



Универсальность или специализация?

Решения для управления светодиодами от Linear Technology и Texas Instruments

Андрей Самоделов

Несмотря на то, что для управления светодиодами можно использовать стандартные AC/DC или DC/DC-преобразователи, применение специализированных микросхем часто позволяет обойтись меньшим количеством внешних компонентов, меньшим размером печатной платы и меньшими потерями электро-энергии. Как следствие, решения на LED-драйверах отличаются надежностью и меньшей стоимостью. Кроме того, ряд микросхем позволяет сохранять цветовые характеристики полноцветных светодиодных матриц при регулировании яркости, что недоступно для стандартных решений. В данной статье дано описание микросхем управления питанием светодиодов от компании Linear Technology и корпорации Texas Instruments и сделаны выводы об их отличительных особенностях.

Правильный выбор микросхемы может уменьшить размеры и стоимость решения и обеспечить более долгий срок эксплуатации устройства без замены или подзарядки источника питания, что уменьшит стоимость изделия и сделает его более конкурентоспособным. Выбор наилучшего драйвера светодиодов зависит от многих факторов и оптимальных соотношений (таблица 1). Особенно тщательно необходимо выбирать микросхемы драйверов для устройств с батарейным питанием.

Драйверы светодиодов Linear Technology

Драйверы светодиодов компании Linear Technology делятся на две основные группы: для последовательного и параллельного включения светодиодов. Внутри каждой можно выделить категории по выходной мощности:

- мощные (нагрузки >350 мА);
- средней мощности (ток нагрузки 100...350 мА);
- малой мощности (ток нагрузки 20...90 мА).

В отдельную группу можно выделить драйверы для вспышек/осветителей/фонарей для сотовых телефонов, кино/

фотоаппаратуры и драйверы для источников смещения и фоновой подсветки больших ЖК-панелей.

Во многих драйверах реализована уникальная технология True Color PWM™, которая позволяет получать одинаковый спектральный состав излучения светодиодных матриц во всем диапазоне ШИМ-регулирования яркости светодиодов. Ее суть раскрыта ниже [12].

Рассмотрим упрощенную схему обычного повышающего преобразователя,

работающего в токовом режиме, показанную на рис. 1, где I_{OUT} – регулируемый выходной ток. При резком отключении нагрузки по сигналу на входе PwMIN посредством ключа SW2 цепь обратной связи не может мгновенно изменить ток через дроссель L_L , определяемый пороговым током I_{TH} . Следовательно, V_{OUT} растет из-за того, что продолжает заряжаться конденсатор C_{OUT} , вызывая бросок напряжения на выходе схемы, пока усилитель ошибки возвращает ток I_{TH} заряда компенсирующего конденсатора C_{TH} к нулевому уровню. При повторном подключении нагрузки напряжение на выходе V_{OUT} уменьшается за счет разряда выходного конденсатора током нагрузки, пока напряжение на компенсирующем конденсаторе не достигнет исходного значения.

В зависимости от соотношения параметров устройства (компенсации, параметров нагрузки и номиналов элементов) и ширины управляющего

Таблица 1. Факторы, влияющие на выбор ИС драйвера светодиодов

Фактор	Параметры устройства, зависящие от данного фактора
Рабочий ток через светодиод(ы)	Выходной ток
Соотношение между прямым падением напряжения на светодиоде(ах) и диапазоном входных напряжений	Тип преобразователя: <ul style="list-style-type: none"> • понижающий, • повышающий, • понижающе-повышающий, • SEPIC • инвертор обратного хода
КПД	Критичен для управления светодиодами повышенной яркости (НВ) и минимизации потерь на рассеивание тепла
Потребление тока в выключенном состоянии	Срок службы батарей
Сохранение цветовых характеристик излучения при регулировании яркости и предотвращение сдвига длины волны (цвета) максимума излучения	ШИМ-управление
Количество светодиодов	Выбор последовательной или параллельной схемы включения
Общий размер и стоимость решения	Тип корпуса микросхемы и количество внешних компонентов

импульса на входе PWMIN, ток нагрузки окажется выше или ниже номинального значения, вызывая цветовой сдвиг за счет изменения интенсивности света в одном из цветовых каналов.

Управление по технологии True Color PWM™, реализованное, например, в LTC3783, в упрощенном виде показано на рис. 2. Когда на входе PWMIN присутствует сигнал низкого уровня, выходная нагрузка отключена (SW2), одновременно заблокировано управление ключевым элементом (SW1), а компенсирующий конденсатор C_{ITH} отключен (SW3). Блокировка ключевого элемента SW1 в моменты, когда на входе PWMIN присутствует потенциал низкого уровня, предотвращает возникновение перегрузок для V_{OUT}, а отключение C_{ITH} сохраняет установившееся значение для I_{TH}. Когда на входе PWMIN снова устанавливается высокий уровень и нагрузка повторно подключается, напряжения V_{OUT} и V_{ITH} уже будут иметь значения, соответствующие полной нагрузке, и ток нагрузки восстановится практически мгновенно.

Рассмотренная новая технология позволяет быстро подключать и отключать нагрузку. Это приводит к увеличению коэффициента ШИМ-регулирования яркости, поскольку для заданной частоты ШИМ коэффициент регулирования ограничивается минимально допустимой длительностью импульса (а следовательно, самым низким коэффициентом заполнения).

