

Применение импульсных повышающих преобразователей фирмы National Semiconductor для управления светодиодами

В статье рассматриваются драйверы светодиодов различной мощности, выпускаемые компанией National Semiconductor [5] и использующие архитектуру импульсных индуктивных повышающих преобразователей (Boost или Step-Up). Дана основная информация о специализированных микросхемах, предназначенных для управления светодиодами, а также типовые схемы включения.

Андрей НИКИТИН
nikitin@rainbow.by

Введение

Менее чем десять лет назад параметры светодиодов, имевшихся в распоряжении разработчиков, значительно уступали параметрам современных светодиодных приборов. Так, например, сила света типовых светодиодов лежала в пределах от 0,02 до 1,5 мкд, что позволяло использовать их главным образом для индикации состояния логических сигналов. Значение прямого тока (I_F) составляло 10, реже 5 или 20 мА, а значение прямого напряжения (V_F) лежало в диапазоне от 2 до 3 В. Это позволяло использовать в качестве светодиодных драйверов микросхемы стандартных логических серий в рекомендованных схемах включения.

В настоящее время приборы с силой света в единицы или даже десятки кандел перестали быть редкостью. Расширилась сфера применения светодиодов. Светодиоды стали рассматриваться как перспективные источники света. Уже сегодня световая отдача светодиодов высокой яркости мощностью 1–5 Вт достигает 50–100 лм/Вт, что превышает свето-

отдачу ламп накаливания и сравнимо со светоточдачей люминесцентных ламп.

Но, соответственно, изменились и значения других параметров. Если падение напряжения осталось прежним или увеличилось в пределах до 2 раз, то значение рабочего тока, протекающего через светодиоды, увеличилось в десятки и более раз. Значения прямых токов в 350, 700 или 1000 мА перестали кого-либо удивлять. Типовым решением стало последовательное, параллельное или последовательно-параллельное (массив) включение десятков светодиодов. Возникла необходимость создания комплексных решений, например, подсветки основного и дополнительного ЖК-дисплеев в мобильных телефонах, подсветка и формирование питания для органических светоизлучающих панелей (OLED). Все эти обстоятельства не могли не отразиться на схемотехнике драйверов, управляющих современными светодиодами.

Допустимым решением представляется использование в качестве светодиодных драйверов микросхем стабилизаторов постоянного напряжения.

Но для любого светодиода режимом работы является управление постоянным током. Изготовители светодиодов определяют характеристики своих приборов при заранее определенном значении протекающего прямого тока I_F , но никак не при определенном значении прямого напряжения V_F . Следовательно, при использовании микросхемы стабилизатора постоянного напряжения необходимо модифицировать его схему, преобразовав его в источник постоянного тока. Для этого должна быть изменена цепь делителя обратной связи, а именно: резистор R_{FB2} необходимо заменить светодиодом (цепочкой или массивом светодиодов). Идеология такой модификации стабилизатора напряжения приведена на рис. 1.

Обратим внимание: можно применять только стабилизаторы с регулируемым значением выходного напряжения, то есть те, в которых пара резисторов R_{FB1} и R_{FB2} является внешней. Стабилизаторы с фиксированным выходным напряжением использовать не могут.

Другим решением может быть применение микросхем стабилизаторов тока.

