

№10 (90), 2010 г.

Информационно-технический
журнал

Учредитель — ЗАО «КОМПЭЛ»

Издается с 2005 г.

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-19835

Редактор:

Геннадий Каневский
vesti@compel.ru

Выпускающий редактор:

Анна Заславская

Редакционная коллегия:

Андрей Агеноров
Евгений Звонарев
Сергей Кривандин
Александр Маргелов
Николай Паничкин
Борис Рудяк
Илья Фурман

Дизайн, графика, верстка:

Елена Георгадзе
Владимир Писанко
Евгений Торочков

Распространение:

Анна Заславская

Электронная подписка:

www.compeljournal.ru

Отпечатано:

«Гран При»
г. Рыбинск

Тираж — 1500 экз.

© «Новости электроники»

Подписано в печать:

5 октября 2010 г.

СОДЕРЖАНИЕ

■ АНАЛОГОВЫЕ МИКРОСХЕМЫ

- Интегральные драйверы для светодиодного освещения. Часть I: AC/DC-драйверы
Сергей Миронов 3
- Интегральные драйверы для светодиодного освещения. Часть II: DC/DC-драйверы
Сергей Миронов 7
- Контроллеры Texas Instruments для питания светодиодных светильников:
интеллект плюс эффективность
Михаил Червинский 13
- До двух ампер: интегральные стабилизаторы тока для светодиодного
освещения
(STMicroelectronics) *Константин Староверов* 18
- Линейные и импульсные: драйверы мощных светодиодов от Maxim
Евгений Звонарев 21
- Оптимизация разработки драйверов сверхъярких светодиодов
(International Rectifier) *Питер Грин* 25
- NUD4700 – недорогое решение для повышения надежности светодиодных
осветительных приборов
(ON Semiconductor) *Евгений Звонарев* 29

■ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

- Герметичные соединители в системах светодиодного освещения
(Mean Well) *Андрей Конопельченко* 31

■ ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ 32

В СЛЕДУЮЩИХ НОМЕРАХ

- Компоненты и решения для промышленной автоматики
- Высоконадежная продукция Texas Instruments
- Модульные AC/DC-преобразователи

Если вы хотите предложить интересную тему для статьи в следующий номер журнала – пишите на адрес vesti@compel.ru с пометкой «Тема в номер».

ОТ РЕДАКТОРА



Уважаемые читатели!

Пожалуй, это первый случай за все время выпуска журнала «Новости электроники», когда с продолжением печатается не просто статья, а целый номер. Даже слоган на обложке мы решили продублировать.

Причина проста. Если вы внимательно читали предыдущий, девятый номер, то наверняка обратили внимание на приведенные в его редакционной заметке цифры: в 2008 году, покупая светодиодный светильник, вы платили 60% цены за светодиоды и лишь 20% — за источник питания, а в 2010 году — уже 25% за светодиоды, а 45% — за источник питания. Причина этого — удешевление светодиодов при сохранении стоимости источника питания. Но есть еще один

показатель, специфичный для переживающего бум российского рынка полупроводниковых осветительных приборов. Значительная часть производителей предпочитает разрабатывать собственные источники питания для своих светодиодных светильников, а не пользоваться готовыми модульными решениями. Собственные решения зачастую получаются более экономичными при выпуске изделий большими партиями, а также при разработке светильников специального применения в специфических корпусах, куда готовые модули зачастую просто не помещаются. Модульные же источники питания предпочтительней при выпуске малых и средних партий изделий.

По информации инженеров компании КОМПЭЛ, до 70%

всех регистрируемых в компании проектов по разработке светодиодных светильников предполагают самостоятельную разработку источников питания. В лидерах продаж — специализированные микросхемы для этих целей производства **Texas Instruments, ON Semiconductor, International Rectifier, Maxim, Macroblock, Zetex, Supertex**. Интегральным решениям ведущих мировых производителей, предназначенным для разработчиков источников питания полупроводниковых осветительных систем, и посвящен этот номер журнала.

С уважением,
Геннадий Каневский

Сергей Миронов (КОМПЭЛ)

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ДРАЙВЕРЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЧАСТЬ I: АС/DC-ДРАЙВЕРЫ



В статье рассказывается о том, как выбрать АС/DC-драйверы для построения источников питания светодиодных светильников. Также рассматривается номенклатура интегральных драйверов от *Texas Instruments*, *STMicroelectronics*, *International Rectifier*, *ON Semiconductor*, *Supertex*, *Macroblock*, *Zetex*.

Светодиодное освещение, как один из видов энергосбережения, все шире используется в нашей повседневной жизни. Поправки к СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10, принятые 15.03.2010 г., разрешили применение светодиодных светильников во всех сферах, кроме учреждений дошкольного, школьного и профессионально-технического образования.

Для обеспечения продолжительного срока службы, высокой надежности и стабильности характеристик светильников светодиоды, используемые в них, необходимо питать постоянным стабильным током.

В качестве источника питания можно выбрать готовое решение в виде модульного источника тока. Производителей подобных изделий много: **Mean Well**, **Inventronics**, **Philips Advance** и др. Преимущество такого выбора очевидно — нужно только подобрать по требуемым параметрам модуль, который имеет вход и выход, встроить его в светильник и выполнить необходимые электрические подключения. При таком подходе обеспечивается максимально быстрый выход разрабатываемого изделия на рынок, так как не требуется дополнительной разработки и проведения испытаний, связанных с источником питания.

Однако не всегда можно использовать готовый модуль. Например, если при расчете светильника требуется «нестандартное» значение тока через светодиоды, или напряжение питания отличается от сетевого. Дело в том, что за редким исключением модульные источники имеют значение выходного тока, кратное 350 мА (700, 1050 мА и т.д.) и, как правило, рассчитаны на сеть 220 В и 50 Гц. Популярными (ввиду невысокой цены и хорошей эффективности) мощные светодиоды MX6 компании CREE

имеют номинальный ток 300 мА, что несколько ниже «стандартного» значения силы тока. На рынке представлены модульные источники и с подобными характеристиками (300...310 мА), но они встречаются нечасто (например, компании **Soaring**). Также модули не подходят, если требуется в разрабатываемом изделии реализовать функцию автоматического управления яркостью в зависимости от каких-либо условий. Несомненно, на рынке присутствуют модульные источники с функцией управления, но их номенклатура ограничена, и не всегда можно подобрать подходящий по всем параметрам модуль. Бывают ситуации, когда габаритные размеры или конструкция модульного источника не подходят под разрабатываемое устройство. Например, светильник имеет круглый форм-фактор, а выбранный по электрическим параметрам модуль — прямоугольную форму и большие габаритные размеры, и это препятствие никак не обойти. Также надо учитывать и экономический фактор. При серийном производстве разработанный источник

питания под свои конкретные цели и задачи будет иметь меньшую себестоимость по сравнению с покупным.

Во всех этих случаях выходом из положения будет применение в разрабатываемом светодиодном светильнике интегральных драйверов, которые обеспечивают большую свободу выбора электрических и конструктивных параметров устройства питания светильника и часто оказываются просто незаменимыми. Используя интегральные драйверы, можно построить схему питания непосредственно на светодиодном модуле. Если в светильнике используются несколько светодиодных линеек, то достаточно просто организовать их питание так, что каждая линейка будет питаться от своего драйвера с точно заданным значением тока. Применяя в этом случае модульные источники, мы должны или выбирать многоканальные (дорогостоящий вариант), или мириться с некоторым перераспределением тока через цепочки при выборе одноканального.

Так как светодиодное освещение относится к энергосберегающему, то одним из основных параметров источника питания является его коэффициент полезного действия (КПД). Именно здесь, правильно выбрав используемые комплектующие и построение схемы, можно существенно поднять общую эффективность осветительного прибора.

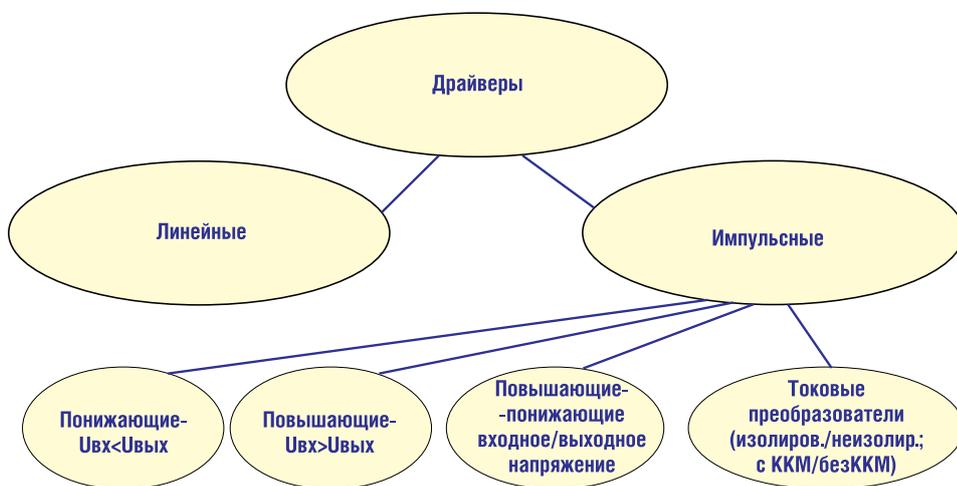


Рис. 1. Классификация драйверов в интегральном исполнении

образователя напряжения: $\lambda = P_{вх.ак} / S_{вх.полн}$. Коэффициент мощности показывает, какая часть потребляемой из первичной сети энергии идет на преобразование, а какая — «гуляет» по проводам, не совершая полезной работы (реактивная составляющая), вынуждая прокладывать провода с увеличенным сечением во избежание перегрева.

К чему на практике приводит отсутствие ККМ и невыполнение этих требований? При традиционном построении источника питания, когда его входная цепь содержит выпрямительный мост и сглаживающий конденсатор (реактивная нагрузка), ток из сети потребляется кратковременно в виде коротких импульсов, совпадающих с пиковым значением входного напряжения, в сети появляются высшие гармоники тока, и искажается форма напряжения сети. Основную опасность представляют все кратные третьей гармонике тока. Дело в том, что эти гармоники из каждой фазы суммируются в нулевом проводнике трехфазной сети, что может привести к его перегреву и возгоранию изоляции. Задача ККМ состоит в том, чтобы сформировать входной ток источника питания синусоидальной формы, по фазе совпадающий с входным напряжением, т.е. сделать источник питания по отношению к первичной сети активной нагрузкой.

Какой источник питания использовать для питания светодиодного светильника — гальванически развязанный или гальванически связанный с первичной сетью? Прямого запрета на использование того или другого нет. Опять же, есть нормативный документ ГОСТ Р МЭК 60598-1-2003 «Светильники. Общие требования и методы испытания», в соответствии с которым все светильники делятся на три класса по защите от поражения электрическим током:

- **Класс I** — защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и присоединением доступных для прикосновения проводящих деталей к защитному (заземленному) проводу стационарной проводки таким образом, чтобы доступные проводящие детали не могли стать токоведущими в случае повреждения основной изоляции;

- **Класс II** — светильник, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией, применением двойной или усиленной изоляции, и, который не имеет устройства для защитного заземления или специальных средств защиты в электрической установке;

- **Класс III** — светильник, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением безопасного сверхнизкого напряжения питания (БСНН по данному документу до 50 В включительно).

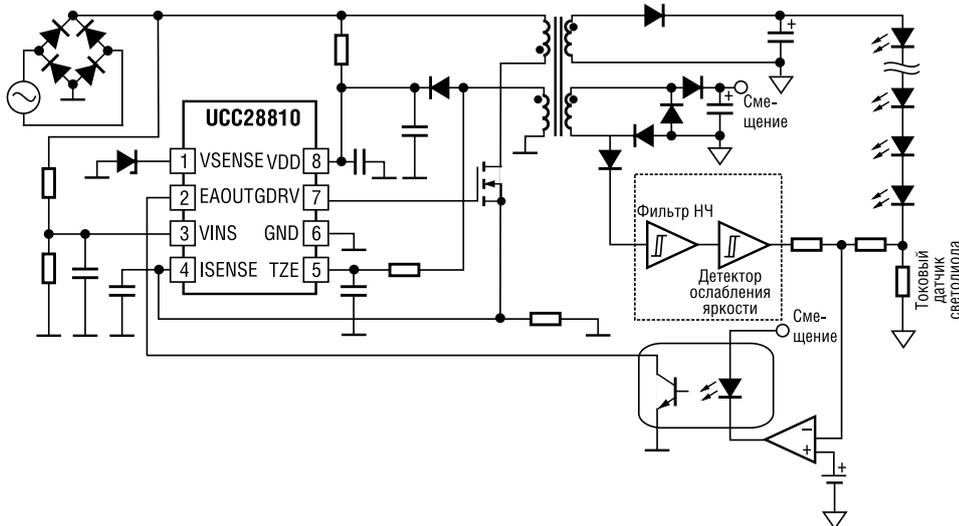


Рис. 3. Типовая схема включения UCC28810/1

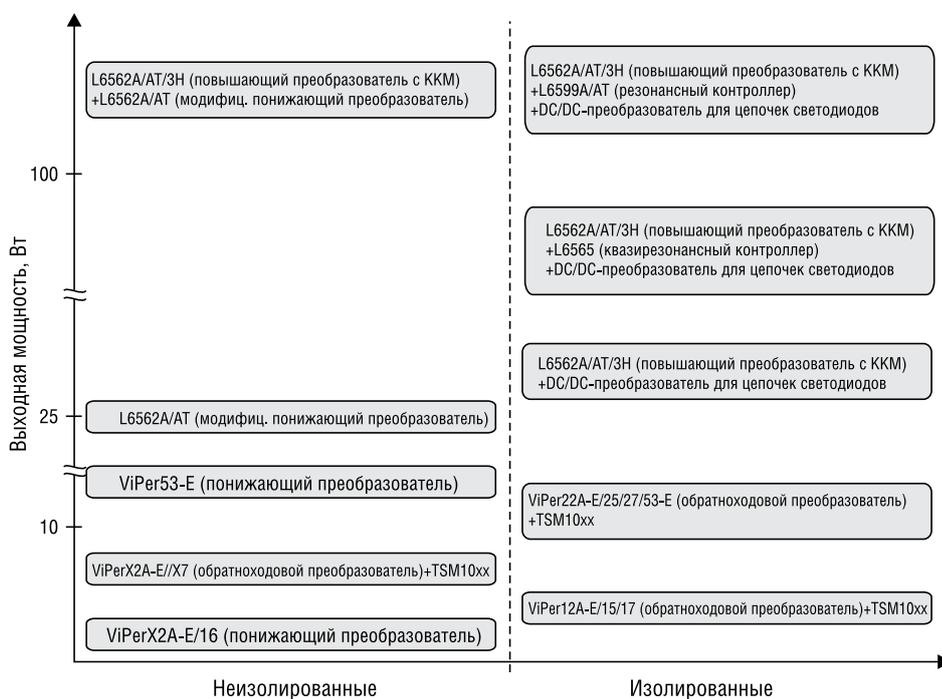


Рис. 4. Номенклатура AC/DC-драйверов STM

Для каждого из этих классов установлены требования к электрической прочности изоляции: Класс I — 2U+1000 В; Класс II — 4U+2750 В; Класс III — 500 В, где U — напряжение питания светильника, В.

При разработке самого светильника и источника питания к нему с использованием AC/DC-преобразователя важно обеспечить необходимую электрическую прочность изделия выбором материалов и конструктивных решений. Например, изделие по классу I может иметь гальваническую связь с сетью, но при этом необходимо, чтобы доступные для прикосновения токоведущие детали имели защитное заземление и применяемые комплектующие и материалы смогли обеспечить напряжение пробоя более 1440 В между входной клеммой и

корпусом изделия. Как вариант, можно применить в изделии источник питания, гальванически не связанный с сетью, а необходимое значение напряжения пробоя (1,44; 3,63 кВ) обеспечить межслойной изоляцией в трансформаторе, например, основной изоляцией и/или двойной изоляцией.

Выше говорилось о некоторых теоретических аспектах, на которые следует обращать внимание при выборе того или иного AC/DC-драйвера и схемы для построения источника питания осветительного прибора на его основе. Теперь перейдем к рассмотрению номенклатуры интегральных драйверов.

Производителей интегральных драйверов в мире немало. Практически каждый из них имеет в составе своих изделий линейку интегральных драй-

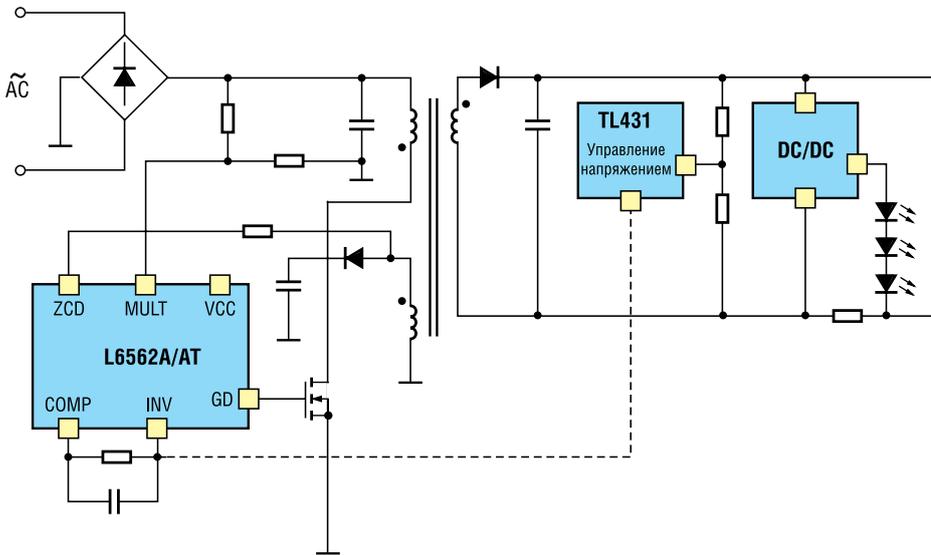


Рис. 5. Упрощенная схема включения L6562A/AT

веров для светодиодного освещения. Например, Texas Instruments (TI), STMicroelectronics (ST), International Rectifier (IR), ON Semiconductor (ON), Supertex, Macroblock, Zetex.