Мощные универсальные драйверы светодиодов LT3755/3756

Из контроллеров общего применения наиболее универсальными являются микросхемы LT3755/3756, представляющие собой DC/DC-преобразователи, созданные для работы в режиме источников постоянного тока и управления цепочками мощных светодиодов. Для работы микросхем необходим внешний N-канальный мощный MOSFET, подключаемый к общей шине устройства. Режим фиксированной частоты и токовая архитектура обеспечивают стабильную работу в широком диапазоне входного (4,5...40 В для LT3755 или 6...100 В для LT3756) и выходного

(до 75 В для LT3755 или до 100 В для LT3756) напряжения и высокий КПД устройства, достигающий 93%.

Вывод обратной связи по напряжению FB служит входным для некоторых функций защиты светодиодов и позволяет использовать микросхемы в режиме источника постоянного напряжения.

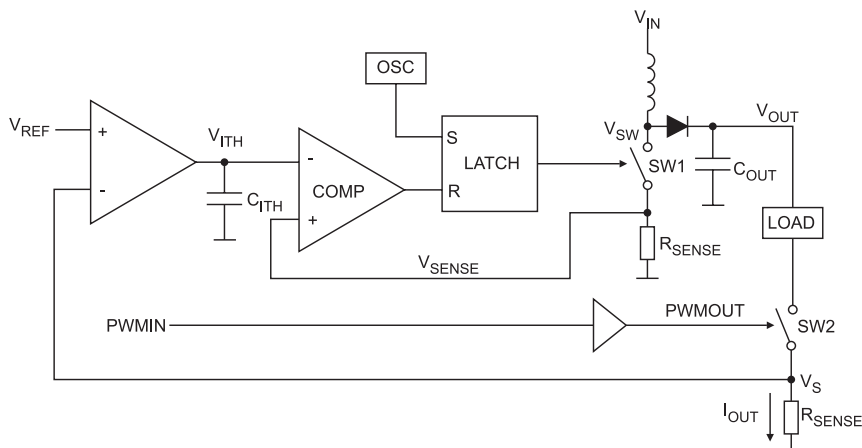
Вывод регулировки частоты позволяет программировать частоту преобразования от 100 кГц до 1 МГц для оптимизации производительности и уменьшения размера внешних компонентов. Модификации LT3755-1/LT3756-1 позволяют работать в режиме с внешней синхронизацией.

Датчик тока с падением напряжения 100 мВ подключается к верхней стороне цепочки светодиодов, что является наиболее гибкой схемой для управления, позволяя включать микросхему с топологией повышающего, понижающего и повышающе-понижающего преобразователя. Кроме того, микро-

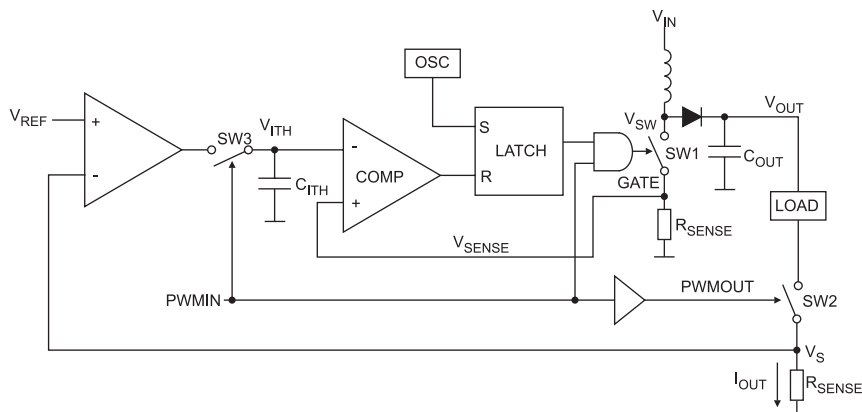
схемы могут работать в режиме SEPIC или обратного инвертора. Вывод ШИМ обеспечивает регулирование яркости в диапазоне 3000:1, а вывод CTRL позволяет осуществлять дополнительное аналоговое регулирование яркости. В драйверах реализована описанная выше технология True Color PWM™.

Микросхемы имеют несколько функций защиты, такие как защита от обрыва в цепочке светодиодов, программируемая защита от перегрузок по напряжению с гистерезисом, отключение силового транзистора сигналом ШИМ. Модификации LT3755-2/LT3756-2 имеют выход сигнализации обрыва в цепочке светодиодов. Для защиты от переходных процессов реализован программируемый режим плавного запуска.