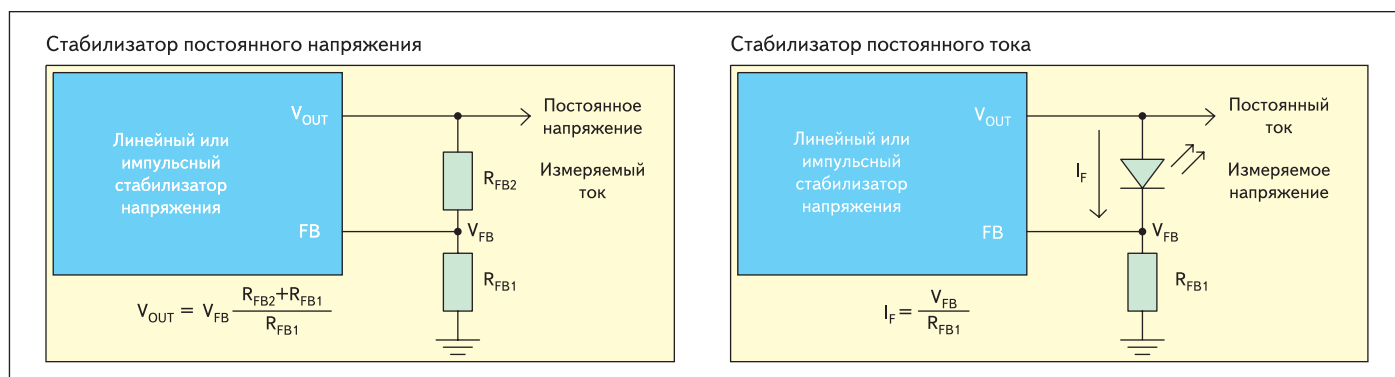


Рис. 1. Стабилизаторы постоянного напряжения и постоянного тока

Когда светодиод используется как средство индикации, например, свидетельствует о наличии питания в устройстве, к нему не предъявляются требования к интенсивности излучения — сам факт свечения говорит о нормальной работе. При этом включение диода возможно по тривиальной схеме с одним токозадающим резистором. В других вариантах применения светодиодов, когда интенсивность их излучения является основным характеризующим параметром, необходимо применять микросхемы светодиодных драйверов.

В работах [1, 2] рассматривались причины применения драйверов для маломощных (10–30 мА) светодиодов и светодиодов высокой яркости (от 100 мА и выше).

Маломощные светодиоды часто используются для подсветки экранов мобильных электронных устройств. Как правило, такие устройства используют в качестве источника питания Li-Ion батарею (типичное выходное напряжение 3,7 В). В этом случае возникает необходимость использования повышающего преобразователя, поскольку, во-первых, напряжения источника будет недостаточно для поддержания оптимального тока через светодиод при частичном разряде батареи, а во-вторых, для схем с последовательным включением светодиодов падение напряжения на цепочке превысит номинальное напряжение батареи.

Разброс значений прямого напряжения V_F мощных светодиодов одной модели составляет $\pm 20\%$. Следовательно, для обеспечения одинаковой интенсивности излучения необходимо сформировать различные токи, протекающие через отдельные светодиоды. Такую возможность предоставляют драйверы, управляющие строкой параллельно включенных светодиодов. Также актуальным остается применение повышающих преобразователей при последовательном включении светодиодов.

Понижающие и повышающие драйверы

Если входное напряжение всегда превышает сумму максимальных прямых напряжений каждого светодиода в последовательной цепочке, то возможно применение двух решений:

- линейные (Linear) понижающие преобразователи напряжения;
- импульсные понижающие (Buck или Step-Down) индуктивные преобразователи напряжения со встроенным или внешним ключом.

Применение этих приборов в качестве драйверов светодиодов имеет те же достоинства и недостатки, как и применение их в качестве стабилизаторов напряжения [3, 4].

Тем не менее, среди областей применения современных светодиодов типовыми считаются случаи, когда входное напряжение меньше, чем падение напряжения на светодиодах. Фирма National Semiconductor в издании, по-

священном светодиодным решениям [1], вообще не упоминает конкретные модели линейных стабилизаторов, рекомендуемых для применения в качестве драйверов светодиодов. А из импульсных понижающих стабилизаторов в этом качестве упомянуто всего 5 изделий. В связи с этим в данной статье понижающие драйверы рассматриваться не будут в связи с ограниченностью их применения.

В качестве повышающих драйверов могут использоваться:

- импульсные повышающие (Boost или Step-Up) индуктивные преобразователи напряжения со встроенным или внешним ключом;
- повышающие преобразователи напряжения на переключаемых конденсаторах (Switched-Capacitor Boost).

Способы применения данных типов приборов достаточно четко разграничены. Индуктивные преобразователи управляют либо отдельными светодиодами, либо последовательно включенной цепочкой. Преобразователи на переключаемых конденсаторах управляют либо одним светодиодом, либо строкой светодиодов, включенных параллельно. Драйверы на переключаемых конденсаторах являются, безусловно, перспективными. Принципы их схемотехники и примеры микросхем рассмотрены в статье [2]. Поэтому в данной работе будут рассматриваться только индуктивные повышающие светодиодные драйверы.