Продукция компании Texas Instruments уже давно завоевала популярность у отечественных разработчиков и доказала свою высокую надежность. Линейка AC/DC-драйверов для светодиодных светильников представлена следующими микросхемами (рис. 2).

Наибольшую популярность (ввиду невысокой цены и хорошей функциональности) нашли микросхемы **UCC28810/28811**, которые отличаются друг от друга по двум параметрам: порогу блокировки при снижении напряжения (15,8 и 12,5 В, соответственно) и выходному току встроенного трансформантного усилителя отклонения (1,3 и 0,3 мА, соответственно).

Упрощенная схема включения UCC28810 с гальванической развязкой от сети показана на рис. 3.

Эта микросхема является однокаскадным ШИМ-контроллером со

встроенным ККМ. На основе данного драйвера возможно построение как гальванически развязанного, так и гальванически связанного с первичной сетью источника питания со стабилизацией по току. Мощность источника питания может варьироваться от нескольких десятков до сотни Ватт и даже более (до 250 Вт). Значение максимальной мощности зависит от параметров внешнего ключевого транзистора и габаритной мощности трансформатора.

Драйверы UCC28810/28811 разработаны для управления обратноходовыми понижающими или повышающими преобразователями, работающими в режиме критической проводимости, где схема ШИМ находится в автоколебательном режиме, включение которого обеспечивается детектором нулевой энергии трансформатора (вывод TZE), а выключение осуществляется компаратором, чувствительным к току. Детектор нулевой мощности позволяет отключать выход контроллера при малой нагрузке без возникновения опасных перенапряжений.

Микросхема содержит встроенный усилитель ошибки обратной связи; генератор опорного тока, вырабатывающий ток в зависимости от входного напряжения; компаратор; логическую схему ШИМ; выходной каскад для управления внешним транзистором; ограничитель пикового тока; таймер перезапуска; схему защиты от перенапряжений и вход разрешения.

ШИМ-контроллер UCC28811 более подходит для схем источников питания с двухступенчатым преобразованием (ККМ с двойным преобразованием) для питания мощных уличных светильников, а UCC28810 – в качестве одноступенчатого преобразователя для питания светильников бытового и местного назначения. Источник питания на основе UCC28810 обладает более быстрым запуском и улучшенными переходными процессами. Так как схема однокаскадного преобразования с ККМ не имеет после диодного моста фильтрующей емкости, не удастся избавиться от пульсаций выходного тока с удвоенной частотой сети. Величина этих пульсаций составляет несколько процентов и может быть уменьшена увеличением емкости конденсатора во вторичной цепи, но при этом, конечно, понизится скорость отработки изменений в петле обратной связи.

Оба контроллера доступны в 8-выводном корпусе SOIC и рассчитаны на работу в температурном диапазоне -40...+105°C.

Texas Instruments предлагает и готовые решения (референс-дизайны), выполненные на базе UCC28810: **UCC28810-EVM-001** (25 Вт, 750 мА, без гальванической развязки); **UCC28810-EVM-002** (100 Вт, 350 мА, без гальванической развязки); **UCC28810-EVM-003** (100 Вт, с гальванической развязкой).

Подобные источники питания можно построить и на интегральных драйверах STMicroelectronics (рис. 4).

Продукция компании STMicroelectronics позволяет проектировать источники питания светодиодных светильников по разным топологиям: без гальванической развязки и с гальванической связью, с однокаскадным преобразованием с ККМ и с двухкаскадным преобразованием с ККМ.

В линейке продукции имеются преобразователи под общим названием VIPer – это обычные ШИМ-контроллеры для стабилизаторов напряжения, рассчитанные на относительно небольшие мощности (до 20 Вт), и преобразователи для стабилизации тока, требующие применения дополнительного DC/DC-драйвера по низкому напряжению.

Наибольший интерес представляет драйвер **L6562A/AT** (рис. 5).

Источник питания выполнен по схеме однокаскадного обратноходового понижающего преобразователя с

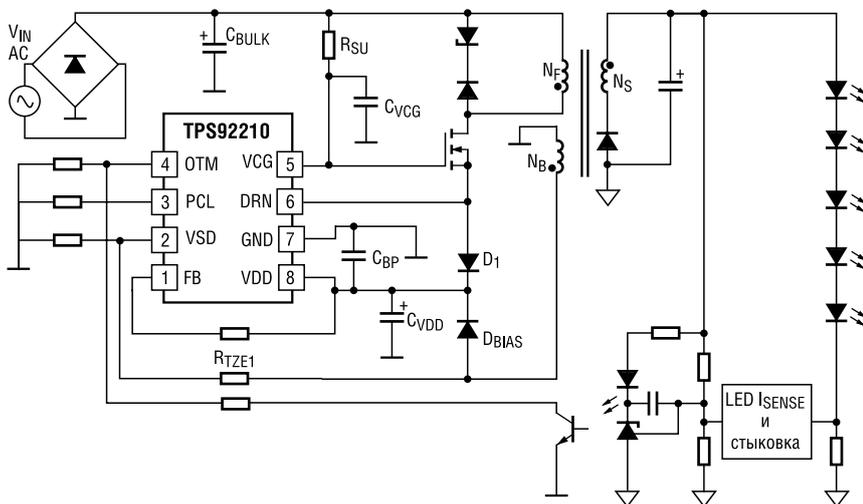


Рис. 6. Схема включения TPS92210

функцией корректора мощности. Через вход MULT с резистивного делителя на микросхему поступает сигнал одного полупериода входного напряжения, полученного после входного выпрямителя. Форма входного напряжения для ШИМ-преобразователя является опорным сигналом, и ток через силовой ключ задается в соответствии с полученной формой входного напряжения, поэтому потребляемый преобразователем ток имеет синусоидальную форму и совпадает по фазе с питающим напряжением. На выходе преобразователя получается стабилизированное напряжение. В цепи обратной связи можно организовать опторазвязку либо обойтись без нее. Поскольку на выходе преобразователя получается стабилизированное напряжение, то для питания светодиодов требуется включение DC/DC-драйвера. Так как в данной схеме мы имеем два преобразования (по высокому напряжению и по низкому напряжению), можно ожидать, что результирующий КПД системы будет несколько ниже по сравнению с UCC28810, где используется одно преобразование.

Принцип работы драйвера L6562A/AT принципиально не отличается от рассмотренного выше драйвера UCC28810. В схеме включения UCC28810 была реализована обратная связь по току, а в случае изделия STМ — по напряжению.

По подобным схемам строится большинство источников питания для светодиодных светильников на мощности от нескольких десятков ватт и выше. Если же требуется запитать светильник сравнительно небольшой мощности и небольших габаритов, например, светодиодный светильник для прямой замены ламп накаливания с цоколем E27/E14, то можно выбрать драйвер уже рассмотренного выше производителя Texas Instruments TPS92210 или компании Supertex HV9910B/ HV9961. Причем на драйвере TPS92210 можно изготовить гальванически развязанный от сети источник питания светодиодов с ККМ, а на HV9910B/HV9961 — без гальванической развязки и без ККМ.

Типовая схема включения TPS92210 приведена на рис. 6. Выходной каскад этой микросхемы имеет каскадную схему включения, что позволило снизить потери при переключении по высокому напряжению и тем самым поднять общую эффективность преобразователя. Драйвер имеет защиту от обрыва цепи светодиодов, от перенапряжения на выходе и от перегрева.

Компания Supertex является одним из лидеров в производстве полупроводниковых изделий, изготовленных по высоковольтным технологиям. Напряжение питания микросхем составляет 90...450 В.

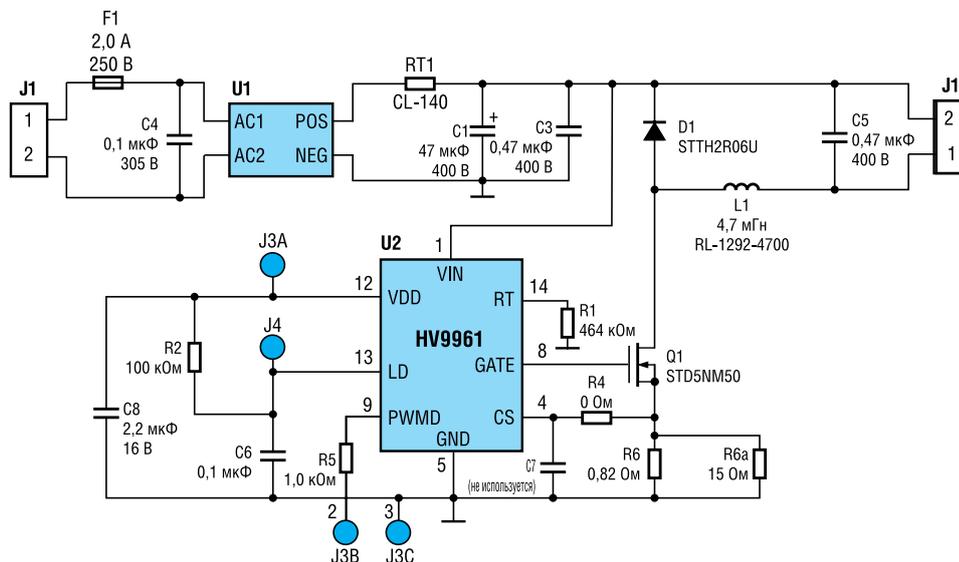


Рис. 7. Схема включения HV9961

На рисунке 7 приведена схема включения HV9961 в источнике питания с входным напряжением 90...265 В; выходным напряжением 40...60 В; выходным током 350 мА.

Источник питания, выполненный на основе данного драйвера, отличается простотой, малыми габаритами и невысокой стоимостью. Микросхема позволяет разработчику выбирать параметры источника питания в широких пределах. Имеется встроенный источник опорного напряжения 272 мВ. Задание тока через цепочку светодиодов осуществляется выбором резистора в цепи истока ключевого транзистора, если напряжение на выводе LD более 1,5 В, то: $I = 0,272 / R6$ (А), в другом случае $I = V_{ld} / 5,5R6$.

Величина индуктивности L1 зависит от максимального значения напряжения на цепочке светодиодов V, времени нахождения ключа в закрытом состоянии Toff, значения тока через цепочку светодиодов I и размаха пульсаций выходного тока («пик-пик»). Размах пульсаций принимают, как правило, равным 20...40%.

$$L = V \times T_{off} / 0,4 \times I$$

Время нахождения ключа в закрытом состоянии определяется сопротивлением резистора R1 (диапазон от 30 кОм до 1 МОм): $T_{off} (\text{мкс}) = R1(\text{кОм}) / 25 + 0,3$.

Частота преобразования микросхемы находится в диапазоне 50...120 кГц и определяется сопротивлением R1.

Микросхема выпускается в двух типах корпусов — SOIC-8 и SOIC-16. При входном напряжении источника 220 В и 50 Гц лучше использовать SOIC-16, т.к. этот тип корпуса позволяет отвести от микросхемы больше тепла. Дело в том, что микросхема питается от выпрямленного сетевого напряжения (310 В), собственный ток потребления микросхемы

на уровне 1 мА, но через нее течет больший ток из-за перезаряда входной емкости ключевого транзистора: $I = 1 \text{ мА} + Q \times f$, где Q — энергоемкость транзистора по входу; f — частота преобразования.

Поэтому транзистор, который будет применяться в данной схеме, необходимо выбирать не только с учетом максимального напряжения «сток-исток», но и с учетом Q. Рекомендация: если частота преобразования менее 100 кГц, то Q менее 25 нКл; если более 100 кГц, то Q менее 15 нКл.

Понизить тепловыделение микросхемы (рассеивание мощности) можно, включив в цепь питания стабилизатор на 150...200 В. На эту величину понизится напряжение питания микросхемы, и, соответственно, снизится рассеиваемая мощность.

Рассмотренный драйвер HV9961 полностью заменяет разработанный ранее и имеющий очень широкое применение драйвер HV9910B. HV9961 отличается от HV9910B лучшими характеристиками по точности и стабильности поддержания выходного тока.

Заключение

Источник питания является одним из основных составляющих светодиодного прибора и обеспечивает качественные характеристики светильника на протяжении всего срока службы. Основными задачами разработчика являются правильный выбор драйвера и построение схемы питания с учетом многих, часто противоречащих друг другу, требований.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru

Сергей Миронов (КОМПЭЛ)

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ДРАЙВЕРЫ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЧАСТЬ II: DC/DC-ДРАЙВЕРЫ

В статье рассмотрены наиболее популярные у производителей полупроводниковой светотехники **DC/DC-драйверы мощных осветительных светодиодов компаний Texas Instruments, STMicroelectronics, ZETEX Semiconductors, ON Semiconductor и Makroblock, их основные характеристики и особенности выбора.**

Для обеспечения стабильности хроматических показателей светодиодов (и, соответственно, осветительных приборов, выполненных на их основе), продолжительного срока службы и надежности светодиоды необходимо питать стабилизированным током. Стабилизацию тока можно осуществить, применяя интегральные микросхемы — **светодиодные драйверы.**

Светодиодные драйверы делятся на две группы: AC/DC- и DC/DC-драйверы. AC/DC-драйверы подробно рассмотрены в отдельной статье в этом же номере журнала. DC/DC-драйверы, в свою очередь, в зависимости от значения входного и выходного напряжений делятся на понижающие, повышающие и повышающе-понижающие преобразователи. Есть, конечно, и линейные стабилизаторы тока, но ввиду их низкой эффективности они практически не применяются для питания мощных светодиодов, а используются для питания

только сверхъярких светодиодов, где токи весьма невелики (несколько десятков мА). Светодиодные драйверы выпускаются почти всеми производителями интегральных микросхем, в линейке продукции которых есть ИС для источников питания. В данной статье рассмотрены DC/DC-драйверы для мощных светодиодов таких производителей, как **Texas Instruments, STMicroelectronics, ZETEX Semiconductors, ON Semiconductor и Makroblock.**

Понижающие драйверы

Одна из широко применяемых топологий преобразователя для питания светодиодов — понижающий (buck) преобразователь.

Недорогим и эффективным понижающим драйвером управления мощными светодиодами является микросхема **MBI6651** производителя **Makroblock**. Данный производитель более известен широкофункциональными драйверами для «бегущих строк», светодиодных

экранов и многоканальными драйверами для сверхъярких светодиодов, но также имеет в своей линейке эффективный драйвер для мощных осветительных светодиодов.

Микросхема представляет собой частотно-импульсный понижающий преобразователь с гистерезисным методом управления по выходному току. Данный метод управления исключает потребность в цепях компенсации контура регулирования и уменьшает количество используемых компонентов (требуется всего четыре внешних компонента (рис. 1)), что упрощает проектирование источника питания. Значение выходного тока задается внешним резистором R_{sen} и может достигать максимального значения 1 А в диапазоне входного напряжения 9...36 В:

Для работы данной микросхемы требуется очень небольшое значение напряжения на датчике тока R_{sen} (0,1 В), благодаря чему минимизируются потери, возникающие в этой цепи, и повышается общий КПД преобразователя. Драйвер имеет высокое значение эффективности: до 96% при входном напряжении 12 В и нагрузке, состоящей из цепочки трех последовательно соединенных светодиодов на токе 350 мА. Частота переключения драйвера находится в диапазоне 40...1000 кГц.

Микросхема имеет отдельный вход для управления яркостью светодиодов (DIM). Подавая на этот вход управляющий ШИМ-сигнал логического уровня, можно осуществлять регулировку тока через светодиоды практически от нуля до выбранного (R_{sen}) значения.

В драйвере реализован комплекс защитных мер: защита от обрыва и короткого замыкания выходной цепи; температурная защита, отключающая микросхему при нагреве корпуса свыше 135°C и «мягкий» старт, исключающий бросок тока через светодиоды при подаче питания.

Микросхема выпускается в трех типах корпусов для поверхностного монтажа: TO-252-5L, SOT23-6L и MSOP-8L.