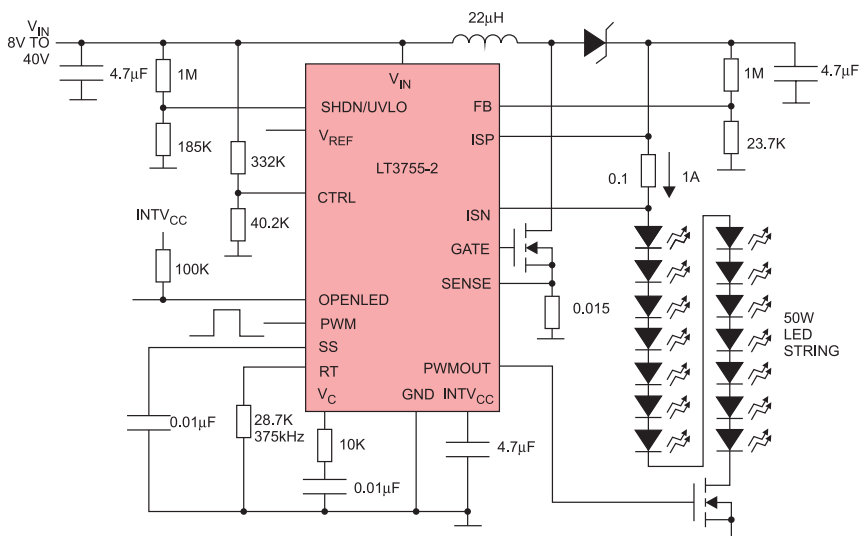
Микросхемы выпускаются в 16-выводных корпусах QFN (3×3 мм) и MSOP с улучшенной теплоотдачей.



● Рис. 1. Упрощенная схема обычного повышающего преобразователя, работающего в токовом режиме



● Рис. 2. Упрощенная схема повышающего преобразователя, работающего в токовом режиме, по технологии True Color PWM™



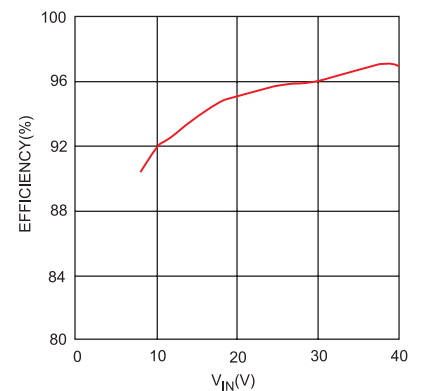
● Рис. 3. Схема включения LT3755 в качестве драйвера автомобильной фары мощностью 50 Вт

Основными областями применения LT3755/LT3756 являются системы управления мощными светодиодами, устройства для зарядки аккумуляторов, точные стабилизаторы напряжения с ограничением выходного тока. В качестве примера на рис. 3 показана типовая схема включения LT3755 в качестве драйвера автомобильной фары мощностью 50 Вт, а на рис. 4 — зависимость КПД данной схемы от входного напряжения. На рис. 5 показана схема включения LT3755 в режиме SEPIC-драйвера светодиодов мощностью 20 Вт, а на рис. 6 — зависи-

мость КПД данной схемы от входного напряжения.

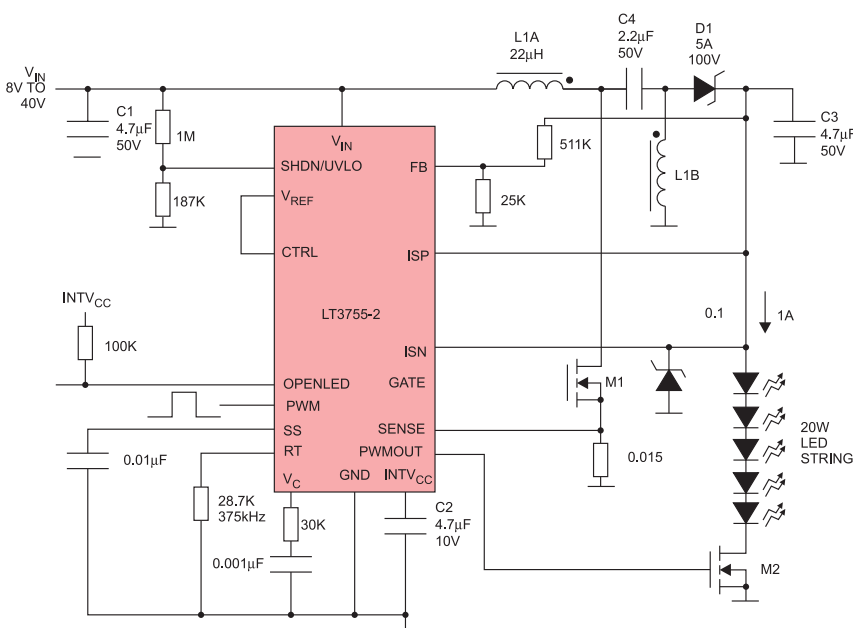
Мощный универсальный драйвер светодиодов LT3476

Микросхема LT3476 является мощным универсальным четырехканальным DC/DC-преобразователем с максимальным выходным током в каждом канале 1,5 А при выходном напряжении до 36 В. Драйвер создан для работы в качестве источника постоянного тока и управления мощными светодиодами. Архитектура с фиксированной частотой преобразования и токовый режим управле-