Индуктивные повышающие светодиодные драйверы

Когда минимальное прямое напряжение всех светодиодов в последовательной цепочке превысит максимальное входное напряжение, необходимо будет использовать повышающий преобразователь напряжения. Индуктивный повышающий преобразователь является лучшим решением, которое может обеспечить ток, проходящий через цепочку светодиодов, от 350 мА и выше, изменяя, при необходимости, значение выходного напряжения.

Поскольку повышающие импульсные стабилизаторы (так называемые бустеры)

неоднократно рассматривались в публикациях по источникам питания [3, 4], то принципы их работы рассматриваться не будут. Просто отметим, что существенным качеством устройств этого типа является возможность непрерывно изменять свой коэффициент усиления (при помощи широтно-импульсной или частотно-импульсной модуляции), что позволяет стабилизировать яркость светодиода.

Отметим также, что наличие специальных входов позволяет осуществлять диммирование светодиода, то есть плавную регулировку его яркости. Как правило, частота диммирования меньше частоты коммутации в 1000–5000 раз, что исключает какое-то влияние на рабочий цикл схемы.

Повышающий преобразователь характеризуется и тем, что встроенный ключ выдает на выход меньший ток, нежели ток на входе. Причем, чем выше разница между выходным (V_{OUT}) и входным (V_{IN}) напряжением, тем больший ток отбирается от входного источника. Если при фиксированном выходном токе увеличивать число светодиодов в цепочке (соответственно, увеличится и выходное напряжение драйвера), то может быть превышен максимальный ток нагрузки для источника входного напряжения.

Типовой топологией для таких драйверов является последовательное включение светодиодов. Данная топология предполагает, что все светодиоды связаны от одного провода в цепочку, один за другим, то есть управляющий сигнал драйвера соединен с анодом первого светодиода, катод предыдущего светодиода соединен с анодом следующего, а катод последнего с токозадающим резистором или соответствующим выводом микросхемы. Основным преимуществом этой топологии является наличие единственного вывода в микросхеме драйвера, управляющего светодиодами, что гарантирует одинаковый ток, протекающий через все светодиоды.

Номенклатура индуктивных повышающих светодиодных драйверов, выпускаемых фирмой National Semiconductor, приведена в таблице. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Таблица. Параметры индуктивных повышающих светодиодных драйверов

Изделие	Диапазон входного напряжения, В	Выходное напряжение, В	Выходной ток, мА	Число СД	Частота коммутации, кГц	Тип коммутации	Тип диммирования
LM2698	2,2–12	17	1350	1–4	600, 1250	PWM	PWM
LM2700	2,2–12	17,5	2500	1–4	600, 1250	PWM	PWM
LM2707	2,3–7	18	20	1–4	800	PFM	PWM
LM3224	2,7–7	20	1000	1	615, 1250	PWM	PWM
LM3500	2,7–7	16, 21	30	1–5	1000	PWM	PWM
LM3501	2,7–7	16, 21	30	1–5	1000	PWM	Analog
LM3502	2,5–5,5	16, 25, 35, 44	30	1–10 (2 кан.)	1000	PWM	PWM
LM3503	2,5–5,5	16, 25, 35, 44	30	1–10 (2 кан.)	1000	PWM	Analog
LM3508	2,7–5,5	17,5	30	1–4	850	PWM	PWM
LM3509	2,7–5,5	20 + 21	30 20	1–5 + OLED 1–5 + 1–5	1270	PWM	PC
LM3519	2,7–5,5	18	20	1–4	2000–8000	PFM	PWM
LM3520	2,7–5,5	22	30	1–5 + OLED	1100	PWM	PWM
LM3551/52	2,7–5,5	11	700	1–4	1250	PWM	Analog
LM3557	2,7–5,5	22	30	1–5	1250	PWM	PWM