Подобный драйвер **ZXLD1362** с близкими характеристиками, но с бо-

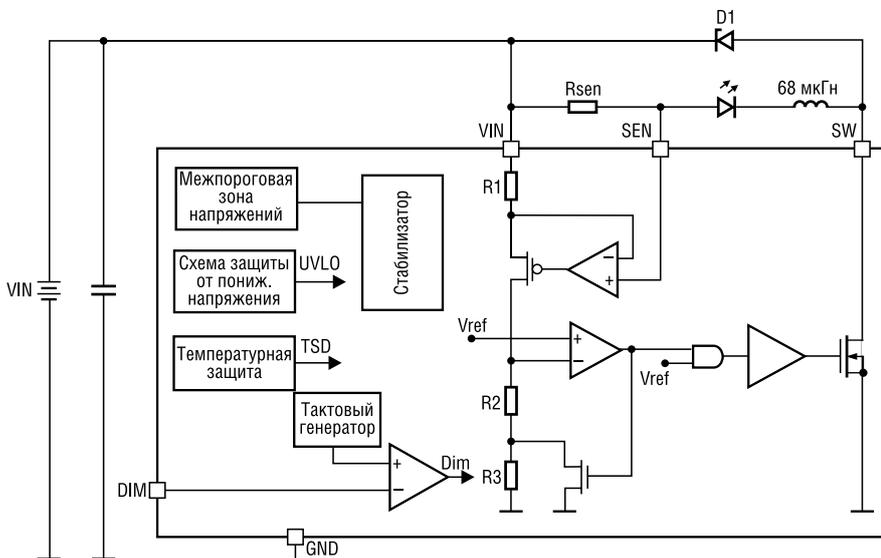


Рис. 1. Типовая схема включения MBI6651

Таблица 1. Интегральные понижающие драйверы ZETEX для мощных светодиодов

Наименование	Диапазон входного напряжения, В	Макс. частота преобразования, МГц	Максимальный выходной ток, мА	Димминг	Потребляемый ток, мкА	Тип корпуса
ZXLD1320	4...18	0,6	1500	+	12	DFN14
ZXLD1321	1,2...12	0,6	1000	+	12	DFN14
ZXLD1322	2,5...15	0,6	700	+	12	DFN14
ZXLD1350	7...30	1,0	350	+	15	TSOT23-5
ZXLD1360	7...30	1,0	1000	+	20	TSOT23-5
ZXLD1362	6...60	0,5	1000	+	65	TSOT23-5

лее широким диапазоном входного напряжения (6...60 В), есть и в линейке продукции другого известного производителя интегральных драйверов для светодиодов: **ZETEX Semiconductors**. Причем, микросхема выпускается в корпусе TSOT23-5 и по выводам полностью соответствует изделию Makroblock в корпусе SOT23-6L (вывод 4 у микросхем не используется).

В таблице 1 приведены краткие параметры DC-DC понижающих драйверов ZETEX для мощных светодиодов.

В качестве понижающего преобразователя для питания светодиодов возможно и применение понижающих стабилизаторов напряжения. Необходимо только видоизменить схему включения так, чтобы стабилизировался ток, а не напряжение. Посмотрим, как это можно реализовать на примере микросхемы **L5973D** производства **STMicroelectronics**.

Микросхема L5973D является DC/DC регулируемым понижающим стабилизатором напряжения с входным напряжением до 36 В и выходным напряжением до 35 В, при максимальном выходном токе до 2,5 А. Возможной нагрузкой в нашем случае может быть до 8...10 шт. белых светодиодов в цепочке на токе от 350 мА до 1,5...2 А, что вполне достаточно для многих применений.

На рис. 2 представлена схема включения L5973D в качестве стабилизатора тока.

Датчиком тока является резистор R_s . Напряжение, образующееся на нем за счет протекания тока цепочки светодиодов, подается на вход обратной связи микросхемы FB. Ввиду того, что внутреннее опорное напряжение микросхемы имеет значение 1,235 В, и напряжение обратной связи должно иметь такое же значение, то на R_s будет выделяться большая мощность, которая снизит общий КПД устройства. Например, если выбрано значение тока через цепочку светодиодов на уровне 700 мА, то выделяемая на резисторе мощность составит 0,86 Вт. Это потребует применения мощного резистора (более 1 Вт) и отвода дополнительного тепла.

Этот недостаток (повышенное значение опорного напряжения) можно обойти, усложнив схему, например, применив операционный усилитель (ОУ)

для усиления напряжения датчика тока (рис. 3).

Коэффициент усиления (К) введенной дополнительно схемы определяется как: $K = 1 + R2/R1$ и выбирается таким, чтобы напряжение на R_s составляло десятые доли вольта. Однако, не стоит забывать, что вновь введенный ОУ имеет выводы питания, и на них необходимо подать напряжение.

Микросхема имеет вход внешней синхронизации SYNCH, который может быть полезен, если использовать данную микросхему в составе какой-либо системы, уже имеющей собственный источник частоты до 700 кГц. В этом случае преобразование будет происходить на уже существующей частоте, и вклад драйвера в общую помеховую обстановку будет минимальным.

Из рассмотренных схем видно, что если в качестве стабилизатора тока использовать стабилизатор напряжения,

то важно выбирать микросхему с минимально возможным значением опорного напряжения, тогда схема будет иметь более простой вид и хорошее значение КПД. Причем КПД, приводимый в даташитах для работы микросхемы в режиме стабилизации напряжения, не имеет ничего общего с КПД источника, который получится при работе этой же микросхемы в режиме стабилизации тока. Полученное значение КПД будет всегда меньше.

Компания **STMicroelectronics** предлагает использовать для питания светодиодов не только стабилизаторы напряжения. В номенклатуре ее продукции имеются и DC/DC-стабилизаторы тока – серия микросхем **STCS05/1/2**, отличающихся друг от друга максимальным значением выходного тока 0,5 А/1,5 А/2 А, соответственно. Микросхемы предназначены для работы от источника постоянного напряжения в

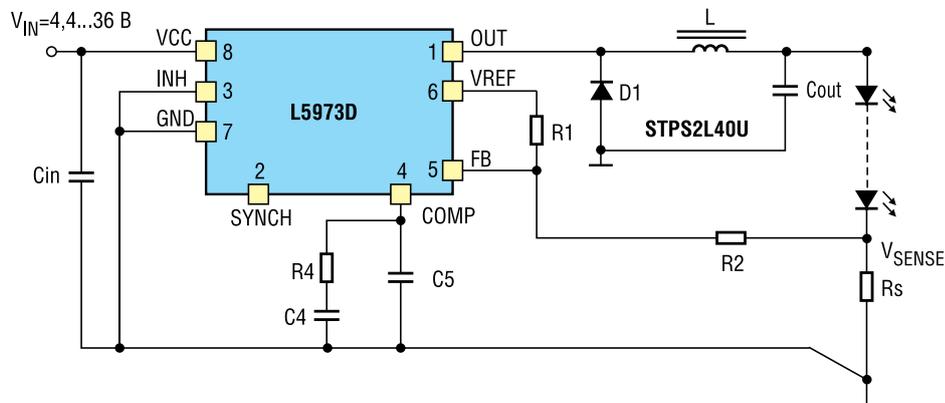


Рис. 2. L5973D в режиме стабилизации тока

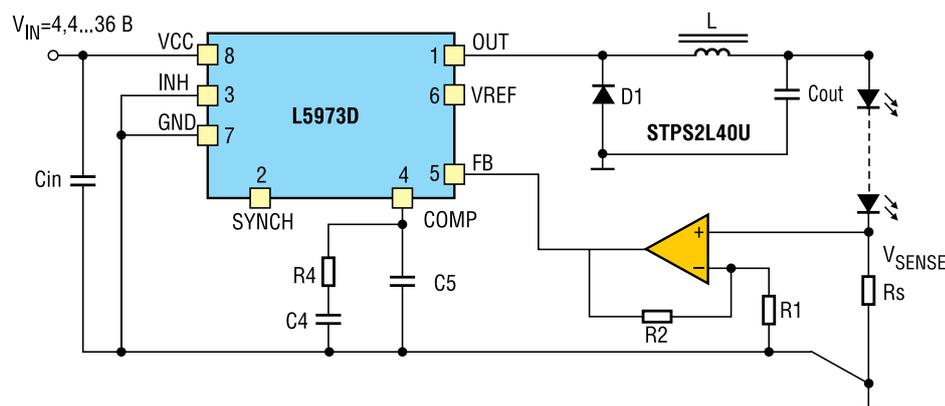


Рис. 3. L5973D в режиме стабилизации тока с усилителем напряжения датчика тока

Значение выходного тока через цепочку светодиодов задается резисторами R4, R5. Резисторы R1, R2 обеспечивают защиту микросхемы от короткого замыкания в нагрузке и от обрыва цепи обратной связи. При возникновении на этих резисторах напряжения более 200 мВ происходит отключение микросхемы. Драйвер имеет внешний вход включения/отключения (ON/OFF), и этот же вход можно использовать для управления яркостью свечения светодиодов (димминг), если подать на него ШИМ-сигнал с частотой 1 кГц.

В микросхеме реализована гистерезисная защита от перегрева, которая срабатывает при нагреве выходного ключа до температуры 160°C. КПД преобразователя достигает 87% при близких значениях входного и выходного напряжений. Доступно автоматическое исполнение ИС **NCV3066**, а также версия без функции включения/отключения: **NCP3065**.

Подобный повышающий драйвер, но с более широким диапазоном входного напряжения (4,5...52 В) есть и у другого известного производителя **Texas Instruments TPS40210/11**. Типовая схема включения приведена на рис. 6.

Драйвер **TPS40211** отличается от **TPS40210** значением опорного напряжения петли обратной связи — 260 и 700 мВ соответственно. Поэтому **TPS40211** более предпочтительна для использования в стабилизаторах тока.

Частота преобразования определяется номиналами RC-цепочки, подключенной на вывод RC. Максимальное значение частоты преобразования 1000 кГц, но возможно и использование внешнего генератора, при этом частота может быть немного выше. Выходной ток задается резистором R_{ifb}. Стоит отметить, что в данной микросхеме не реализована защита от короткого замыкания в нагрузке, поэтому следует применять дополнительные внешние схемотехнические решения. Имеется режим плавного запуска, конфигурируемый при помощи внешних компонентов. Напряжение на выходе преобразователя повторяет форму напряжения на выводе SS. Это напряжение формируется внутренним резистором и внешним конденсатором, подключаемым к выводу SS. Время плавного запуска равно времени достижения напряжения 700 мВ на этом выводе. Время необходимо выбирать так, чтобы не произошло перегрузки по току.

Выключение контроллера осуществляется подачей на вывод DIS/EN-сигнала высокого уровня. В этом режиме происходит отключение встроенного линейного стабилизатора, питающего внутренние узлы. Таким образом, нагрузка оказывается отключенной от питания. Ток потребления

микросхемы в этом режиме составляет всего 10 мкА.

Понижающе-повышающие драйверы

Что делать, если в устройстве требуется и повышать, и понижать выходное напряжение, в зависимости от его значений? Например, требуется питать мощный светодиод с прямым падением напряжения 3,5 В от литиевого аккумулятора с напряжением 4,2 В (заряжен) до 2,7 В (разряжен). Можно собрать двухкаскадный преобразователь: включить последовательно вначале повышающий каскад, а затем понижающий. При этом выходное напряжение первого каскада должно лежать за пределами изменения напряжения на входе, а требуемое выходное напряжение будет формироваться на выходе второго преобразователя. К сожалению, здесь потребуются два контроллера, две индуктивности и два ключа, а общая эффективность будет заведомо ниже однокаскадного. Хотя в некоторых случаях применяется и такая схема.

Инвертирующий преобразователь может как повышать, так и понижать

входное напряжение, но выходное напряжение в нем инвертировано по отношению к входному, что не всегда может быть приемлемо.

Также применяется топология SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter, преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью), но здесь используются две индуктивности, что ведет к увеличению габаритов устройства. Эти индуктивности могут быть больше по размеру, чем используемые в схеме полупроводниковые компоненты.

Для использования в преобразователях с топологией SEPIC можно применять большинство микросхем, предназначенных для работы в повышающих (boost) преобразователях. При этом необходимо помнить, что некоторые из этих микросхем для SEPIC использовать нельзя из-за специфических особенностей, оптимизирующих работу в повышающей топологии.

Рассмотрим понижающе-повышающий преобразователь на примере драйвера **Texas Instruments TPS63000** (рис. 7, 8).

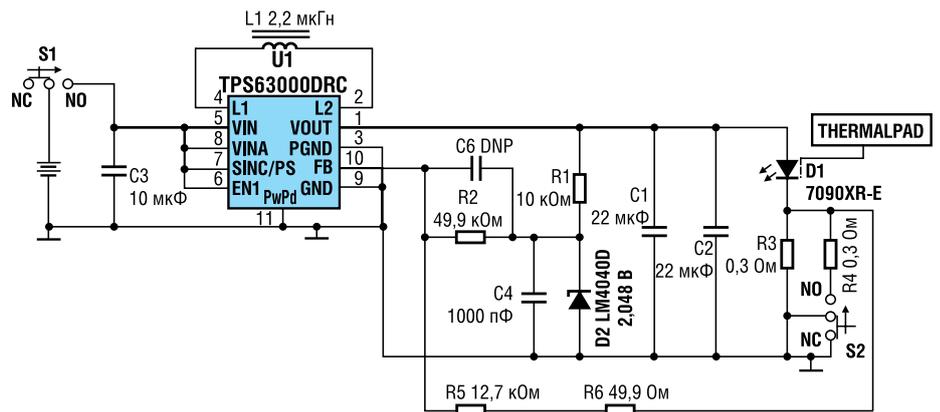


Рис. 7. Типовая схема включения TPS63000

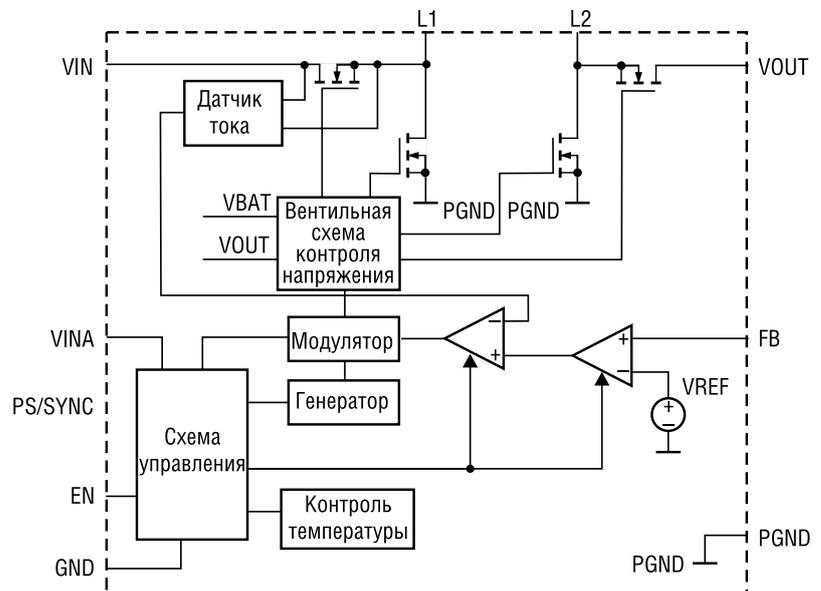


Рис. 8. Блок-схема TPS63000

Микросхема содержит понижающий и повышающий каскады, работающие на одну индуктивность. Переключение между топологиями происходит автоматически в зависимости от входного напряжения.

Данная микросхема предназначена прежде всего для приложений, использующих Li-Ion элемент, а также 2- или 3-элементную батарею питания, где важным показателем является коэффициент полезного действия (КПД). При токе нагрузки 320 мА КПД драйвера весьма высок — доходит до 96%, что положительно влияет на эффективность использования аккумулятора. Прирост времени работы аккумулятора в этом случае составляет до 28% (в диапазоне напряжения 3,5...2,7 В). Однако, эти данные справедливы при работе преобразователя в режиме стабилизации напряжения, для которого он и разрабатывался, а при работе в режиме стабилизации тока они будут другими. Опорное напряжение обратной связи составляет 500 мВ, что нельзя назвать очень низким, поэтому КПД в режиме стабилизации тока будет ниже заявленного.

Преобразование в драйвере происходит на фиксированной частоте 1,5 МГц, также можно использовать и внешнюю синхронизацию частотой до 1,8 МГц. Для достижения максимальной эффективности применяется синхронное выпрямление. Максимальное значение вы-

ходного тока может доходить до 1,2 А при входном напряжении 3,6...5,5 В и до 0,8 А при 2,4...3,3 В. Имеется режим пониженного энергопотребления, в который микросхема переходит автоматически. В микросхеме реализована защита от перегрева и короткого замыкания на выходе. Предусмотрен режим мягкого старта.

Заключение

Практически для любых задач, где имеется постоянное (DC) напряжение (единицы и десятки Вольт) можно подобрать соответствующий драйвер для питания светодиодов, удовлетворяющий поставленным задачам. Даже если есть затруднения в подборе стабилизатора тока, можно применить стабилизатор напряжения, переведя его в режим стабилизации тока и учтя некоторые особенности. Источник питания обеспечивает качественные характеристики оборудования на протяжении всего срока службы, поэтому к выбору как микросхемы, так и схемы построения преобразователя необходимо подходить с учетом различных особенностей схемотехнического и конструктивного характера. 