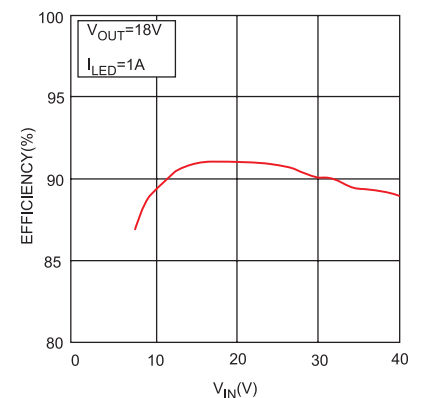


● Рис. 4. Зависимость КПД схемы на рис. 3 от входного напряжения

ния обеспечивают стабильную работу в широком диапазоне входного (2,8...16 В) и выходного (2,2...36 В) напряжения и высокий КПД устройства, достигающий 96%. Повышенная надежность обеспечивается встроенной защитой от обрывов в цепочках светодиодов. Вывод подстройки частоты позволяет программировать частоту преобразования от 200 кГц до 2 МГц для оптимизации производительности. Для сокращения количества внешних элементов каждый канал преобразователя имеет встроенный ключевой NPN-транзистор с датчиком тока в эмиттерной цепи. Микросхема имеет малый потребляемый ток, составляющий 22 мА в активном режиме и не более 10 мкА в выключенном состоянии. Датчик тока LT3476 подключается к верхней стороне цепочки светодиодов. Порог каждого токового монитора подстраивается в пределах 2,5% от полной шкалы, составляющей 105 мВ. Порог чувствительности датчика тока в пределах 10...120 мВ задается аналоговым сигналом, подаваемым на вывод



● Рис. 5. Схема включения LT3755 в режиме SEPIC драйвера светодиодов мощностью 20 Вт



● Рис. 6. Зависимость КПД схемы на рис. 5 от входного напряжения

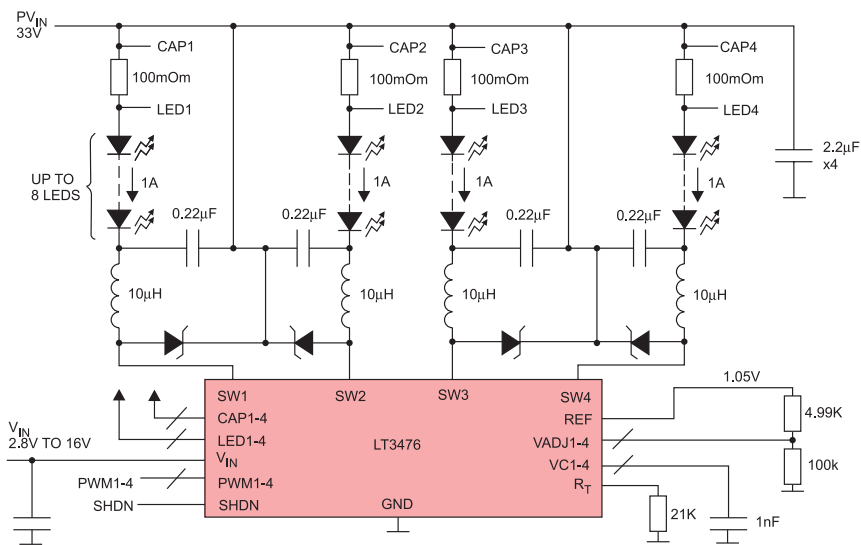


Рис. 7 Типовая схема включения LT3476 в качестве четырехканального драйвера светодиодов с выходным током до 1 А на канал мощностью 100 Вт

V_{ADJ} . Используя для каждого канала внешние резисторы датчика тока своего номинала, можно независимо регулировать выходной ток, что удобно для установки одинаковой начальной яркости светодиодов различного типа.

Управление яркостью при максимальной глубине регулирования 5000:1 осуществляется ШИМ-сигналом с использованием технологии True Color PWM™ независимо для каждого канала, что позволяет с большой точностью изменять смещение цветов или глубину регулирования яркости светодиодов.

Выпускают LT3476 в корпусах QFN (5×7 мм) с 38 выводами и улучшенной теплоотдачей.

Основными областями применения LT3476 являются системы освещения, автомобильное и авиационное освещение, системы фоновой подсветки TFT-матриц, источники постоянного тока.

На рис. 7 показана типовая схема включения LT3476 в качестве четырехканального драйвера цепочек, содержащих до 8 последовательно включенных светодиодов, на ток до 1 А мощностью 100 Вт.

Драйвер светодиодов для LED-панелей LT3598

Микросхема LT3598 является повышающим импульсным DC/DC-преобразователем с фиксированной частотой преобразования на ток 1,5 А с 6-канальным драйвером светодиодов. Максимальный

выходной ток каждого канала составляет 30 мА при напряжении 44 В. При номинальном токе нагрузки КПД преобразователя достигает 90%. В статическом режиме микросхема обладает малым током потребления.

Микросхема LT3598 обеспечивает 1,5% точность регулирования тока через светодиоды, может работать в широком диапазоне входных напряжений (3,2...30 В), имеет защиту от переходных процессов в нагрузке, возможность регулирования тока при $V_{Bx} > V_{Вых}$.

Драйвер обеспечивает аналоговое (по выводу CTRL) и ШИМ (по выводу PWM) управление яркостью. При управлении

яркостью с помощью ШИМ используется регулирование по технологии True Color PWM™ с максимальной глубиной 5000:1. Частота преобразования может выбираться внешним резистором в диапазоне от 200 кГц до 2,5 МГц. В качестве дополнительных особенностей, повышающих надежность работы, можно отметить программируемую защиту от перенапряжения, возможность синхронизации частоты преобразования внешним сигналом, подстройку тока через светодиод в зависимости от окружающей температуры и/или температуры светодиода, управление отключением светодиодов, вывод аварийного сигнала OPENLED, ограничение выходного напряжения при отключении всех цепочек светодиодов и отключение светодиодов при выключении микросхемы.

Уникальными особенностями LT3598 являются использование всего одного индуктивного элемента для всех шести каналов и возможность запараллеливания каналов для обеспечения большого выходного тока.