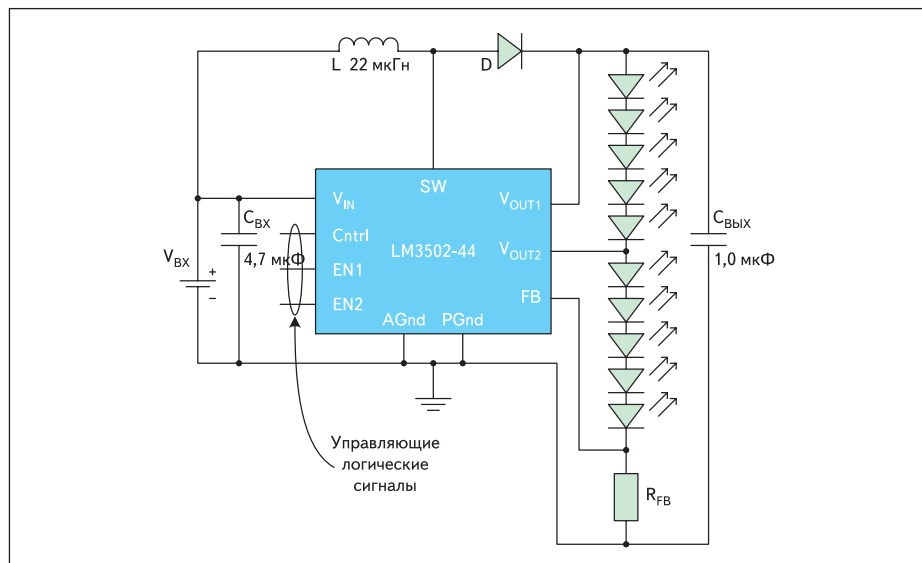


Рис. 2. Типовая схема включения драйвера LM3502

Повышающие преобразователи LM3502 /3503 для светодиодных приложений

Микросхемы LM3502 и LM3503 — светодиодные драйверы, используемые для подсветки жидкокристаллических дисплеев. Максимальный выходной ток — 30 мА. Драйверы предназначены для управления цепочкой от 2 до 10 светодиодов, причем цепочка разделена на 2 секции, каждая из которых может содержать от 1 до 5 светодиодов. Данные микросхемы являются оптимальным решением для управления двумя дисплеями, но могут также управлять и одним дисплеем, подсветка которого требует большего числа светодиодов. Драйверы содержат две встроенных обходные цепи с ключами на полевых транзисторах, управляемых сигналами EN1 и EN2. Если ключ находится в открытом состоянии, то ток протекает в обход данной секции, что выключает соответствующие светодиоды. В разомкнутом состоянии светодиоды соответствующей секции горят, поскольку ток через них протекает. Если необходимо объединить обе секции для подсветки одного дисплея, то входами EN1 и EN2 управляют синхронно.

Драйверы позволяют работать в двух режимах: управление по току с широтно-импульсной модуляцией как основной, а также управление по току с частотно-импульсной модуляцией при незначительной нагрузке по выходу.

Защитные функции включают в себя: отключение при перегреве, отключение при пониженном уровне входного напряжения и защита от перенапряжения по выходу.

Средний ток, протекающий через светодиоды, может регулироваться. При этом изменяется средняя интенсивность излучения, то есть драйвер поддерживает функцию диммирования. В LM3502 изменение интенсивности осуществляется сигналом с широтно-импульсной модуляцией, подаваемым на вход

CNTRL. Этот сигнал имеет логические уровни и может формироваться микроконтроллером или иной логической схемой. Поскольку рабочая частота коммутации составляет 1 МГц, то оптимальная частота сигнала диммирования лежит в пределах от 200 до 500 Гц.

Различие между LM3503 и LM3502 — в управлении диммированием. Вход CNTRL в LM3503 аналоговый, управление диммированием осуществляется в диапазоне от 0,2 до 3,5 В по линейному закону. При напряжении ниже 0,2 В светодиоды выключены, при напряжении выше 3,5 В — горят в полный накал. Соответственно, LM3503 допускает и диммирование с помощью ШИМ-сигнала (как в LM3502), но при этом уровень «нуля» должен быть ниже 0,2 В, а уровень «единицы» — выше 3,5 В.

LM3502 и LM3503 выпускаются в нескольких модификациях: выходное напряжение может иметь значения 16, 25, 35 и 44 В. Корпуса микросхем LM3502 и LM3503 — microSMD-10 или LLP-16.