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: analog.vesti@compel.ru

DC/DC-конвертеры L598x — компактные понижающие регуляторы с выходным током до 2 А

L598x — новое семейство импульсных понижающих преобразователей STMicroelectronics, которое характеризуется малыми размерами и низкой ценой. Преобразователи широко применяются в промышленных, потребительских сегментах, персональных компьютерах и для передачи данных. Имея выходной ток до 2 А, нижнюю границу выходного напряжения от 0,6 и широкий диапазон входных напряжений от 2,9 до 18 В, данное семейство обладает большой гибкостью и универсальностью. Встроенный р-канальный MOSFET-транзистор (150 мОм) с низким сопротивлением сток-исток позволяет преобразователю управлять периодом рабочего цикла до 100%. Частота переключения может конфигурироваться в диапазоне от 250 кГц до 1 МГц при помощи внешнего резистора. Семейство имеет дополнительные функции мониторинга и защиты: контроль перегрузки по току; контроль напряжения питания (UVLO); контроль от перегрева и встроенный цифровой режим «мягкого старта». Комбинированные в теплостойком корпусе DFN3x3-8L эти функции позволяют реализовывать надежные и компактные приложения с минимальным количеством внешних компонентов. Регуляторы семейства L598x могут быть синхронизированы от внешнего сигнала друг с другом в конфигурации «master/slave» с фазовым смещением 180°, и существует возможность их применения с многослойными керамическими конденсаторами (MLCCs) в качестве выходного фильтра. Семейство L598x состоит из четырех микросхем: **L5980**, **L5981**, **L5983** и **L5985**, отличающихся параметрами выходного тока. Приведем основные характеристики семейства:

- Выходной ток до 2 А;
- Входное напряжение от 2,9 до 18 В
- Конфигурируемый диапазон выходного напряжения от 0,6 В;
- Диапазон частоты переключения от 250 кГц до 1 МГц;
- Встроенный «мягкий старт»;
- Режим блокировки, нулевое потребление;
- Рабочий цикл 100%;
- Защита от перегрева и перегрузки по току;
- Работа в режиме холостого хода;
- DFN3x3-8L корпус.



ИНТЕГРАЛЬНЫЙ Понижающий ДРАЙВЕР для мощных светодиодов **ST1S10**

- I_{Вых} до 3 А
- Средний КПД 90%
- U_{Вх} 2,5...18 В
- I_{потерь выкл.} 6 мкА во всем диапазоне температур -25...125°C
- F_{преобр. макс.} 1,2 МГц,
- Внутренняя частота ШИМ 900 кГц
- Встроенная схема защиты от перегрева и пиковых токов
- Корпус PS08, DFN8



Москва
Тел: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403



www.compel.ru

Михаил Червинский (КОМПЭЛ)

КОНТРОЛЛЕРЫ TEXAS INSTRUMENTS ДЛЯ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ: ИНТЕЛЛЕКТ ПЛЮС ЭФФЕКТИВНОСТЬ



Статья посвящена повышению эффективности и срока службы **полупроводниковых световых приборов** за счет применения современных аналоговых и цифровых микросхем **Texas Instruments**. Рассматривается интеллектуальное и экономичное решение на базе **контроллера TPS92010**.



Когда-то светоизлучающие диоды (СИД) были просто индикаторами в электронной технике. Мощность кристаллов была низкой, электрический ток был в несколько раз меньше, задача отведения тепла в принципе не была проблемой.

Стремительный рост технологий и рынка привел к появлению отдельного класса мощных осветительных светодиодов, принципиально отличающихся от традиционных индикаторных. Рабочие токи современных светодиодов лежат в диапазоне от сотен миллиампер до нескольких Ампер. Мощность возросла с милливатт до более чем 10 Вт, а задача отведения тепла стала одной из ключевых для конструкторов, и успешное ее решение определяет, насколько эффективным и долговечным будет осветительный прибор.

Современный мощный светодиод — прибор, в котором искомый световой поток определяется рядом взаимосвязанных параметров — температура, падение напряжения на кристалле, ток.

На рисунке 1 условно проиллюстрирована эта взаимосвязь. Можно сказать, что целевой для большинства разработок световой поток зависит от «всего», поэтому необходимо большое внимание уделять всем компонентам светодиодного светильника, в особенности — драйверу.

В простейшем случае драйвер преобразует электрическую энергию первичной сети питания в постоянный ток и напряжение, требуемое светодиодам. Тут можно провести аналогию с широко распространенными балластами люминесцентных ламп, где электроника обеспечивает необходимые электрические условия запуска и работы источника света.

С другой стороны, неизбежность применения электронного драйвера при разработке светодиодного светильни-

ка открывает доступ к более широкому функционалу, о котором даже не задумывались десять лет назад. Сочетание высокоэффективных источников света и передовых достижений современной электроники в традиционном светильнике позволяет по новому взглянуть на индустрию освещения в целом, освоить новые сферы применения.

Интеллектуальный драйвер может реализовать достаточно сложные алгоритмы управления, направленные как на обеспечение оптимального режима работы светодиодов, так и на реализацию инновационных возможностей, например — дистанционного управления и мониторинга состояния светильников. Традиционная обратная связь по току, обеспечивающая стабильную яркость светодиода, может быть дополнена функциями компенсации различных внутренних и/или внешних воздействий: изменения температуры, неизбежной деградации светового потока со временем. Для энергосберегающих приложений крайне интересными представляются функции регулировки яркости (диммирования) в ручном или автоматическом режиме — например плавный переход в «дежурный» режим при отсутствии человека в помещении или отключение светильника в дневное время.

Совершенствование светодиодной технологии происходит очень интенсивно. Эта же тенденция наблюдается и в области драйверов, как неотъемлемой составляющей любого светильника.

Обзор применений

На зарубежном рынке освещения сложилась определенная классификация светодиодных светильников по применениям: коммерческое (*Commercial*), частный сектор (*Residential*), уличное и инфраструктурное (*Infrastructure*). Для каждого из которых можно выделить ряд уникальных характеристик, в

первую очередь — диапазон мощностей светильников. На рисунке 2 представлена схема, иллюстрирующая эту классификацию.

Данная сегментация сфер применения светодиодов в освещении по диапазону используемых мощностей и специфике приложений используется компанией **Texas Instruments (TI)** для классификации своих решений в области питания светодиодов.

Эта классификация не включает в себя некоторые специальные применения — такие, как медицинская техника, портативные устройства и транспортная светотехника, которые требуют отдельного рассмотрения.

Отметим для каждого сегмента характерные особенности, которые нужно учитывать при разработке драйвера — так, например, в приложениях внутреннего освещения в частном секторе чаще всего речь идет о компактных светильниках с небольшими мощностями (до 25 Вт) и световым потоком до 3000 лм. Сегмент коммерческого освещения характеризуется диапазоном мощно-



Рис. 1. Зависимость светового потока от основных параметров светодиода

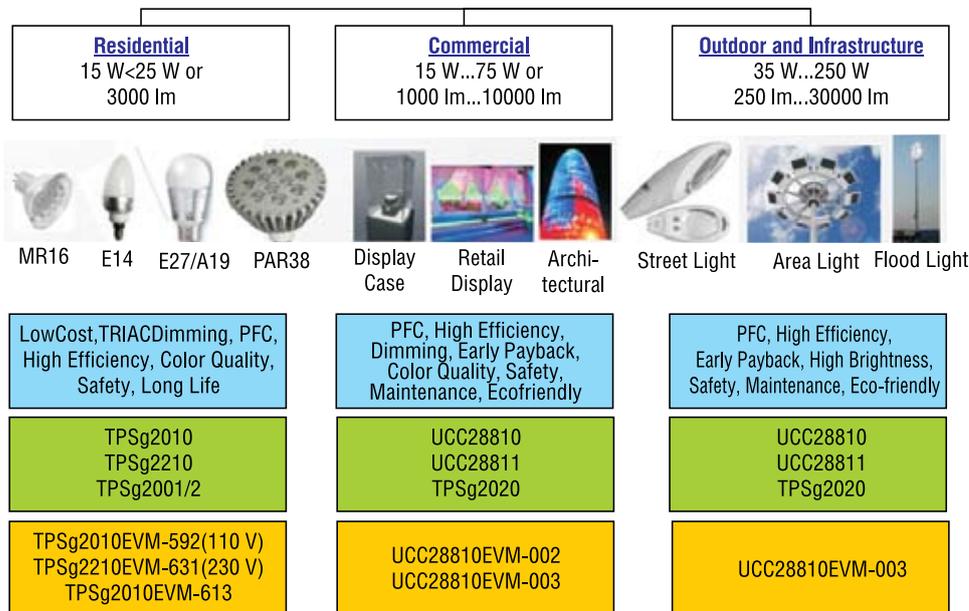


Рис. 2. Сферы применения светодиодов в освещении на зарубежном рынке

стей 15...75 Вт и световым потоком до 10000 лм.

Уличное и промышленное освещение требует наиболее мощных светильников (до 250 Вт), обеспечивающих световые потоки порядка 2500...30000 лм, в зависимости от типа светильника.

Также есть ряд критериев, необходимых почти во всех применениях:

- Невысокая стоимость драйвера при серийном производстве,
- Высокая электрическая эффективность (потери в драйвере приведут к увеличению размеров устройства и снизят экономичность светильника),
- Надежность (в большинстве случаев светодиодная техника позиционируется как необслуживаемая),
- Корректор коэффициента мощности (**ККМ**) (в соответствии с действующими стандартами).

Следует отметить, что отечественный рынок светодиодного освещения имеет определенные отличия. Так, например акценты смещены в сторону уличного освещения и ЖКХ, а интерьерному, коммерческому освещению уделяется меньшее внимание. Россий-

ских разработчиков и потребителей в малой степени интересуют портативные применения, так как эта ниша рынка уже заполнена зарубежными производителями. Также следует принимать во внимание климатические, социальные и нормативные аспекты: уличный светильник, востребованный на всей территории РФ, должен иметь расширенный диапазон рабочих температур, а светильники для ЖКХ в большинстве нуждаются в антивандальной конструкции, требования к активному ККМ в осветительном оборудовании в явном виде пока не регламентируются.

При разработке светильника перед разработчиком стоит непростая задача выбора между применением готового драйвера светодиодов и собственной разработки можно назвать гибкость и отсутствие избыточности драйвера в конкретном применении, как следствие – более низкой стоимости в серийном производстве.

Семейства драйверов, предлагаемых TI, позволяют решать достаточно ши-

рокий спектр задач, возникающих при проектировании светодиодной техники: от портативной техники до уличного прожекторного освещения. Рассмотреть подробно все интересные решения в рамках настоящего материала не представляется возможным.

Цель данной статьи – показать разработчикам электронные решения Texas Instruments в области освещения, которые будут востребованы в актуальных для российского рынка областях применения и помогут полностью раскрыть потенциал светодиодов как перспективных источников света.

Терминология

В настоящее время с понятием «драйвер светодиодов» связана некоторая неопределенность, так как в различных публикациях термин может обозначать как отдельную микросхему, так и законченное устройство.

Для определенности в настоящей статье будем использовать определения принятые в стандарте ANSI/IESNA RP-16-05 add. B.

Для введения терминологии обратимся к обобщенной схеме светодиодного светильника, приведенной на рисунке 3:

- Драйвер светодиодов – электронное устройство, содержащее в себе источник питания, схему управления светодиодами в дискретном или модульном виде;
- Источник энергии – трансформатор, батарея или иное устройство, генерирующее электрический ток, напряжение или мощность в заданном диапазоне;
- Источник питания – электронное устройство, способное преобразовывать и контролировать ток, напряжение или мощность в заданном диапазоне.

Схема управления светодиодами – совокупность электронных компонентов, разработанных для контроля источника питания путем подстройки выходного напряжения, тока или скважности переключений. Более обобщенно – для контроля количества и характеристик электрической энергии, потребляемой светодиодной нагрузкой.

Перечислим основные характеристики светодиодов, обуславливающие применение специальных драйверов:

- Светодиод – токовый прибор с нелинейной ВАХ,
- Для большинства светодиодов характерен относительно низкий диапазон рабочих токов (до 1 А),
- Стандартные источники питания редко соответствуют необходимым значениям тока и напряжения светодиодов в различном включении,
- Необходим контроль тока и функции его регулировки (димминга),
- И как следствие – любому светодиодному светильнику необходим драйвер.

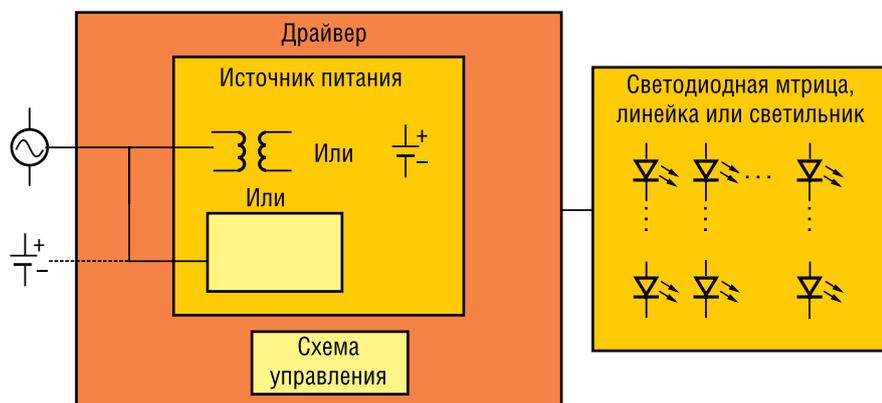


Рис. 3. Структура светодиодного светильника по стандарту ANSI/IESNA RP-16-05 add. B

Аналоговые решения

Остановимся подробнее на применении драйверов в светильниках для частного сектора.

Для светодиодных светильников в форм-факторе традиционных ламп со стандартным цоколем характерны следующие параметры:

- Низкая стоимость,
- Высокая эффективность,
- ККМ,
- Совместимость со стандартными диммерами (TRIAC),
- Высокий индекс цветопередачи,
- Длительный срок службы.

Перед рассмотрением готовых решений в данной категории, разберем подробнее работу таких диммеров и определим, какие дополнительные задачи должны решаться схемой контроля драйвера. Рассмотрим схему работы диммера, приведенную на рисунке 4.

Типичный TRIAC осуществляет отсечку фронтов входного напряжения за счет временной задержки, определяемой номиналами резистора R1 и конденсатора C1. Драйвер должен уметь детектировать эту задержку и пропорционально уменьшать скважность выходного тока драйвера.

Основной элемент драйвера — микросхема контроллера **TPS92010**. Следует обратить внимание на следующие характеристики:

- Высокоэффективный квазирезонансный режим работы (до 87%),
- Программируемая защита от перенапряжения,
- Внутренняя защита от перегрева и обрыва (безопасное отключение),
- Защита от превышения тока при переходных процессах (ограничение),
- Встроенный драйвер мощного транзистора током до 1 А,
- Низкое потребление в неактивном режиме — менее 400 мВт.

Низкие потери при работе микросхемы, а также встроенная защита, невысокая стоимость и потенциальная совместимость со стандартными диммерами делают ее привлекательной для применения в драйверах простых светильников для частного использования, в том числе и для светодиодных ламп со стандартным цоколем. Рассмотрим драйвер для последних на примере демонстрационной платы TPS92010EVM.

На рисунке 5 приведена упрощенная принципиальная схема рассматриваемой платы.