Микросхема выпускается в корпусе QFN-24 размером 4×4 мм с повышенной теплоотдачей.

Основными областями применения LT3598 являются фоновая подсветка дисплеев ноутбуков и мониторов среднего размера, автомобильных дисплеев, светофоры и различные световые табло. Типовая схема включения LT3598 представлена на рис. 8.

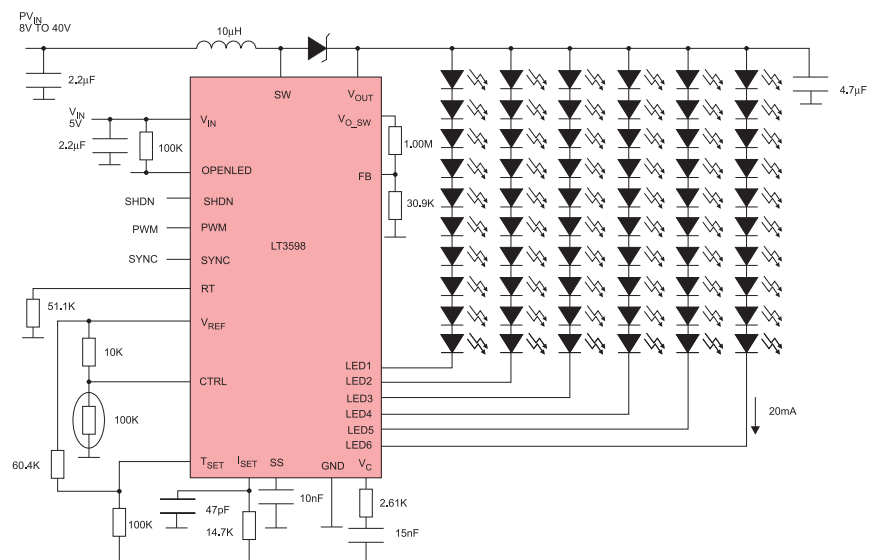


Рис. 8 Система управления 60 белыми светодиодами (6 цепочек, 10 светодиодов в каждой) с КПД 90% на базе LT3598

Драйвер светодиодов LTC3218

Микросхема LTC3218 является малошумящим мощным DC/DC-преобразователем, построенным на принципе переноса заряда, который позволяет управлять мощными светодиодами с прямым током до 400 мА от источника питания с напряжением 2,9...4,5 В. Малое количество внешних компонентов (один конденсатор, два программирующих резистора и два фильтрующих конденсатора, подключенных к выводам VIN и CP0) делают LTC3218 идеальным выбором для небольших устройств с батарейным питанием.

Встроенная схема мягкого запуска предотвращает перегрузки по току в момент включения. Высокая частота преобразования позволяет использовать малогабаритные внешние конденсаторы с небольшой емкостью. Встроенный 2-секундный таймер защищает светодиод в режиме вспышки.

Уровень выходного тока программируется внешним резистором. Ток через светодиод поддерживается на заданном уровне с помощью встроенного резистора датчика сопротивлением 220 мОм, подключенного к верхнему плечу схемы.

Микросхема выпускается в низкопрофильном 10-выводном корпусе DFN размером 3×2 мм.

Основной областью применения LTC3218 являются источники питания осветителей/вспышек для цифровых камер/сотовых телефонов, системы световой сигнализации и оповещения.

На рис. 9 представлена типовая схема включения LTC3218, а на рис. 10 — зависимость КПД данной схемы от входного напряжения.

Драйверы светодиодов Texas Instruments. Синхронные повышающие преобразователи TPS6102x

Для сравнения рассмотрим несколько интересных микросхем управления светодиодами, выпускаемых корпорацией Texas Instruments.

Микросхемы семейства TPS6102x представляют собой эффективные (КПД 96%) синхронные повышающие DC/DC-преобразователи и предназначены для работы при входном напряжении 0,9...6,5 В и использования в блоках питания устройств с питанием от одной, двух или трех щелочных, Ni-Cd или Ni-MH батарей или от одного Li-Ion или Li-polymer элемента. Выходной ток может достигать 200 мА при питании от одной щелочной батареи, которая может разряжаться до 0,9 В. Кроме того, микросхемы можно использовать для создания напряжения 5 В при токе нагрузки до 500 мА от источника питания с напряжением 3,3 В или Li-Ion батареи. Повышающий преобразователь работает на фиксированной частоте. Для получения максимальной эффективности в схеме ШИМ-контроллера используется принцип синхронного выпрямления. Для сохранения высокой эффективности в широком диапазоне выходных токов при малых токах нагрузки преобразователь пере-