Типовая схема включения (на примере LM3502) приведена на рис. 2.

Высокоэффективный двухканальный повышающий преобразователь LM3509 для светодиодных приложений и питания панелей OLED

Новейшая микросхема LM3509 — импульсный повышающий преобразователь, имеющий два независимых выхода. Первый выход MAIN — выход стабилизированного постоянного тока, предназначенный для управления цепочкой от 1 до 5 светодиодов. Второй выход SUB/FB имеет перестраиваемую конфигурацию и может использоваться как выход постоянного тока, по аналогии с выходом MAIN, либо как вывод обратной связи стабилизатора выходного напряжения

для питания панели OLED. Драйвер использует режим управления по току. Частота коммутации фиксированная, равная 1270 кГц.

Если задана конфигурация «цепочка светодиодов + цепочка светодиодов», то LM3509 адаптивно регулирует выходное напряжение, обеспечивая стабилизированный ток в обеих цепочках, при этом разница величин тока в цепях составляет не более 0,15%. Выходной ток для обеих цепочек задается через общий внешний резистор. Максимальный ток в этой конфигурации составляет 30 мА. Совместимый с I²C интерфейс обеспечивает возможность диммирования каждого из каналов. При этом выходной ток изменяется от нуля до максимального значения за 32 градуса с экспоненциальным приращением.

Если задана конфигурация «цепочка светодиодов + панель OLED», то LM3509 независимо и одновременно управляет цепочкой светодиодов (в этом случае максимальный ток равен 20 мА) и формирует стабилизированное выходное напряжение до 21 В для питания панелей OLED.

Микросхема LM3509 предлагается в миниатюрном корпусе LLP-10 и имеет рабочий диапазон температур от -40 до +85 °С. Типовые схемы включения представлены на рис. 3.

Высокочастотный индуктивный повышающий преобразователь LM3519 для светодиодных приложений

Драйвер LM3519 предназначен для формирования стабилизированного постоянного тока, управляющего цепочкой от 1 до 4 белых светодиодов. Основное назначение микросхемы — подсветка экранов жидкокристаллических индикаторов в карманных приборах. Максимальный выходной ток составляет 20 мА. Отличием данной микросхемы является использование частотно-импульсной модуляции — рабочая частота коммутации изменяется в диапазоне от 2 до 8 МГц в зависимости от номинала катушки индуктивности, значения и колебаний входного напряжения, колебаний тока в нагрузке. Высокая частота и применение частотно-импульсной модуляции позволяют существенно снизить значение индуктивности (до 1–3,3 мкГн) и емкости выходного конденсатора (до 1 мкФ), что положительно сказывается как на снижении габаритных размеров, так на стоимости изделия. Диммирование обеспечивается подачей сигнала с широтно-импульсной модуляцией на вход EN. Максимальная частота сигнала диммирования равна 30 кГц, однако оптимальной величиной считается 0,02–0,05% от расчетного значения частоты коммутации. Драйвер имеет вход отключения нагрузки и функцию защиты от перенапряжения. Микросхема выполнена в малогабаритном корпусе SOT23 с 6 выводами. Типовая схема подключения LM3519 представлена на рис. 4.