Рассмотрим ключевые моменты схемотехники данного решения. Этот драйвер построен по стандартной обратноходовой (*flyback*) топологии, наиболее эффективной в низком диапазоне мощностей. Использование одного трансформатора, высоковольтного (500...600 В) MOSFET-транзистора и одного диода на выходе является в дан-

Таблица 1. Спецификация модуля TPS92010 EVM

Параметр	Значение
Конфигурация светодиодов	Пять последовательно включенных
Входное напряжение, ~В	185...265
КПД, %	85
Мощность, Вт	6
cosφ	0,55
Выходное напряжение, В	14...17
Выходной ток, мА	325
Пулсации выходного напряжения, мВ	0
Изоляция вход/выход	Есть
Димминг по выходу	Triac
Глубина димминга, %	0...100
Токочувствительный элемент	Резистор
Точность установки тока, %	3
Диапазон рабочих температур, °С	-20...50
Время работы*, часов	35000
Время включения, мс	150
Класс соответствия по ЭМС	FCCB
Безопасная регулировка	Нет
Габаритные размеры, мм	60x20

* Расчетное время безотказной работы предполагает превышение внутренней температуры устройства над окружающей средой не более чем на 35°С

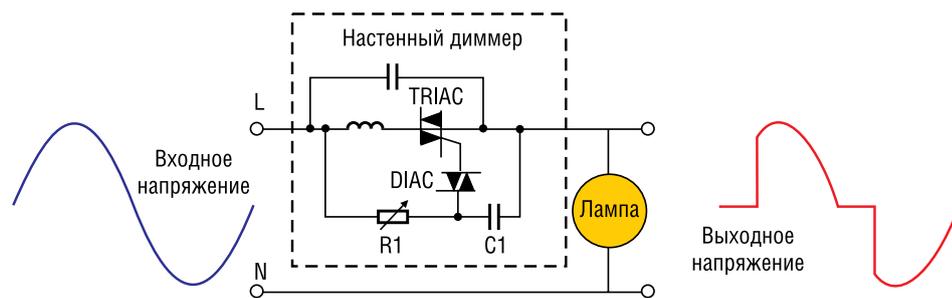


Рис. 4. Работа TRIAC-диммера

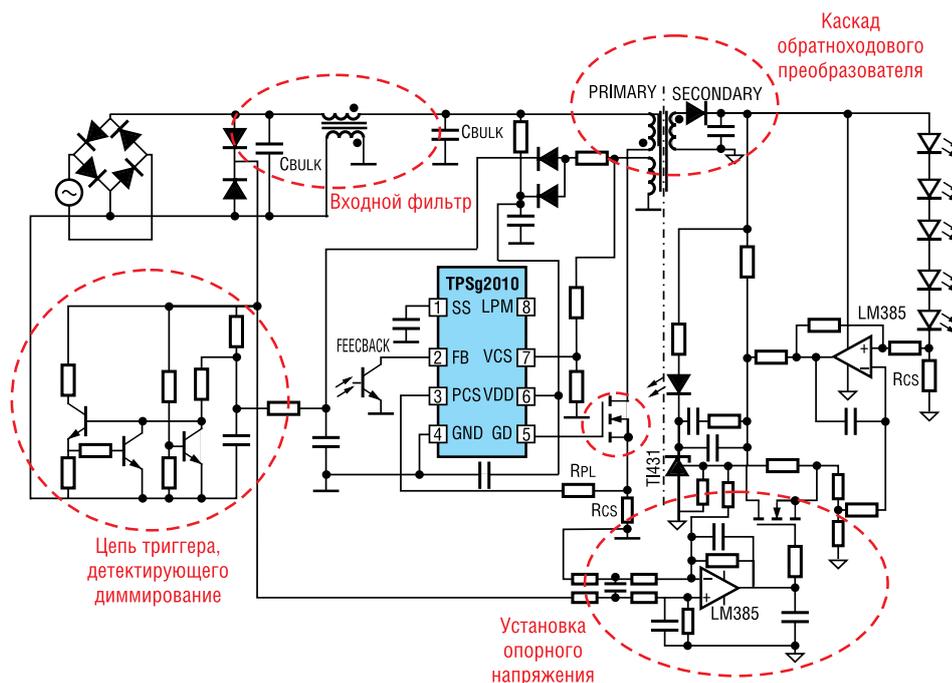


Рис. 5. Принципиальная схема TPS92010 EVM

Таблица 2. Список доступных решений для драйверов светильников на микросхеме TPS92010

Микросхема	Номер дизайна РМР#	Количество СИД	U _{вх} , В	U _{вых} , В	I _{вых} , мА	TRAIC-диммирование	Изоляция	Топология
TPS92010	3522	6	90...300	21	350	Нет	Нет	SEPIC
TPS92010	3526	5	120...300	20	350	Нет	Нет	SEPIC
TPS92010	3527	5	120...288	18	350	Нет	Нет	SEPIC
TPS92010	3529	6	120...275	21	350	Нет	Нет	SEPIC
TPS92010	3530	4	120...275	16	700	Нет	Есть	Isolated SEPIC
TPS92010	3539	3	120...275	12	700	Нет	Есть	Isolated SEPIC
TPS92010	3542	4	120...275	14	700	Нет	Есть	Isolated SEPIC
TPS92010	3547	6	120...275	24	700	Нет	Есть	Isolated SEPIC
TPS92010	3560	15	120...288	60	700	Нет	Есть	Isolated SEPIC

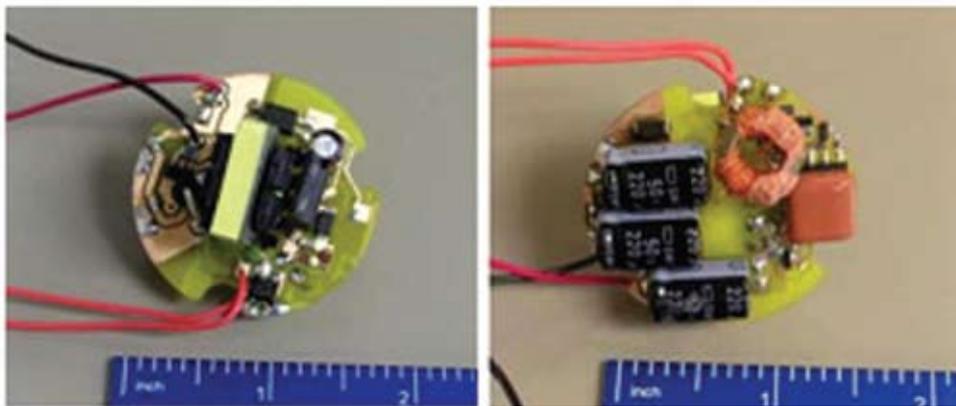


Рис. 6. Внешний вид TPS92210EVM

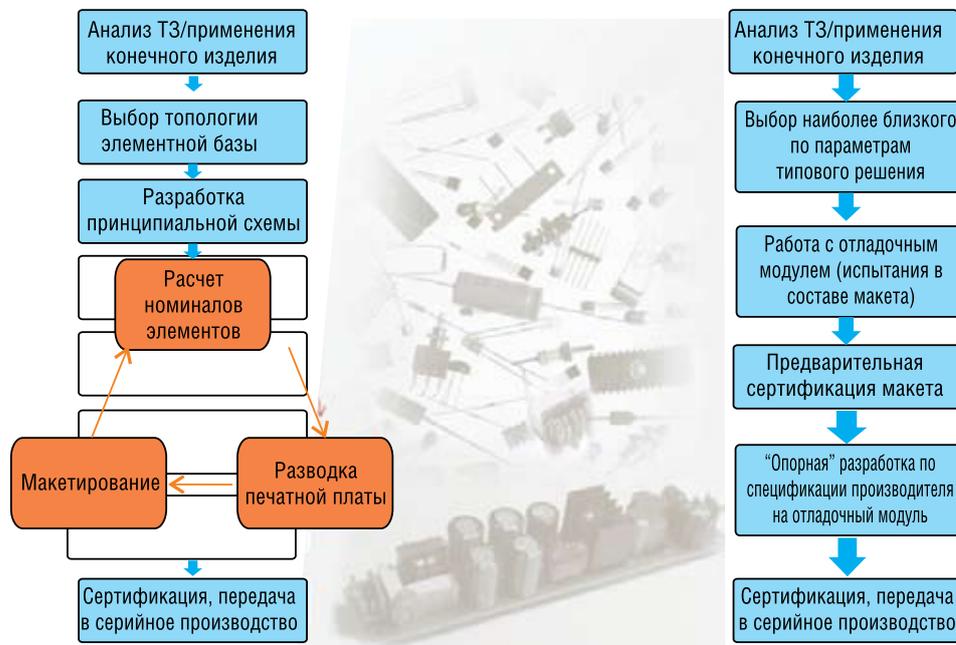


Рис. 7. Сравнение различных подходов к разработке драйвера

ном применении относительно недорогой конфигурацией. Входной фильтр базируется на стандартном дросселе и двух конденсаторах, обеспечивая разработке соответствие классу «В» по электромагнитной совместимости в соответ-

ствии с стандартом FCC. Ток нагрузки измеряется на резисторе R_{cs}, уровень усиливается и подается на соответствующий вывод микросхемы TPS92010 через оптопару. В соответствии с этим сигналом контроллер осуществляет

управление работой транзистора. Цепь контроля димминга состоит из двух частей: триггер, детектирующий диммирование во входной цепи, и усилитель, корректирующий отпороное напряжение для уменьшения тока через светодиоды при работе диммера.

Основные параметры рассматриваемого модуля приведены в таблице 1.

Список всех решений, доступных в виде задокументированных разработок драйверов для микросхемы TPS92010, приведен в таблице 2.

Рассмотрим представителя семейства – контроллер TPS92210 – ориентированный на построение однокаскадных драйверов с активным ККМ.

Одна из предлагаемых ПИ разработок **TPS92210EVM** демонстрирует построение драйвера для светодиодного светильника со стандартным цоколем PAR38. Внешний вид целевой отладочной платы приведен на рисунке 6.

Драйвер рассчитан на подключение 9...11 мощных светодиодов, работающих на токе 350 мА. Основными отличиями данного решения от рассмотренного выше являются однокаскадное преобразование с активным ККМ (cosφ 0,99), совместимость со стандартными диммерами, изоляция выходной цепи 2500 В.

Закключение

В рамках направления Texas Instruments следует своей традиционной политике всесторонней поддержки разработчиков.

Традиционно разработка светодиодного драйвера (см. рис. 7) – сложный многошаговый процесс, включающий в себя этапы подготовки и анализа ТЗ, выбора элементной базы, расчета и оптимизации элементов принципиальной схемы, макетирования, сертификации и т.д.

Максимально упростить этот процесс можно, используя традиционный подход Texas Instruments к поддержке разработчиков готовыми разработками

ми и отладочными платами для ключевых применений. Обзор всех актуальных опорных разработок сосредоточен в ежеквартально обновляемой брошюре «LED Reference Design Cookbook», доступной для свободного скачивания на официальном сайте компании. Полный каталог решений TI для питания светодиодов в различных применениях насчитывает более 600 опорных разработок, представленных в виде рабочей документации и/или отладочных плат.

В отличие от тех производителей микросхем светодиодных драйверов, которые предлагают разработчикам только типовые схемы включения, Texas Instruments в качестве опорных разработок предлагает как отладочные платы (Evolution Module, EVM), так и исходные файлы разработки (PMP). Последние отличаются высоким уровнем детализации и могут включать в себя, помимо принципиальной схемы и чертежа печатной платы (ПП), например, данные протоколов испытаний на ЭМС для конкретной схемы и список комплектующих.

В настоящей статье рассмотрены лишь некоторые решения из этого каталога, которые могли бы стать опорными для разработки драйверов светильников, наиболее востребованных на отечественном рынке освещения. Следует особо отметить, что каждая рассматри-

ваемая разработка позиционируется как часть конкретного светильника и имеет характеристики, соответствующие целевому применению. Использование отладочных плат и готовой документации может значительно облегчить и ускорить процесс разработки и вывода на рынок новых изделий.

Номенклатура микросхем для драйверов TI охватывает практически весь спектр светодиодных применений. Помимо рассмотренных выше решений, чрезвычайно интересными являются, например, сферы уличного освещения, архитектурной подсветки и наружной рекламы. Этой тематике будет посвящена отдельная статья.

Ссылки

1. www.abercade.ru
2. ANSI/IESNA RP-16-05, Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering, Illuminating Engineering Society of North America
3. LED Reference Design Cookbook (<http://focus.ti.com/lit/sg/slyt349/slyt349a.pdf>)
4. www.ti.com

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Компания Texas Instruments выпустила комплект разработчика светодиодов DC/DC MCU Piccolo

Компания **Texas Instruments** выпустила комплект разработчика светодиодов DC/DC с микроконтроллером (MCU) Piccolo TMS320C2000.

TMDSDCDCLEDKIT – отладочный набор DC/DC-преобразователя для интеллектуального управления светодиодным освещением.

Комплект можно легко адаптировать под различные потребности конструкции, так как он поддерживает разные варианты конфигурации электропитания, модули controlCARD Piccolo и съемную панель светодиодов. Комплект разработчика светодиодов DC/DC включает все аппаратное и программное обеспечение с открытым кодом, необходимое для начала разработки энергоэффективных электронных систем светодиодов, включая подсветку, уличные фонари и автоматизированные системы освещения зданий.

Ключевые функции и преимущества комплекта разработчика светодиодов DC/DC MCU Piccolo:

- Рабочие характеристики ControlCARD Piccolo F28035: 60 МГц при производительности 32 бит; 14 выходов PWM; 12-разрядный АЦП со скоростью 4,6 миллионов отсчетов в секунду; до 128 Кбайт флэш-памяти для поддержки расширенных функций системы освещения.
- Каскад повышающего/понижающего DC/DC-преобразователя 12...24 В с цифровым управлением позволяет разработчикам регулировать напряжение в соответствии с различными конфигурациями светодиодов.
- Восемь независимых секций светодиодов по 5 Вт позволяют использовать один датчик тока для таких функций, как независимая регулировка яркости и обнаружение перегоревшей секции.
- Встроенная изолированная эмуляция XDS100-USB-JTAG упрощает отладку и программирование, снижая при этом стоимость системы.
- Простое в использовании программное обеспечение (ПО) с открытым кодом controlSUITE включает примеры управления с обратной связью блока питания DC/DC с каскадами драйвера светодиодов, а также подробную лабораторную документацию о структуре и функциях ПО.
- Модульный принцип конструирования controlCARD позволяет разработчикам выбрать соответствующий микроконтроллер C2000 в зависимости от требований к цене, производительности и периферийному оборудованию.

ti **TEXAS INSTRUMENTS**
Контроллеры для светодиодных осветительных систем

TPS92010

Идеально для решений с диммированием

КПД до 83%

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403

Компэл
www.compel.ru

Константин Староверов (г. Донецк)

ДО ДВУХ АМПЕР: ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ ТОКА ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



В статье рассматриваются два семейства микросхем **STCSx** и **L597x** компании **STMicroelectronics**, предназначенные для построения стабилизаторов тока до 2 А с низковольтным входом (до 40 В) по линейной и импульсной архитектурам.



Одним из главных преимуществ осветительных светодиодов — высокой надежностью — можно так и не воспользоваться, если не уделить должного внимания разработке схемы их электропитания. В линейку продукции компании **STMicroelectronics** (далее **ST**) входят интегральные схемы для построения высококачественных источников питания/драйверов осветительных светодиодов. Помимо компонентов для построения сетевых источников питания светодиодов (в т.ч. семейство **Viper** [1]) компания **ST** предлагает широкий ассортимент преобразователей и драйверов с низковольтным (до 55 В) входом (рис. 1). Данные микросхемы находят применение в информационных

дисплеях, электронных табло, знаках и указателях (**STP**, **STPIC**), в портативной электронике для управления светодиодными лампами-вспышками (**STCF**, **L6920D**) и подсветкой TFT-дисплеев диагональю до 17 дюймов (**ST8R00**, **L692x**, **LED770x**, **PM6600**), осветительной технике (**ST1S10**, **STCSxx/A**, **L597xA/AD**, **L598x/A**, **L497x**, **L6902D**) и др. Некоторые из этих микросхем уже были описаны в НЭ [2], поэтому в данной статье ограничимся обсуждением семейств **STCSx** и **L597x**.

Микросхемы STCSx

STCSx — семейство интегральных схем линейных стабилизаторов тока, которые выполнены по технологии **BiCMOS** и идеальны для применений,

где светодиодную нагрузку необходимо питать током до 2 А от источника постоянного напряжения 5, 12 или 24 В. К числу таких применений относятся световые знаки и указатели, подсветка дисплеев портативной электроники, автомобильное освещение, световая сигнализация и др. К преимуществам **STCSx** можно отнести: высокую точность стабилизации тока ($\pm 1\%$) и степень интеграции, гибкость применения и надежность. Возможности микросхем реализует структура, представленная на рис. 2а. Помимо питания светодиодной нагрузки стабилизированным током, величина которого задается внешним токоизмерительным резистором, **STCSx** поддерживают функции управления включением/отключением через вход **EN**, ШИМ-управления яркостью свечения через вывод **PWM**, а также обнаружения отсоединения светодиодной нагрузки и сигнализации об этом на выводе **DISC**. С ассортиментом и основными рабочими характеристиками микросхем **STCSx** можно ознакомиться в таблице 1. Драйверы с литерой «А» в конце наименования отличаются поддержкой дополнительной функции управления длительностью фронтов импульсов выходного тока от десятков микросекунд до десятков миллисекунд. Установка длительности выполняется внешним конденсатором через специальный вывод **SLOPE**. Данная функция необходима в тех случаях, когда предъявляются особые требования к уровню электромагнитных излучений.