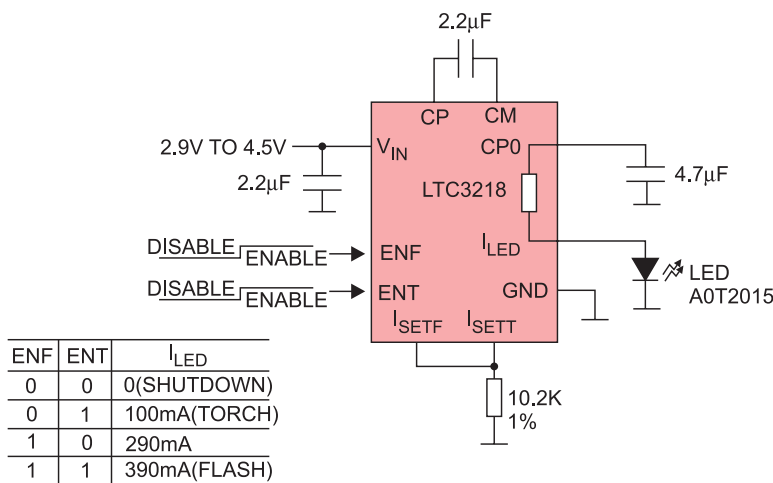
ходит в режим энергосбережения. Если необходимо, чтобы преобразователь всегда работал на фиксированной частоте, режим энергосбережения может быть отключен. Максимальный пиковый ток в ключах ограничен значением 800 мА (TPS61028), 1500 мА (TPS61020) или 1800 мА (TPS61029).

Микросхемы TPS6102x продолжают стабилизировать выходное напряжение, даже когда входное напряжение достигает значения номинального выходного напряжения. Выходное напряжение можно программировать внешним резисторным делителем в диапазоне до 5,5 В или фиксировать встроенным делителем.

Для увеличения срока службы батарей преобразователь можно отключить. При этом потребляемый ток не превышает 25 мкА, а нагрузка полностью отключена от батареи. Режим малых электромагнитных помех (EMI) используется, чтобы уменьшить уровень паразитного излучения при переходе преобразователя в режим импульсной стабилизации. Кроме того, микросхемы имеют защиту от перегрева.

Микросхемы выпускаются в 10-выводном корпусе QFN PowerPAD™ размером 3×3 мм.

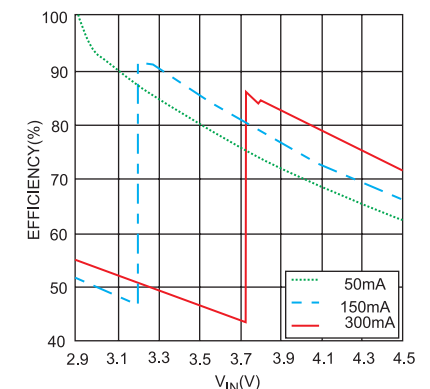
Семейство TPS6102x находит применение в портативных аудиопроигрывателях, наладонных устройствах, сотовых телефонах, персональных медицинских устройствах, кино- и фотокамерах со светодиодным освещением/вспышкой. На рис. 11 представлена типовая схема включения TPS61020.



● Рис. 9. Однопроводная схема для питания светодиодов в фотокамерах с выходным током до 400 мА на базе LTC3218

Семейство TPS92001/2

ШИМ-контроллеры для источников питания светодиодов общего назначе-



● Рис. 10. Зависимость КПД схемы на рис. 9 от входного напряжения

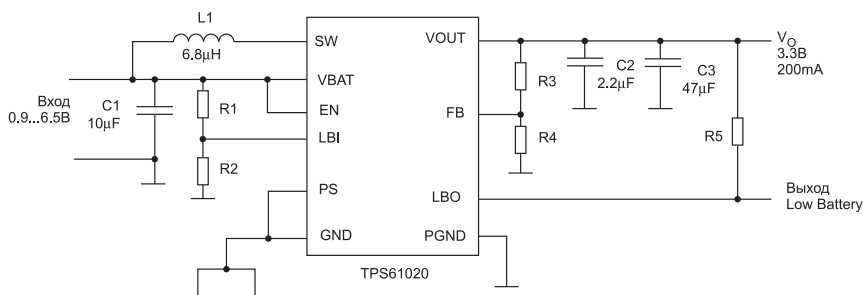


Рис. 11. Типовая схема включения TPS61020

ния TPS92001/2 содержат управляющие и буферные блоки, необходимые для светодиодных приложений с гальванической развязкой и без нее. Микросхемы идеальны для создания одноступенчатых блоков питания.

Контроллеры можно использовать для ступенчатого преобразования, при котором существенной характеристикой преобразователя является фактор мощности (PF). Для внешних цепей доступен источник опорного напряжения +5 В, который можно использовать для питания микроконтроллера или другой малопотребляющей периферии. Микросхемы работают на фиксированной частоте до 1 МГц в токовом режиме с минимальным количеством внешних компонентов.

Дополнительные внутренние схемы включают в свой состав модуль блокировки при перегрузках по напряжению, обеспечивающий начальный ток менее 100 мкА, логику предотвращения перехода в триггерный режим, ШИМ-компаратор и мощные FET-драйверы. Выходной каскад, предназначенный

для управления N-канальными MOSFET-транзисторами, имеет низкий уровень выходного сигнала в выключенном состоянии. Частота преобразования и максимальный коэффициент заполнения программируются двумя резисторами и конденсатором.

Семейство TPS92001/2 имеет режим мягкого запуска, режим блокировки при перегрузках по напряжению (UVLO) с регулируемым порогом (10 В для TPS92001 и 15 В для TPS92002) и гистерезисом для оффлайновых и DC/DC-систем. Микросхемы выпускаются в 8-выводном корпусе MSOP (DGK) и 8-выводном SOIC (D). Маленький размер корпуса MSOP делает их идеальными для применения в устройствах с требованиями минимального объема.