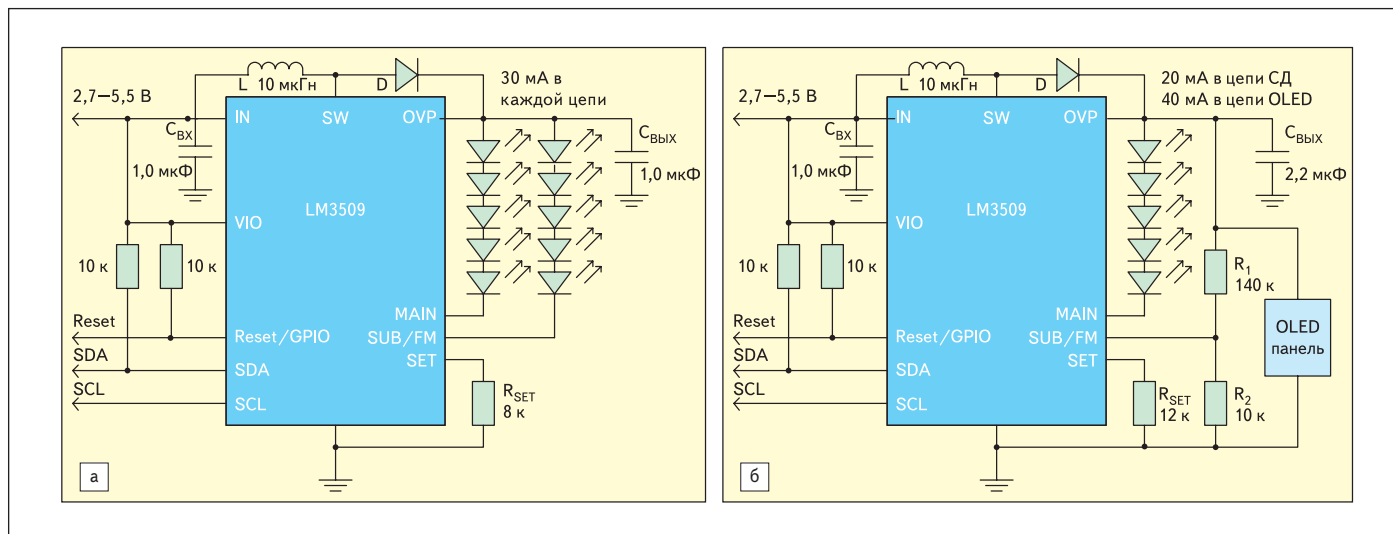


Рис. 3. Типовые схемы включения LM3509: а) конфигурация «цепочка светодиодов + цепочка светодиодов»; б) конфигурация «цепочка светодиодов + OLED-панель»

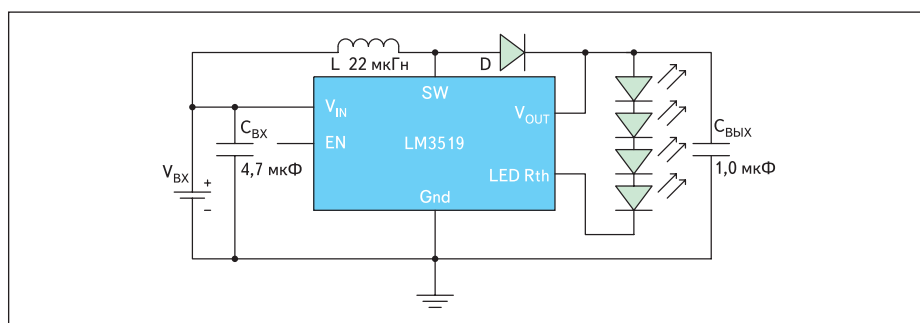


Рис. 4. Типовая схема включения драйвера LM3519

Индуктивные повышающие преобразователи LM3551/3552 — драйверы мощных светодиодов

LM3551 и LM3552 — импульсные повышающие преобразователи, предназначенные для управления от 1 до 4 мощных светодиодов. Драйверы способны выдать в нагрузку ток до 700 мА при питании от одной Li-Ion батареи. Драйверы работают в режиме управления по току на фиксированной рабочей частоте коммутации, равной 1250 кГц.

Характерной особенностью является наличие двух режимов работы: LM3551 и LM3552 могут управлять одним или несколькими мощными светодиодами в режиме повышенной мощности Flash (выходной ток до 700 мА) или в режиме нормальной мощности Torch (выходной ток до 200 мА), переключение между которыми осуществляется подачей соответствующего логического уровня на вход Torch/Flash.

Внешний вывод отключения нагрузки SD (LM3551) или разрешения EN (LM3552) выполняют одну и ту же роль, но имеют противоположную полярность. Назначение выводов — включение и выключение светодиодов при наличии входного питания. В течение отключения резисторы обратной связи и на-

грузка отключены от входа, чтобы обрывает пути утечки тока на «землю».

Второй особенностью этих микросхем является наличие функции тайм-аута. Выбор номинала конденсатора на входе FTO дает возможность запрограммировать максимальный интервал времени включения светодиодов. По истечении этого времени ключи FET-T и FET-F будут разомкнуты и светодиоды погаснут.