Рассмотренные особенности и преимущества приобретают особую значимость при сравнении с аналогичной конкурирующей продукцией. В частности, компания **Maxim** в своем ассортименте имеет линейный стабилизатор тока **MAX16800** аналогичного назначения на входное напряжение до 40 В, однако его возможности ограничены величиной вы-

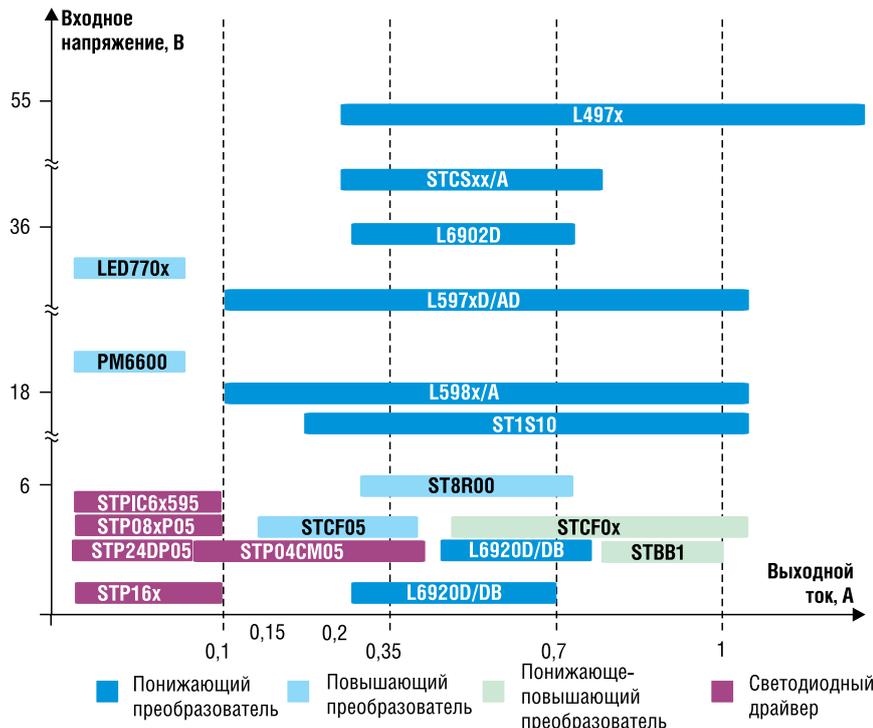


Рис. 1. Компоненты **STMicroelectronics** для построения источников питания светодиодов с низковольтным входом

Таблица 1. Основные характеристики драйверов STCSx

Наименование	I_{OUT}, A	V_{IN}, B	Кол. СД	Корпус	Дополнительные функции
STCS05	0,5	4,5...40	≤9	SO8	1) Вход ШИМ-управления яркостью
STCS05A	0,5	4,5...40	≤9	SO8	2) Диагностика
STCS1	1,50	4,5...40	≤9	DFN3x3-8L/HSOP8	3) Вход включения/отключения EN
STCS1A	1,50	4,5...40	≤9	DFN3x3-8L/HSOP8	
STCS2	2	4,5...40	≤9	PowerSO-10	
STCS2A	2	4,5...40	≤9	PowerSO-10	

Таблица 2. Основные характеристики драйверов L597x

Наименование	Корпус	V_{IN}, B	V_{OUT}, B	I_{OUT}, A	Частота коммутации, кГц	Вывод отключения
L5970AD	SO-8	4,4...36	0,5...35	1	500	Есть
L5970D	SO-8	4,4...36	0,5...35	1	250	Есть
L5972D	SO-8	4,4...36	1,23...35	1,50	250	Нет
L5973AD	HSOP8	4,4...36	0,5...35	1,50	500	Есть
L5973D	HSOP8	4,4...36	0,5...35	2	250	Есть

ходного тока 0,35 А, входного напряжения не ниже 6,5 В, меньшей точностью стабилизации ($\pm 3,5\%$) и более высоким пороговым напряжением на входе FB (204 мВ). Функции обнаружения отсоединения нагрузки и ограничения длительности фронтов не предусмотрены. Еще одно решение предлагает Texas Instruments. Ее микросхема **TL4242** рассчитана на работу с входным напряжением 4,5...42 В, поддерживает функцию обнаружения отсоединения нагрузки, но она также уступает по точности стабилизации ($\pm 5\%$), величине выходного тока (до 0,5 А) и пороговому напряжению на входе FB (177 мВ против 100 мВ).

Преимущества высокой степени интеграции ИС наглядно иллюстрирует схема включения, представленная на рис. 26. Здесь микросхема драйвера дополнена несколькими пассивными компонентами. Порог стабилизации тока 0,5 А задан внешним резистором RFB номиналом 0,2 Ом. Диод, установленный в цепи питания драйвера, предназначен для его защиты от подачи напряжения питания неверной полярности. Поскольку драйвер выполнен по линейной аналоговой схемотехнике, нужно уделять особое внимание выбору напряжения питания драйвера, т.к. от него напрямую зависит мощность, рассеиваемая драйвером: $P_D = (V_{DRAIN} - V_{FB}) \cdot I_{LED} + (V_{CC} \cdot I_{CC})$, а следовательно и температура перехода: $T_J = R_{thJA} \cdot P_D + T_A$, где R_{thJA} – тепловое сопротивление «переход – окружающая среда» корпуса микросхемы; T_A – температура окружающей среды.

Условием правильности выбора параметров схемы является подбор величины T_J не выше рекомендованного в документации значения (например, 110°C для **STCS05A**).

Для облегчения проектирования компания ST предлагает оценочные платы **STEVAL-ILL014V1** на основе **STCS1** и **STCS1ADEMO1** на основе **STCS1A** (рис. 3).

Микросхемы L597x

Микросхемы L597x имеют аналогичное драйверам STCSx функциональное назначение – на их основе возможна реализация стабилизатора тока до 2 А, питаемого напряжением 4,4...36 В. Важное отличие – L597x выполнены по импульсной архитекту-

ре и могут работать при больших перепадах напряжения на драйвере без риска перегрева и с более высоким КПД. Благодаря идентичности функционального назначения и схожести входных/выходных диапазонов микросхемы могут использоваться в тех же применениях, что и STCSx. Однако следует

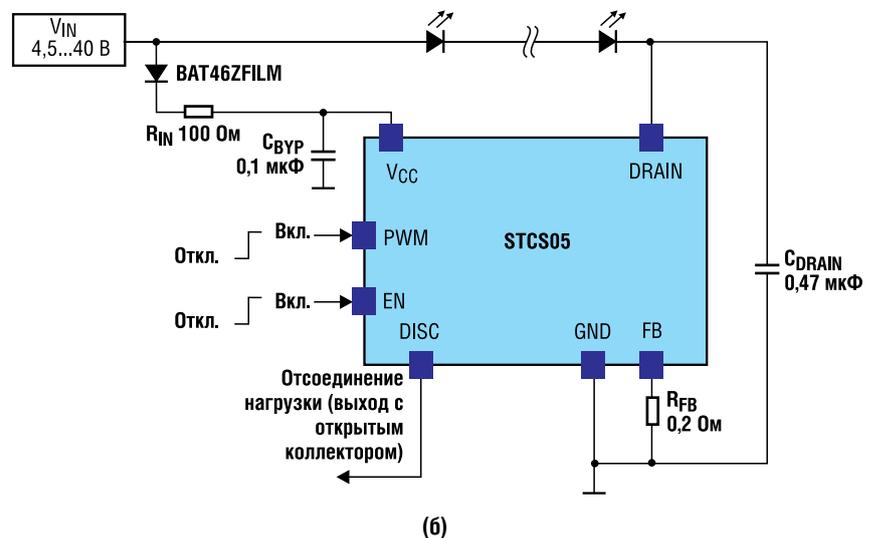
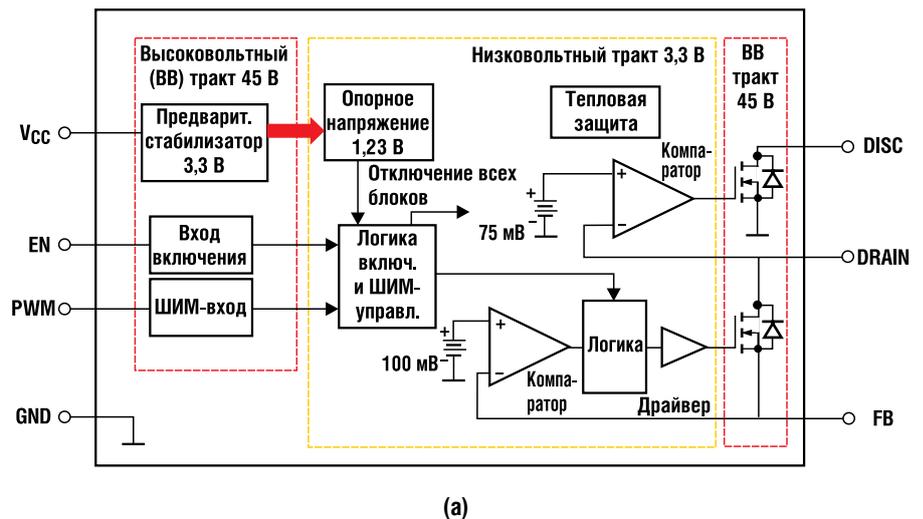


Рис. 2. Структурная схема (а) и схема включения (б) микросхемы STCS05



Рис. 3. Внешний вид оценочной платы источника тока на основе STCS1A

учитывать, что разменной монетой за преимущества импульсной архитектуры выступают точность стабилизации ($\pm 2\%$), несколько увеличенная сложность решения, необходимость применения индуктивного элемента и более высокий уровень электромагнитных излучений. Строго говоря, L597x — это не драйверы светодиодов, а импульсные понижающие стабилизаторы на ток нагрузки до 2 А и с возможностью регулировки выходного напряжения в диапазоне от 1,235 до 35 В, на основе которых возможна реализация простой схемы импульсной стабилизации тока. Стабилизаторы L597x выпускаются в миниатюрном 8-выводном корпусе SO. В этот же корпус интегрирован силовой коммутатор (р-канальный DMOS-транзистор с малым сопротивлением открытого канала), что способствует снижению занимаемой площади решения. В целях миниатюризации выходного LC-фильтра предусмотрена работа на достаточно высокой частоте: 250 или 500 кГц. Для полноты учета требований применений с батарейным питанием у L597x предусмотрен вход управления отключением/включением INH. Набор особенностей L597x завершают: возможность взаимной синхронизации микросхем (снижает пульсации входного тока); защита от перегрева и обрыва входа обратной связи; а также доступность внутреннего опорного напряжения ($3,3 \text{ В} \pm 2\%$) на отдельном выводе VREF.

Ознакомиться с ассортиментом стабилизаторов L597x поможет таблица 2, из которой следует, что они главным образом различаются нагрузочной способностью (1; 1,5 или 2 А), частотой коммутации (250 или 500 кГц), наличием или отсутствием вывода INH и типом корпуса (SO-8 или HSOP-8). Посадочное место корпусов SO-8 и HSOP-8 полностью идентично, а отличие между ними состоит в наличии встроенной в основание корпуса HSOP-8 металлической площадки. Данная площадка предназначена для улучшения тепло-

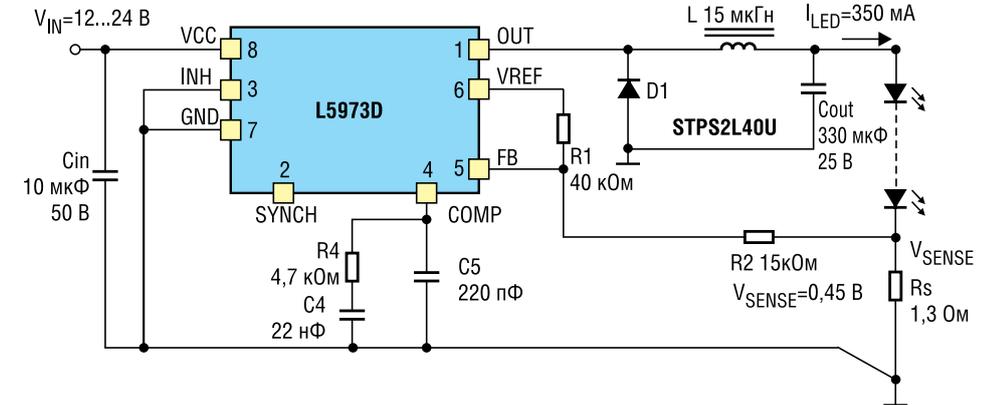


Рис. 4. Понижающий импульсный стабилизатор тока на основе L5973D

рассеивающих свойств корпуса. В этом можно убедиться, оценив параметр теплового сопротивления «переход — окружающая среда»: у SO-8 он равен $120^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а у HSOP-8 — $40^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (оба значения с учетом монтажа на печатную плату).

На рисунке 4 представлен один из возможных вариантов построения стабилизатора тока. В схеме использован двухамперный стабилизатор L5973D (250 кГц) и обычная понижающая топология. Здесь также демонстрируется, как преодолеть недостаток микросхем L597x — достаточно большое пороговое напряжение на входе FB (1,235 В), что в случае построения стабилизатора тока приводит к неоправданным потерям мощности на токоизмерительном резисторе, а также к увеличению его габаритов. Для уменьшения порогового напряжения здесь используется одна из упомянутых выше особенностей микросхем — все они оснащены выводом опорного напряжения 3,3 В. Идея заключается в смещении входа FB до некоторого предпорогового уровня по отношению к потенциалу токоизмерительного резистора. На рис. 4 данное смещение реализовано делителем напряжения на резисторах R1 и R2. В результате порог стабилизации тока (I_{LED}) для такой схемы будет равен V_{SENSE}/R_S , где $V_{SENSE} = [V_{FB} - V_{REF} \cdot R_2 / (R_1 + R_2) - I_{FB_BIAS} \cdot R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)] \cdot (R_1 + R_2) / R_1$. Здесь I_{FB_BIAS} — входной ток смещения по входу FB (номинальное значение 2,5 мкА, максимальное — 4 мкА).

Для приведенных на рисунке номиналов R1, R2 и RS величина V_{SENSE} равна 0,45 В; ток стабилизируется на уровне порядка 350 мА.

Рассмотренная схема позволяет стабилизировать ток через цепочку последовательно включенных светодиодов. Количество светодиодов в такой цепочке — не более девяти (при входном напряжении близком к максимальному). Данное ограничение является следствием использования понижающей топологии. STMicroelectronics также предлага-

ет альтернативные схемы включения по понижающе-повышающей и инвертирующей топологиям [3], которые позволяют преодолеть данное ограничение. В частности, при использовании рекомендуемой понижающе-повышающей схемы количество светодиодов в цепочке может достигать 17 штук при входном напряжении 24 В и выходном токе 350 мА.

Заключение

В статье были рассмотрены два семейства продукции ST, позволяющие реализовать функционально подобные каскады стабилизации тока с близкими электрическими характеристиками по линейной (STCSx) и импульсной (L597x) архитектурам. Оба семейства продукции отвечают условиям применения в портативной электронике и в целом соответствуют всем современным тенденциям совершенствования электронной техники: размещены в миниатюрном корпусе, отличаются простотой и миниатюрностью схемы включения, гибкие в применении, допускают возможность перевода в отключенное состояние и оснащены всеми необходимыми для обеспечения высоконадежной работы защитами. Более детально ознакомиться с ними, а также с другими микросхемами для светотехнических применений можно на сайте компании ST www.st.com/lighting.

Литература

1. Староверов К. Новинки линейки Viper // Новости электроники, №2, 2009 — С. 15-18.
2. Староверов К. Драйверы светодиодов STMicroelectronics // Новости электроники, №2, 2009 — С. 23-27.
3. Брошюра «Energy-efficient solutions for LED lighting», STMicroelectronics, October 2009 — 52 стр.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

ЛИНЕЙНЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ: ДРАЙВЕРЫ МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ ОТ MAXIM



В статье приводится обзор линейных и импульсных драйверов светодиодов компании **Maxim Innovation Delivered** (Maxim Integrated Products), которые применяются для подсветки дисплеев, а также, в автомобильных и общих приложениях.



Светодиоды — это низковольтные полупроводниковые приборы. Для того чтобы обеспечить длительный срок службы светодиода, необходимо стабилизировать протекающий через него ток, а не напряжение. Дело в том, что даже незначительное изменение прямого напряжения на светодиоде приведет к резкому скачку тока, протекающего через него (рис. 1). В качестве примера взят полноцветный RGBW-светодиод из серии **MC-E** компании **Cree** (буква «W» подчеркивает, что светодиоды этой серии обеспечивают еще и белое свечение). Кроме того, падения напряжений на светодиодах разных цветов довольно сильно отличаются. Например, на светодиоде красного цвета оно примерно в 1,5 раза меньше чем на синем, белом или зеленом. Этот фактор необходимо учитывать при последовательном включении, так как при одинаковом количестве последовательно включенных светодиодов разных цветов суммарное падение напряжения может отличаться на 50%.

Еще одна причина, заставляющая питать светодиоды именно стабилизированным током — это зависимость светового потока от протекающего через них тока. Эту зависимость используют при необходимости регулировки яркости светодиодного светильника или для получения различных цветовых оттенков свечения в полноцветных RGBW. Однако в большинстве случаев требуется именно стабильное равномерное свечение. На рисунке 2 приведены зависимости светового потока для светодиодов разных цветов на примере серии **MC-E** компании **Cree**. Из рисунка 2 видно, что для изменения светового потока светодиодов серии **MC-E** от 20 до 100 процентов ток светодиода должен изменяться от 100 до 350 мА. Диапазон изменения тока обычно регулируется с помощью светодиодных драйверов.

Линейные драйверы светодиодов

Компания **Maxim** выпускает линейные и импульсные драйверы светодиодов. Выходной каскад линейных драй-

веров представляет собой генератор тока на полевом транзисторе с р-каналом. Структура и типовая схема включения линейного драйвера показана на рис. 3.

Ток через последовательно включенные светодиоды задается резистором **RSENSE** (датчиком тока). Падение напряжения на этом резисторе определяет выходное напряжение дифференциального усилителя **DIFF AMP**, поступающее на неинвертирующий вход регулирующего усилителя **IREG**. Регулирующий **ОУ** сравнивает напряжение ошибки с опорным, формируя на своем выходе потенциал для управления полевым транзистором с р-каналом, работающим в линейном режиме, поэтому рассматриваемые драйверы проигрывают в эффективности импульсным. Однако линейные драйверы обладают простотой применения, низкой ценой и минимальными электромагнитными излучениями (ЭМИ).