Микросхемы семейства TPS92001/2 находят применение в драйверах бытовых светодиодных ламп с цоколем A19, E12/E26/27, GU10, MR16, PAR30/38, драйверах настенных светильников, паркового освещения и рекламных щитов. На рис. 12 представлена типовая схема включения TPS92001.

Семейство TLC594x

Данное семейство 16-канальных драйверов с ШИМ-управлением яркостью светодиодов рассмотрим на примере микросхемы TLC5940. Это LED-драйвер с постоянным током нагрузки (0...60 мА при $V_{CC} < 3,6$ В и 0...120 мА при $V_{CC} > 3,6$ В). Входное напряжение микросхемы (V_{CC}) может находиться в пределах 3...5,5 В. Максимальное напряжение на выходах для подключения светодиодов составляет 17 В.

Каждый канал имеет собственную 4096-шаговую схему ШИМ-управления яркостью и уникальную 64-шаговую схему управления вытекающим током (поточечная подстройка). Она позволяет корректировать различия в светоотдаче светодиодов в различных каналах и других драйверах. Данные о поточечной коррекции хранятся во встроенной EEPROM-памяти. Как управление яркостью, так и поточечная коррекция осуществляются через последовательный интерфейс с частотой тактирования до 30 МГц и КМОП-уровнями сигналов. Начальная яркость для всех 16 каналов устанавливается единственным внешним резистором.

Микросхема TLC5940 имеет две схемы сигнализации об ошибках в работе: обнаружение обрыва в цепочке светодиодов (LOD) указывает на наличие светодиода с внутренним обрывом или отсутствие контакта с выводом устройства; флаг температурной ошибки (TEF) указывает на перегрев кристалла микросхемы.

