает выходной ток. Однако это ограничивает характеристики устройства и работает только в некоторой части полного диапазона регулировки диммера.

Вероятно, более рациональным решением было бы создать диммеры, которые предназначены специально для работы с драйверами светодиодов. (Вместо того, чтобы разрабатывать более сложные светодиодные драйверы для диммеров, которые изначально были приспособлены для ламп нака-



Рис. 3. Стандартная светодиодная лампа замены

ливания). Однако при том, что подобный подход выглядит более логичным с точки зрения техники, рынок не собирается следовать этим путем.

Во многих устройствах реализовано качественное управление яркостью с помощью дополнительных схем, детектирующих угол отпираания триака и преобразующих его в постоянное управляющее напряжение, которое затем используется для соответствующей регулировки выходного тока. Однако такие системы требуют большого количества компонентов, поскольку в них используется первый, описанный выше, метод управления, в котором необходимо использовать большое число оптопар. Это объясняет, почему такие продукты могут стоить более



Рис. 4. Лампа замены типа T8 на базе светодиодов

30 долл. Вероятнее всего, в следующем поколении устройств регулировки яркости на базе обратноходовой топологии будет применен третий метод управления, поскольку на рынке появились новые интеллектуальные управляющие микросхемы.

Как уже говорилось, обратноходовые драйверы светодиодов используются во многих типах светильников, поскольку требуемый уровень мощности таких устройств обычно не превышает 50 Вт (см. рис. 3). Светодиоды также используются в качестве замены для люминесцентных ламп, при этом они обеспечивают весьма сходные световые характеристики, но позволяют повысить эффективность (люмен на ватт) и увеличить срок службы. На рисунке 4 показан пример такой лампы, в которой множество компактных светодиодов, расположенных последовательно, образуют длинную цепочку, которая воспринимается как непрерывный источник света. Такая 24-Вт светодиодная лампа заменяет 32-Вт люминесцентную лампу T8. В дан-

ном случае обратноходовая топология — наилучшее решение для недорогого драйвера светодиодов, который удовлетворяет все требования по параметрам и безопасности.

В большинстве случаев для данного типа светодиодной лампы не требуется совместимости с диммерами на базе триака, в которых часто используется аналоговый метод управления яркостью от 0 до 10 В или цифровые способы управления, такие как DALI (Digital Addressable Lighting Interface) для более продвинутых приложений. Это устраняет многие проблемы, связанные с регулировкой яркости, и обеспечивает более точный контроль светового выхода, поскольку появляется возможность объединения ШИМ-управления и линейной регулировки яркости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peter B. Green. Flyback LED drivers offer superior balance among operating tradeoffs// www.eetimes.com.

LG Innotek

Светодиоды

Светодиодные модули

0,2 Вт	Серия 5152 24 лм @ 65 мА / 3,1 В 120 лм/Вт	
0,2 Вт	Серия 5630 20 лм @ 50 мА / 3,0 В 133 лм/Вт	
0,4 Вт	Серия 5630 38 лм @ 120 мА / 3,2 В 99 лм/Вт	
0,6 Вт	Серия 6030 51 лм @ 130 мА / 3,2 В 123 лм/Вт	
3,5 Вт	Серия COB 14x14 400 лм @ 540 мА / 6,6 В 112 лм/Вт	
4,0 Вт	Серия MCP 14x14 360 лм @ 400 мА / 9,6 В 94 лм/Вт	

Компания РСР — официальный дистрибьютор LG Innotek в России

Москва
т.ф.: (+7 495) 780-38-86
т.ф.: (+7 495) 781-21-82

Санкт-Петербург
т.ф.: (+7 812) 490-02-00
т.ф.: (+7 812) 404-65-32

Екатеринбург
т.ф.: (+7 343) 220-37-81
т.ф.: (+7 343) 220-37-82

Челябинск
т.ф.: (+7 351) 267-23-28
т.ф.: (+7 351) 238-80-08

e-mail: rsp@rssp.ru
www.rssp.ru