В некоторых приложениях (например, в автомобильных) цена и простота применения имеют определяющее значение при выборе светодиодного драйвера. Основные параметры линейных драйве-

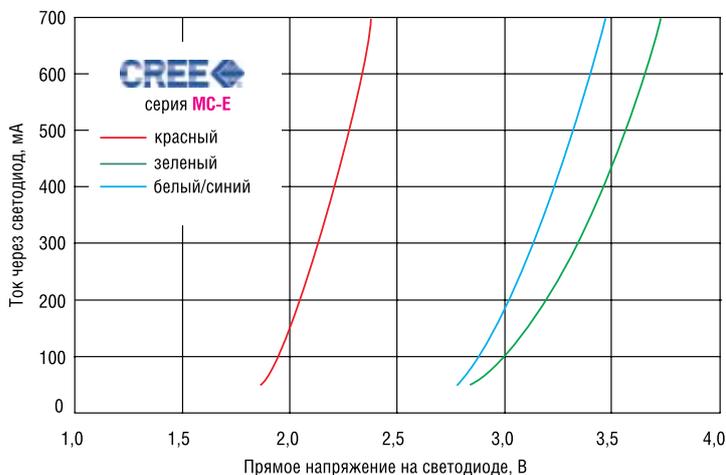


Рис. 1. Зависимости прямых падений напряжения от тока для светодиодов разных цветов

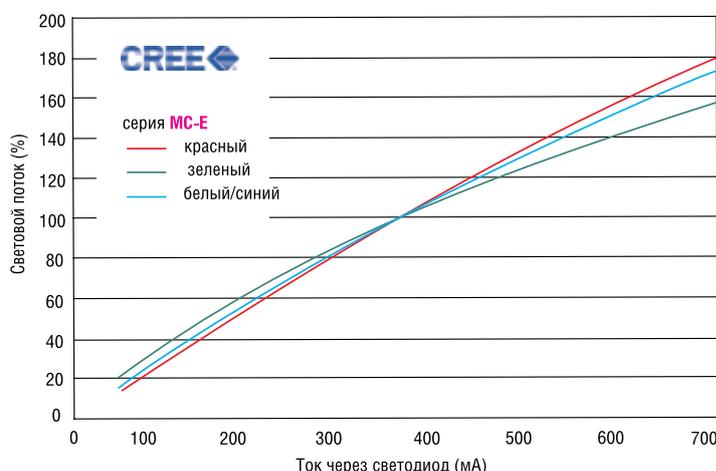


Рис. 2. Зависимости светового потока от прямого тока через светодиоды разных цветов

Таблица 1. Линейные драйверы мощных светодиодов (Linear HB LED drivers)

Наименование	Области применения			Uвх, В	Iвых.макс., А	ШИМ-димминг (PWM-Dimming)	Корпус
	Автомобильные приложения	Общее применение	Подсветка дисплея				
MAX16800	Да	Да		6,5...40	0,35	1:30	16-TQFN
MAX16803	Да	Да		6,5...40	0,35	1:200	16-TQFN
MAX16804/05/06	Да	Да		5,5...40	0,35	1:200	20-TQFN
MAX16815	Да	Да		6,5...40	0,1	1:100	6-TDFN
MAX16823	Да	Да		5,5...40	0,1/канал	1:200	16-TQFN; 16-TSSOP
MAX16824	Да	Да	Да	6,5...28	0,15/канал	1:5000	16-TSSOP
MAX16825	Да	Да	Да	6,5...28	0,15/канал	1:5000	16-TSSOP
MAX16828	Да	Да		6,5...40	0,2	1:100	6-TDFN
MAX16835	Да	Да		6,5...40	0,35	1:80	16-TQFN
MAX16836	Да	Да		6,5...40	0,35	1:80	16-TQFN
MAX16839	Да	Да		5...40	0,1	1:200	6-TDFN; 8-SO

Таблица 2. Импульсные драйверы мощных светодиодов (Switch-mode HB LED drivers)

Наименование	Области применения			Топология	Uвх, В	Iвых.макс, А	Частота	ШИМ-димминг (PWM-Dimming)	Корпус
	Автомобильные приложения	Общее применение	Подсветка дисплея						
MAX16801		Да		Boost, flyback, SEPIC	10,8...24	10,0	262 кГц	1:3000	8-μMAX
MAX16802		Да		Boost, buck, flyback, SEPIC	10,8...24	10,0	262 кГц	1:3000	8-μMAX
MAX16807			Да	Boost, SEPIC + 8 linear*	8...26,5	0,05/канал	от 20 кГц до 10 МГц	1:5000	28-TSSOP-EP
MAX16809			Да	Boost, SEPIC + 16 linear	8...26,5	0,05/канал	от 20 кГц до 10 МГц	1:5000	38-TQFN
MAX16814	Да	Да	Да	Boost, SEPIC + 4 linear	4,75...40	0,15/канал	от 200 Гц до 2 МГц	1:5000	20-TQFN; 20-TSSOP
MAX16819	Да	Да		Buck	4,5...28	3,0	от 20 кГц до 2 МГц	1:5000	6-TDFN
MAX16820	Да	Да		Buck	4,5...28	3,0	от 20 кГц до 2 МГц	1:5000	6-TDFN
MAX16821	Да	Да		Boost, buck, buck-boost, SEPIC	4,75...5,5; 7...28	30,0	от 125 кГц до 1,5 МГц	1:5000	28-TQFN
MAX16822	Да	Да		Buck	6,5...65	0,35	от 20 кГц до 2 МГц	1:1000	8-SO
MAX16826	Да	Да	Да	Boost, SEPIC + 4 linear	4,75...24	3,0	от 100 кГц до 1 МГц	1:2000	32-TQFN-EP
MAX16832	Да	Да		Buck	6,5...65	0,7	от 20 кГц до 2 МГц	1:1000	8-SO-EP
MAX16833	Да	Да		Boost, buck, buck-boost, SEPIC	5...65	2,0	от 100 кГц до 1 МГц	1:3000	16-TSSOP
MAX16834	Да	Да	Да	Boost, buck, buck-boost, SEPIC	4,5...28	2,0	от 100 кГц до 1 МГц	1:3000	20-TQFN-EP
MAX16838	Да	Да	Да	Boost, SEPIC + 2 linear	4,75...40	0,15/канал	от 200 Гц до 2 МГц	1:5000	20-TQFN; 20-TSSOP

*linear – линейный стабилизатор

ров светодиодов приведены в таблице 1. Большинство из них имеют диапазон входных напряжений 6,5...40 В. Макси-

мальные значения выходных токов составляют 0,1...0,35 А. Каждая микросхема из таблицы 1 допускает импульсное

регулирование выходного тока (ШИМ-димминг). Управлять яркостью светодиодов можно с помощью регулировки

скважности импульсов, формируемых таймером ICM7555. Рекомендуемая для этого производителем схема приведена на рис. 4. Параметры внешних компонентов для ШИМ-последовательности импульсов, формируемой таймером, приведены в соответствующей документации для ICM7555.

На рис. 5 приведена рекомендуемая производителем схема для защиты мощных светодиодов от перегрева с помощью термистора NTC. Ток ограничения через светодиоды рассчитывается по формуле: $I_{LED} = [V_{SENSE} - [R2 / (R2 + R1)] \cdot V5] / R1$, где V5 – выходное напряжение 5 В от встроенного стабилизатора напряжения. Такая несложная доработка схемы позволит исключить возможность выхода из строя дорогих светодиодов из-за недопустимо высокой температуры корпуса, ведь даже небольшое превышение максимально допустимой температуры резко сокращает их срок службы.

На рис. 6 показан способ увеличения выходного тока драйвера с помощью внешнего биполярного транзистора. Следует отметить, что в этом случае светодиоды подключаются между входом источника питания и коллектором биполярного транзистора, а это не всегда удобно. Схема для увеличения выходного тока, показанная на рис. 7, свободна от этого недостатка. Катод нижнего по схеме светодиода подключается непосредственно к общему проводу, что в большинстве случаев гораздо предпочтительнее предыдущего варианта, показанного на рис. 6, когда на катоде нижнего светодиода всегда присутствует ненулевой потенциал. Большинство микросхем линейных драйверов из таблицы 1 допускают рассмотренные варианты увеличения выходного тока. В качестве примера на рисунках 6 и 7 приведена микросхема MAX16803.

Импульсные драйверы светодиодов

Для портативных осветительных приборов очень важен высокий КПД преобразования светодиодных драйверов, поэтому в их схемах используются импульсные DC/DC-преобразователи с разными топологиями и схемными решениями, обеспечивающими стабилизацию выходного тока. Высокий КПД преобразования импульсных драйверов светодиодов позволяет увеличить время работы автономного источника питания.

Компания Maxim выпускает семейство импульсных драйверов для питания светодиодов постоянным током, имеющих возможность регулировки яркости при помощи аналогового или цифрового сигнала с ШИМ. Основные параметры и области применения этих драйверов приведены в таблице 2. Импульсные драйверы имеют широкие ди-

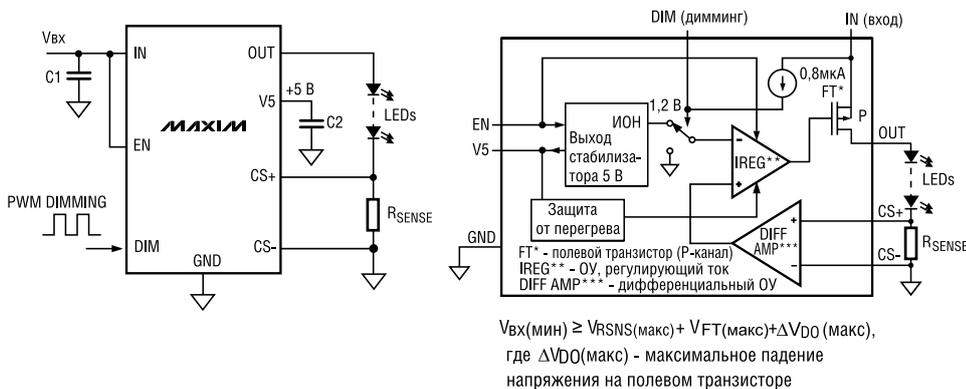


Рис. 3. Типовая схема включения и структура линейного драйвера

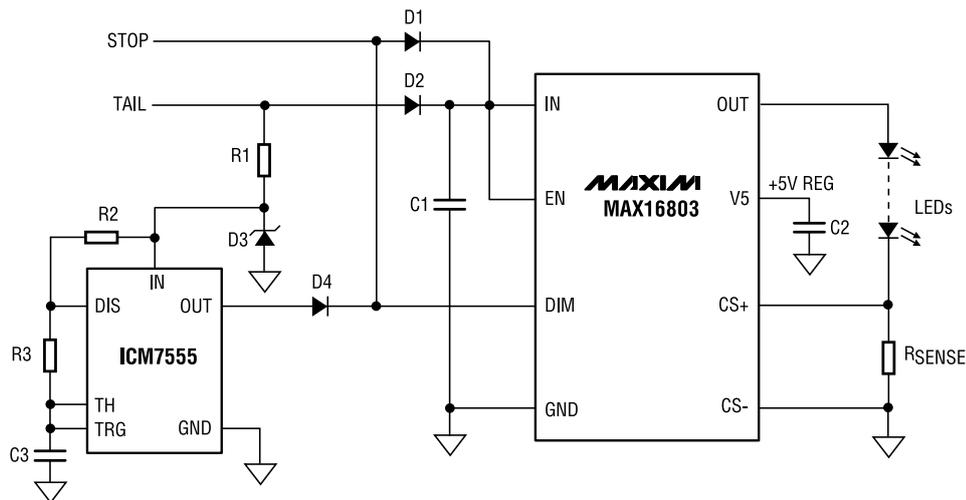


Рис. 4. Управление яркостью светодиодов с помощью таймера ICM7555

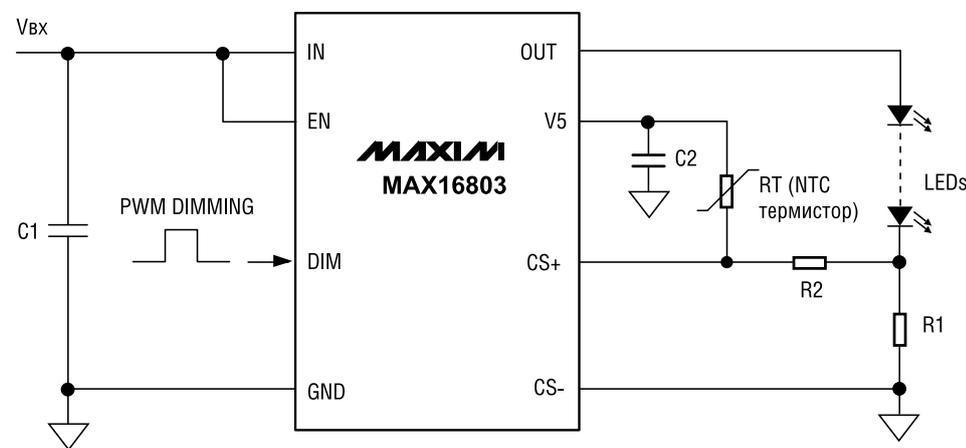


Рис. 5. Защита светодиодов от перегрева с помощью термистора

пазоны входных напряжений. Например, у микросхемы MAX16833 входной диапазон напряжений от 5 до 65 В, у MAX16822 – от 6,5 до 65 В. Разработчику предлагаются на выбор драйверы с очень широким диапазоном частоты преобразования. Некоторые микросхемы позволяют задавать частоту преобразования от 20 кГц до 2 МГц (эти параметры приведены в таблице 2). Контроллеры светодиодных драйверов MAX16801 и MAX16802 позволяют разработать DC/DC-преобразователь

с выходным стабилизированным током до 10 А. Драйверы MAX16807, MAX16809, MAX16838 и MAX16814 позволяют получить диапазон регулировки выходного тока с отношением 1:5000. Большинство импульсных светодиодных драйверов позволяют выбрать наиболее оптимальную топологию схемы для достижения максимальной эффективности работы схемы преобразования. Например, MAX16821, MAX16833 и MAX16834 дают возможности выбора топологии преобразовате-

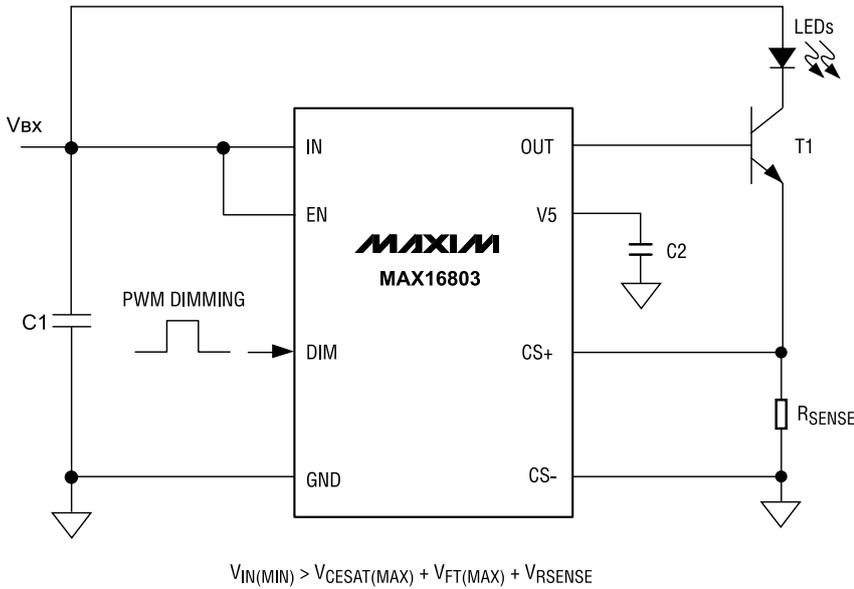


Рис. 6. Увеличение тока драйвера с помощью внешнего биполярного транзистора

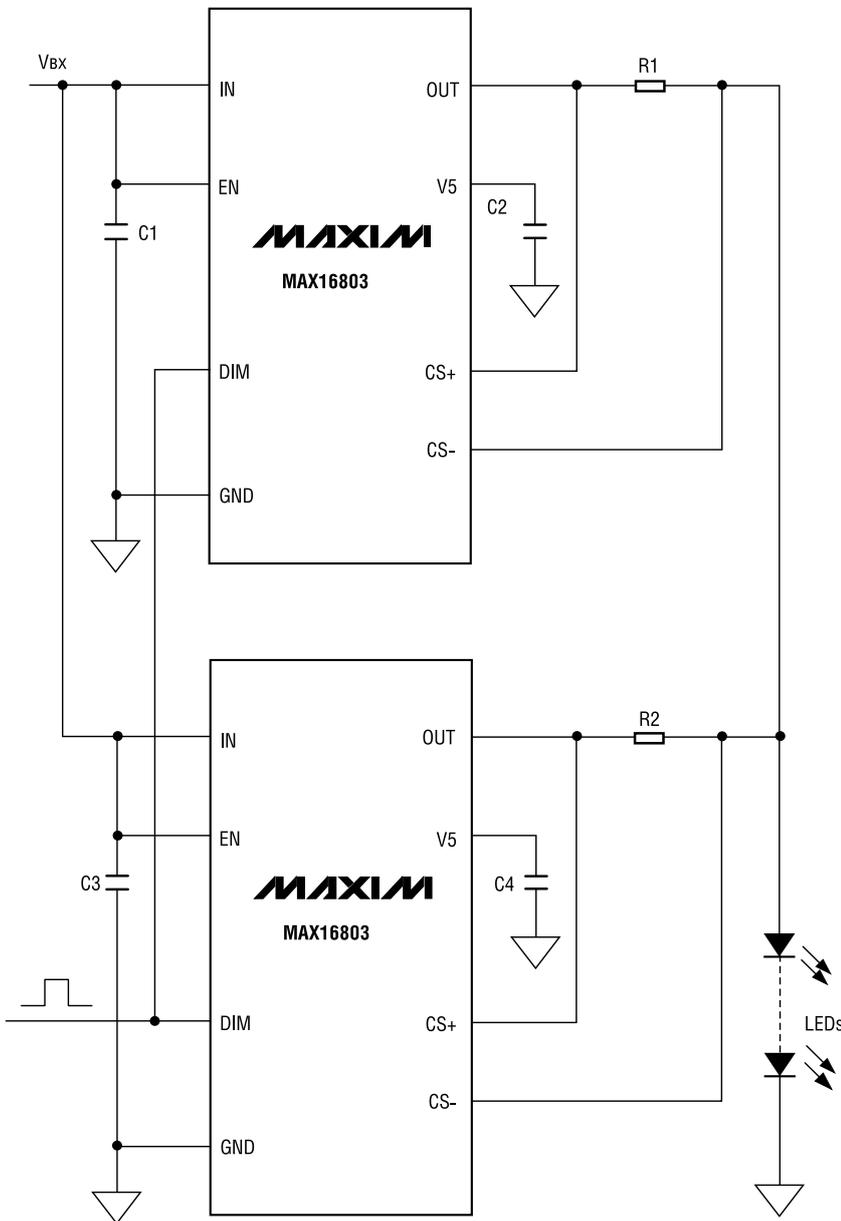


Рис. 7. Параллельное включение двух драйверов для увеличения выходного тока

для из четырех возможных вариантов: boost, buck, buck-boost или SEPIC. Для облегчения правильного выбора светодиодного драйвера производитель приводит рекомендуемые области применения для каждого наименования. Миниатюрные корпуса и требуемые компактные внешние компоненты позволяют создать схему с малыми габаритами и широкими функциональными возможностями. В документации каждого драйвера приводятся рекомендуемые схемы включения для конкретного приложения, что существенно облегчает проектирование.