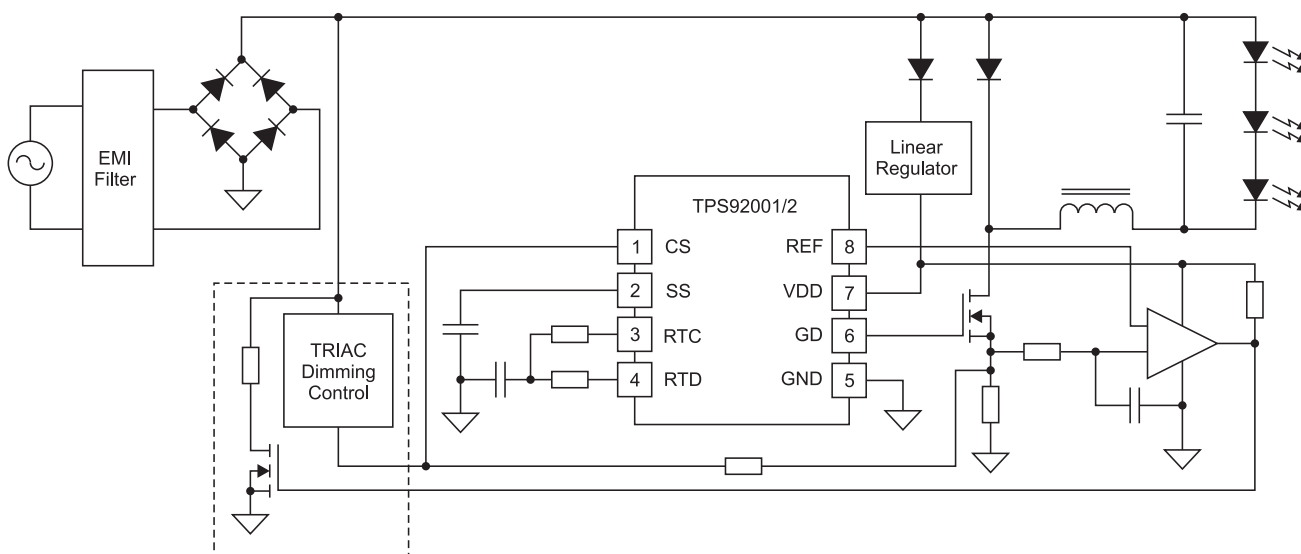


Рис. 12. Типовая схема включения TPS92001

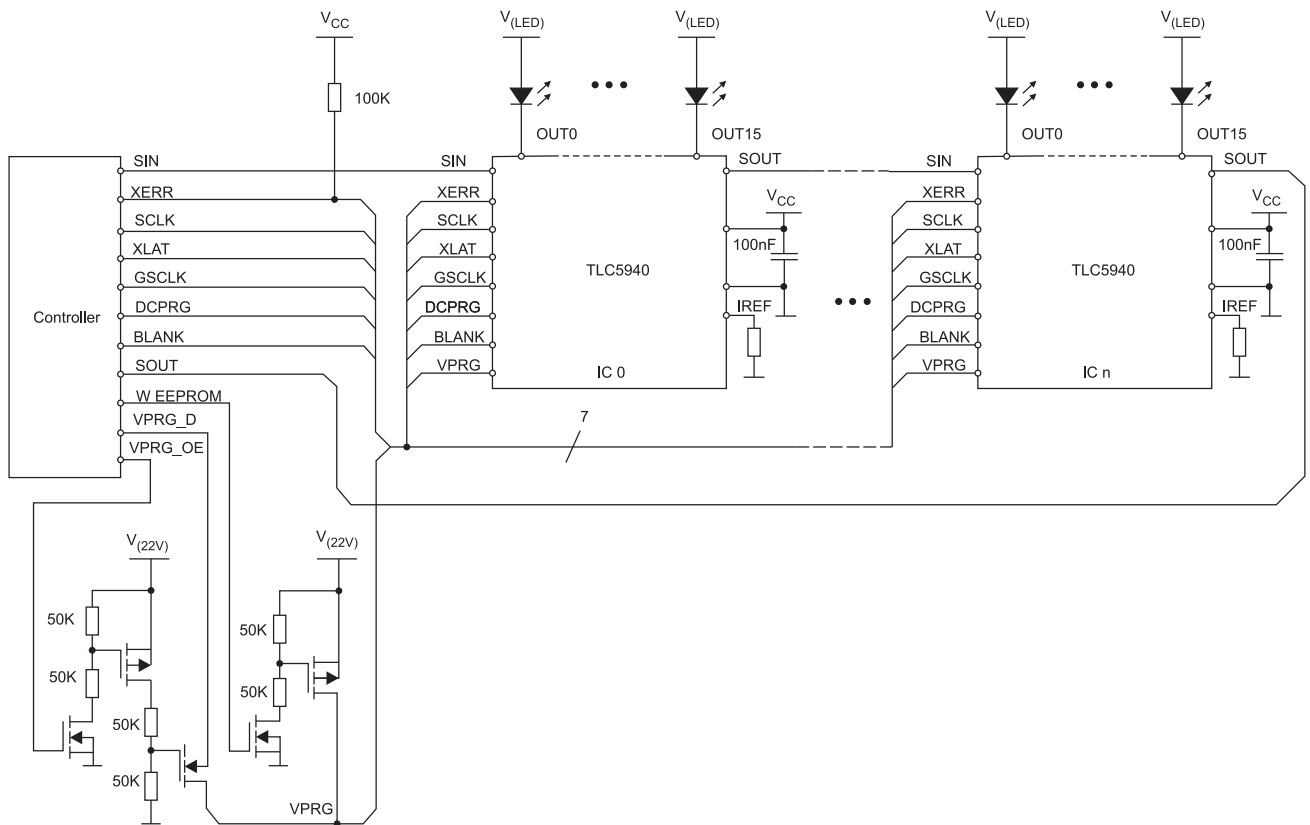


Рисунок 13. Каскадирование микросхем TLC5940

Устройства семейства TLC594x находят применение в монохромных, многоцветных и полноцветных дисплеях, светодиодных вывесках, системах фоновой подсветки дисплеев, а также драйверах мощных светодиодов общего применения.

На рис. 13 показана типовая схема включения TLC5940, обеспечивающая каскадирование микросхем.

Заключение

В заключение следует отметить, что широчайший набор микросхем компании Linear Technology и схемных решений для их включения позволяет разработчикам выбрать наиболее эффективное и конкурентоспособное решение для своих разработок, существенно уменьшая время разработки, размер и стоимость конечных решений, по сравнению с решениями на дискретных компонентах. Драйверы светодиодов от Texas Instruments отличает большой уровень «интеллектуальности», наличие последовательных интерфейсов для связи с микроконтроллерами и большая специализация решений.

Литература

1. LED Driver ICs. <http://www.linear.com/pc/viewCategory.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1094>.
2. Step-Up (Boost) LED drivers. <http://www.linear.com/pc/viewCategory.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1094,C1766>.
3. Step-Down (Buck) LED drivers. <http://www.linear.com/pc/viewCategory.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1094,C1768>.
4. Buck-Boost LED drivers. <http://www.linear.com/pc/viewCategory.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1094,C1769>.
5. Multi-Topology LED Driver. <http://www.linear.com/pc/viewCategory.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1094,C1770>.
6. Linear Technology Power Management for LEDs. http://cds.linear.com/docs/Solutions%20Manual/Power_Management_For_LEDs.pdf.
7. LT3755/LT3755-1/LT3755-2. 40V_{IN}, 75V_{OUT} LED Controllers. <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/37551fd.pdf>.
8. LT3756/LT3756-1/LT3756-2. 100V_{IN}, 100V_{OUT} LED Controllers. <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/375612fb.pdf>.
9. LT3476. High Current Quad Output LED Driver. <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/3476fa.pdf>.
10. LT3598. 6-String 30mA LED Driver with 1.5% Current Matching. <http://www.linear.com/pc/productDetail.jsp?navId=H0,C1,C1003,C1094,C1766,P86477>.
11. LTC3218. 400mA Single Wire Camera LED Charge Pump. <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/3218fb.pdf>.
12. High Voltage Boost/LED Controller Provides 3000:1 PWM Dimming Ratio, Linear Technology Magazine, March 2006, p. 31–33 <http://cds.linear.com/docs/LT%20Magazine/LTMag-V16N01-08-LTC3783-Cheung.pdf>.
13. TPS6102x. 96% efficient synchronous boost converter. <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tps61029.pdf>.
14. TPS92001/2. GENERAL PURPOSE LED LIGHTING PWM CONTROLLER. <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tps92001.pdf>.
15. TLC5940. 16 Channel LED driver with dot correction and grayscale PWM control. <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tlc5940.pdf>.
16. Texas Instruments LED Drivers Catalog. <http://focus.ti.com/lit/sg/sldm001/sldm001.pdf>.