Выбор номинала конденсатора, подключенного к входу SS, позволяет программиро-

вать параметры режима плавного запуска. Данный режим предназначен для исключения больших бросков тока в процессе включения светодиодов. Схема защиты от перенапряжений и высокая частота коммутации дает возможность использовать малогабаритные, недорогие выходные конденсаторы с низкими номинальными напряжениями, что, как уже отмечалось, положительно сказывается на габаритах и стоимости изделия.

Микросхемы LM3551 и LM3552 выполнены в низкопрофильном корпусе LLP-14. Типовая схема включения представлена на рис. 5.

Индуктивный повышающий преобразователь LM3224 — драйвер мощного светодиода

LM3224 — повышающий преобразователь с максимальным выходным током более 1000 мА и значительным числом сервисных функций. Это устройство предназначено для работы с большими токами, что позволяет использовать его не только в задачах подсветки ЖК-экранов, но и для формирования

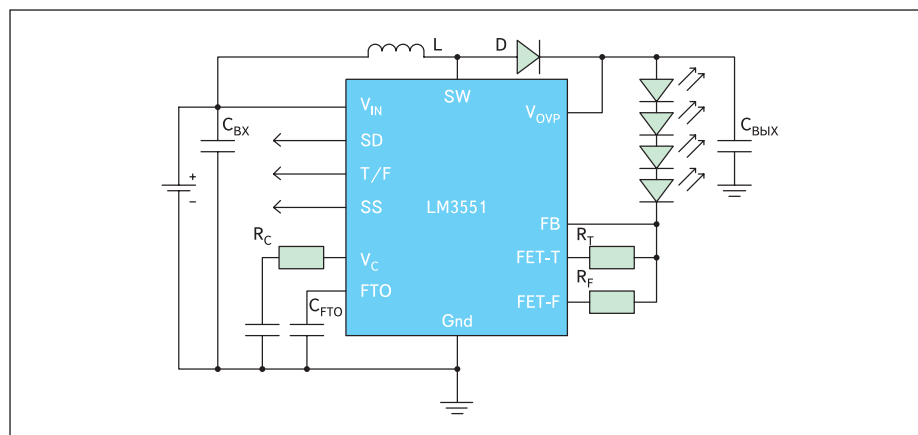


Рис. 5. Типовая схема включения LM3551

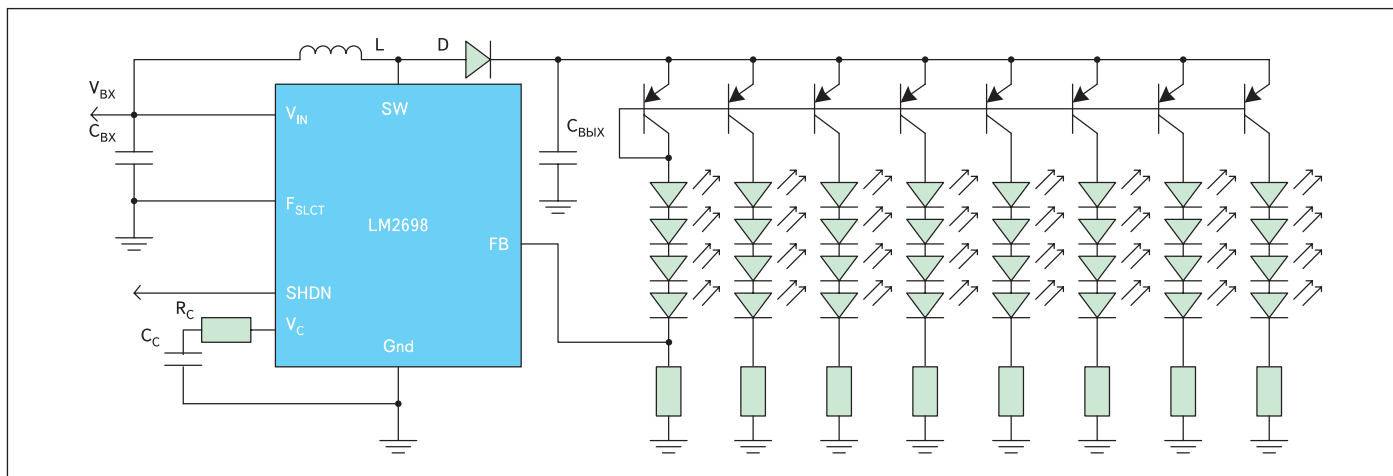


Рис. 7. Типовая схема включения LM2698

вспышки в фотокамерах, а также для светильников архитектурной и декоративной подсветки. Рабочая частота коммутации определяется в зависимости от состояния вывода F_{CLKT} и может равняться 615 или 1250 кГц. Вход SHDN может использоваться, во-первых, в качестве входа отключения от нагрузки, а во-вторых, подача ШИМ-сигнала на этот вход позволяет осуществить диммирование. Внешний вывод коррекции V_C дает возможность введения частотной коррекции, что позволяет использовать малогабаритные керамические конденсаторы с низким значением эквивалентного последовательного сопротивления (ESR) в выходной цепи. Внешний вывод плавного запуска SS позволяет ограничить перерегулирование напряжения на выходе при подаче питания. В драйвере реализованы температурная защита и защита от превышения напряжения на выходе. Микросхема выпускается в корпусе MSOP-8. Типовая схема включения представлена на рис. 6.

Импульсный индуктивный повышающий преобразователь LM2698 — драйвер мощных светодиодов

Эти микросхемы содержат силовой каскад, рассчитанный на отдачу тока 1350 мА

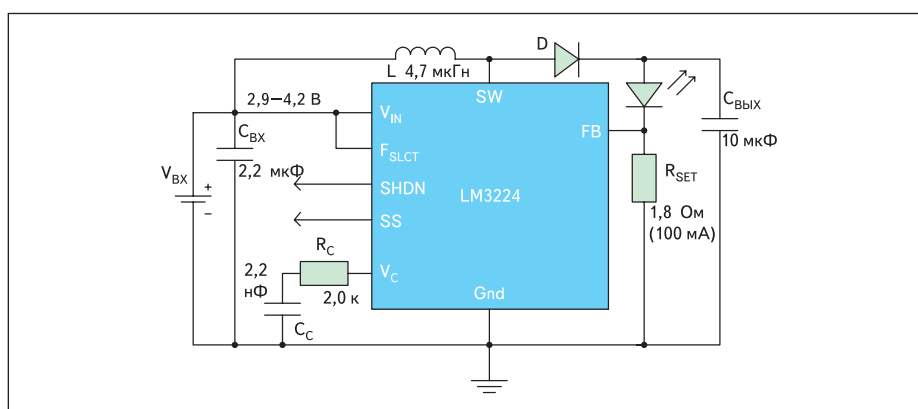


Рис. 6. Типовая схема включения LM3224

цепочке или массиву светодиодов. Если осуществляется управление массивом светодиодов, то контур обратной связи охватывает только первую цепочку светодиодов, стабилизируя ток, протекающий через светодиоды, на уровне 150 мА. Остальные 7 цепочек не имеют контура обратной связи и управляются посредством схемы токового зеркала, размещенной над каждой из цепочек. Микросхема выпускается в корпусе MSOP-8. Типовая схема включения в режиме управления массивом представлена на рис. 7.

Заключение

В статье были рассмотрены индуктивные повышающие импульсные преобразователи, используемые в качестве драйверов светодиодов. В этом классе устройств National Semiconductor выпускает достаточно широкую номенклатуру приборов. Приемлемая цена, высокая надежность, возможность использования онлайн-программной оболочки WEBENCH для расчета и подбора внешних элементов светодиодных драйверов делает эти изделия весьма привлекательными для широкого круга разработчиков.

Литература

1. LED Lighting Management Solutions. Selection Guide. National Semiconductor. 4Q 2006.
2. Бирюков Е., Сафаргалеев Д. Элементная база и способы ее применения для решения задач управления питанием светодиодов // Компоненты и технологии. 2006. № 11.
3. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. М.: Додека-XXI. 2005.
4. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. М.: Солон-Р. 2001.
5. www.national.com