Несколько слов о способах регулировки яркости светодиодов с помощью импульсных драйверов. Наиболее популярны аналоговая и ШИМ-регулировка. Оба метода имеют свои преимущества и недостатки. Управление интенсивностью свечения с помощью ШИМ-регулирования позволяет значительно ослабить отклонение цветового оттенка светодиода, но требует дополнительного формирователя последовательности импульсов ШИМ. Регулировка яркости аналоговым методом основана на более простой схеме, но он может оказаться недопустимым при необходимости поддержания постоянной цветовой температуры светодиодов.

Аналоговая регулировка изменяет величину постоянного тока светодиода. Управление силой света светодиода обычно производится регулировкой переменного резистора или переменным уровнем управляющего напряжения, подаваемым на специально предназначенный для этого вход. Метод регулировки светового потока светодиода с помощью ШИМ заключается в периодическом включении и выключении тока через светодиод на короткие промежутки времени. Частота ШИМ обычно выбирается не менее 200 Гц для полного исключения эффекта мерцания и создания комфортного восприятия светового потока человеком. Интенсивность свечения светодиода при управлении с помощью ШИМ пропорциональна рабочему циклу импульсной последовательности.

Многие современные микросхемы импульсных драйверов светодиодов имеют специальный вход PWM DIM, на который можно подавать сигналы ШИМ разных частот и амплитуд, что существенно упрощает сопряжение драйвера со схемами внешней логики. Дополнительно для управления светодиодным драйвером могут использоваться вход разрешения выхода и другие логические функции.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: analog.vesti@compel.ru

Питер Грин (International Rectifier)

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ДРАЙВЕРОВ СВЕРХЪЯРКИХ СВЕТОДИОДОВ



Сверхъяркие светодиоды (HBLED) начинают вытеснять лампы накаливания, галогенные, люминесцентные и даже газоразрядные лампы высокой интенсивности. В статье рассмотрен новый интегральный преобразователь для сверхъярких светодиодов IRS2540 компании International Rectifier. Эти микросхемы идеальны для неизолированных применений в закрытых корпусах (светофоры, светильники архитектурной подсветки).

В последние годы уровень развития сверхъярких светодиодов (HBLED) позволяет использовать их для архитектурного, уличного, комнатного и декоративного освещения, а также для световой рекламы. Также HBLED стали альтернативой CCFL — флуоресцентным лампам с холодным катодом — в качестве подсветки ЖК-телевизоров и мониторов. Технология HBLED продолжает развиваться, и светоотдача диодов ныне достигает 35...50 лм/Вт, что превосходит лампы накаливания и галогеновые лампы и соответствует флуоресцентным. В дальнейшем планируется создать устройства со светоотдачей >100 лм/Вт, превышающей светоотдачу флуоресцентных ламп и соответствующей характеристикам HID-ламп.

Необходимо отметить, что регулировка силы света (диммирование) для флуоресцентного освещения является сложной и дорогостоящей задачей, а при использовании HID-ламп со светоотдачей ниже 50% вообще невозможна, но достаточно легко осуществима во всей линейке HBLEDs.

Сверхъяркие светодиоды выпускаются различных цветов, размеров и номиналов мощности. Их электрические характеристики, особенно прямое падение напряжения, значительно варьируются в зависимости от типа. Кроме того, существует значительный разброс характеристик между разными партиями, что приводит к расширению допусков. Прямое падение напряжения также характеризуется отрицательным температурным коэффициентом, что осложняет выбор источника, подходящего для данного приложения. В настоящее время многие имеющиеся на рынке источники питания линеек сверхъярких светодиодов просто обеспечивают постоянное напряжение. Этот метод, хотя и понятен

неподготовленному пользователю, является алогичным и накладывает ограничения на систему, а также приводит к снижению ее эффективности.

Классификация сверхъярких светодиодов осуществляется по току, а не по напряжению. Различные светодиоды характеризуются разными цветами и значениями прямого падения напряжения, но одинаковыми номиналами тока, например, 350 или 700 мА.

HBLED продаются как по отдельности, так и в составе панелей, содержащих несколько светодиодов, соединенных последовательно, через которые протекает тот же ток, что и через каждый по отдельности. Однако поскольку прямое падение напряжения на каждом светодиоде составляет примерно 4 В, понятно, что суммарное напряжение последовательности HBLED значительно возрастает, и во избежание его увеличения выше требуемого значения, панели обычно состоят из последовательно и параллельно соединенных цепей светодиодов. Например, панель Lumileds Flood состоит из 12 светодиодов, которые соединены в шесть параллельно-последовательных пар светодиодов, как показано на рисунке 1.

В этом примере изготовитель соединил сверхъяркие светодиоды в параллельные пары. Поскольку они характеризуются отрицательным температурным коэффициентом прямого падения напряжения, чтобы предотвратить повышенное потребление тока одним светодиодом пары по сравнению с другим, их необходимо тщательно подбирать в процессе производства. К сожалению, даже небольшое несоответствие возрастет в процессе работы, потому что если один диод потребляет больший ток в силу меньшего падения напряжения на нем, он нагреется быстрее, и поэтому падение напряжения

International
IR Rectifier

на светодиоде еще больше снизится, усиливая дисбаланс. Предположим, что производитель успешно подобрал пары. В этом случае шесть пар соединены последовательно таким образом, что значения прямого падения напряжения для разных пар могут отличаться. Суммарное напряжение панели в целом равно шести прямым падениям напряжения одного HBLED. Эти панели доступны в шести различных вариантах цвета свечения, а прямое падение напряжения на них варьируется от 17 до 21 В. С учетом допуска, для панели белого цвета получаем от 16 до 24 В. Температурный коэффициент составляет -12 мВ/°С, то есть если напряжение панели при комнатной температуре 25°C составляет 17 В, то при 50°C оно составит 16,7 В. В данном случае важным моментом является то, что номинальный ток панели остается равным 700 мА.

Хотя источники питания для HBLED присутствуют на рынке, они не предназначены для питания матрицы светодиодов, описанной выше, без дополнительного использования последовательного токоограничивающего резистора, который позволяет организовать питание панели с номинальным напряжением 17 В от источника питания 24 В с током 700 мА. Однако это приведет к нежелательной потере мощности: $(24-17) \times 0,7 = 0,49$ Вт в виде рассеиваемого тепла, что противоречит цели энергосбережения в освещении. Номинал резистора для обеспечения тока 700 мА от источника 24 В на панели 17 В может быть рассчитан следующим образом: $(24-17)/0,7 = 10$ Ом. Однако если напряжение панели равно 16 В, потребляемый ток будет равен $(24-16)/10 = 800$ мА, что значительно выше номинального значения, и, следовательно, все светодиоды будут работать в режиме перегрузки, а это негативно повлияет на срок их службы. С другой стороны, если бы напряжение панели было равно 18 В, ток

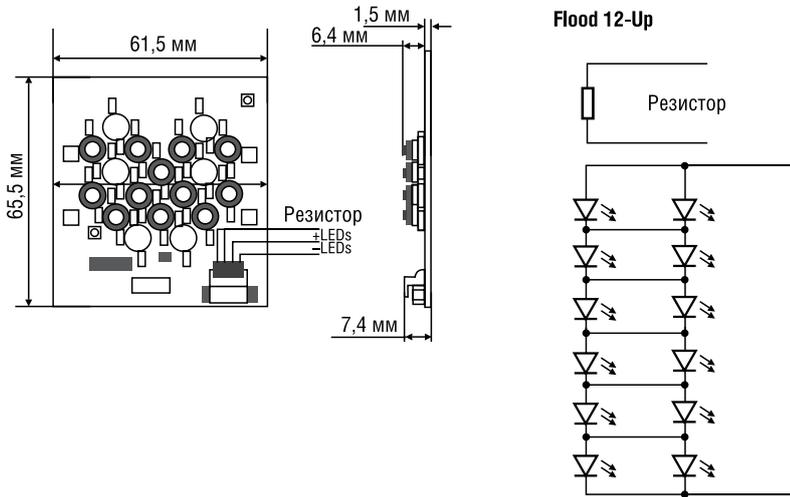


Рис. 1. Типовая панель из 12 сверхярких светодиодов

был бы равен $(24-18)/10 = 600$ мА, что привело бы к значительному снижению светоотдачи. Нет необходимости говорить об изменении прямого напряжения в зависимости от температуры, чтобы показать очевидные недостатки источника постоянного напряжения. Все более ясным становится, что для управления светодиодами высокой яркости необходим источник постоянного тока.

Недавно компанией International Rectifier была запущена в производство управляющая ИС **IRS25401** (рис. 2), реализованная в топологии с понижающим преобразователем для того, чтобы получить стабильный и регулируемый источник тока в широком диапазоне изменений входного напряжения и выходной нагрузки. Это делает ее идеальным решением для многих применений, где не требуется изоляция (например, там, где источник питания уже изолирован, или светотехническое устройство относится к классу 2 и размещено в закры-

том корпусе, как в уличном светофоре). Что касается сферы архитектурного освещения, следует отметить, что электронные балласты для флуоресцентных или HID-ламп, как правило, также гальванически не изолированы от сети переменного тока.

Топология с понижающим преобразователем пригодна только там, где входное напряжение выше выходного, что относится к большинству устройств световой рекламы, а также декоративно- или архитектурного освещения. Поскольку большинство отказов HBLEDs вызвано коротким замыканием, стоит отметить, что если в последовательном соединении один светодиод неисправен, другие будут работать в обычном режиме. Однако в параллельном соединении короткое замыкание приведет к отказу всех светодиодов массива. Как показано на рисунке 1, если один светодиод высокой яркости в массиве вышел из строя в результате короткого замыкания, то

только включенный с ним в пару диод не будет работать.

Понижающий преобразователь на основе IRS25401 с его уникальным драйвером верхнего плеча позволяет непрерывно контролировать ток нагрузки, точная регулировка которого осуществляется с использованием запатентованного гистерезисного метода управления с временной задержкой.

Система в целом очень проста и обладает большой гибкостью, позволяя подавать питание на светодиоды от шины постоянного тока или непосредственно от линии выпрямленного переменного тока. «Плавающий» драйвер верхнего плеча позволяет IRS25401 следить за током нагрузки светодиода, когда ключ понижающего регулятора находится во включенном и выключенном состояниях, что является преимуществом в реализации управления средним значением тока (рис. 3) в противоположность альтернативным системам, где ток может быть измерен только в фазе включенного состояния транзистора, во время которой используется управление пиковым током. Управление средним значением тока обеспечивает стабильную регулировку, которую можно проводить в более широком диапазоне нагрузок, не ограничивая возможности разработки, поскольку оно позволяет регулировать как время включения, так и выключения.

Преимущество состоит в том, что можно реализовать очень точное управление током при помощи эффективного и простого конструкторского решения, не прибегая к сложному анализу цепи.

Поскольку светодиодная нагрузка требует постоянного тока с минимальными пульсациями, драйверы постоянного тока работают в режиме постоянной проводимости независимо от того, используется режим пикового или среднего тока.

В случае схемы IRS25401 необходимо соблюдать осторожность и ограничивать перенапряжение во время силового переключения путем внесения определенных задержек между временами, когда ток нагрузки превышает или опускается ниже опорного уровня, и временами, когда понижающий переключатель меняет состояние. Эти задержки в сочетании с соотношением dI/dt тока нагрузки (IFB) также определяют рабочую частоту и скважность, которые в дальнейшем определяются значением понижающей индуктивности и выходного конденсатора, а также значениями входного и выходного напряжений преобразователя.

В этой конфигурации защита от перегрузки и короткого замыкания заложена по определению, поскольку выходной ток не изменяется, а открытую защиту нагрузки можно легко реализовать.

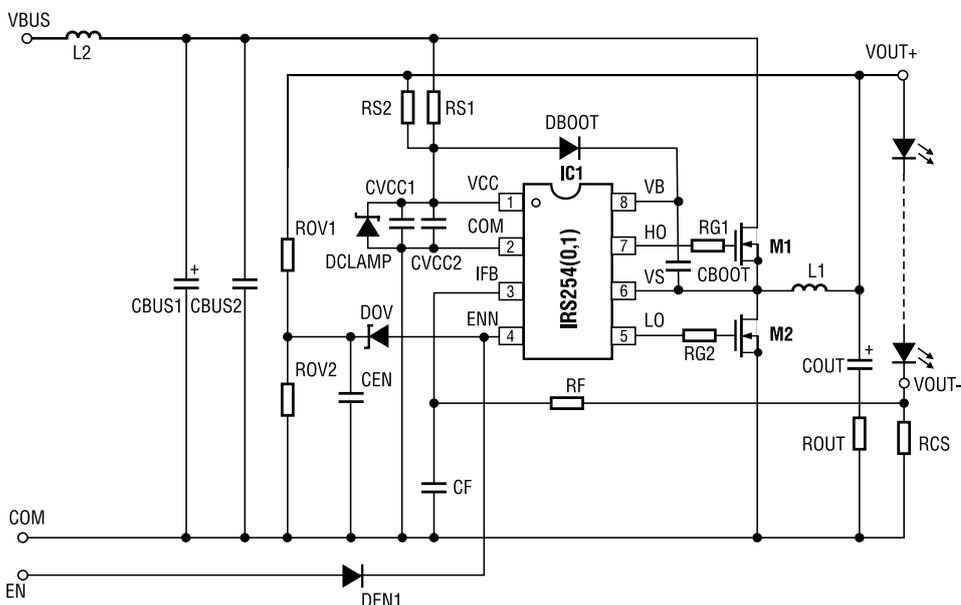


Рис. 2. LED-преобразователь IRS25401

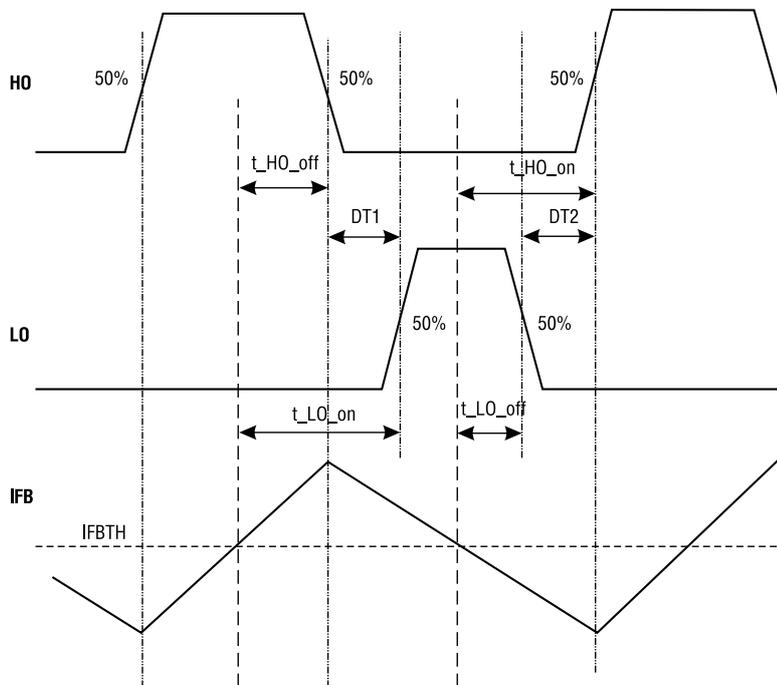


Рис. 3. IRS25401, схема управления средним значением тока

Хорошо известно, и тому имеются документальные подтверждения, что импульсные источники питания, которые работают в непрерывном режиме с использованием принципа управления пиковым током, подвергаются риску возникновения неустойчивости из-за субгармонических колебаний.

Хотя этот эффект можно устранить при помощи компенсации спада, некоторые контроллеры светодиодов, имеющиеся на рынке, не дают возможности доступа к конденсатору генератора, что усложняет реализацию такой схемы. Кроме того, компенсация спада также вносит погрешность между измеренным значением тока и фактическим током нагрузки светодиода.

Вместо этого делаются попытки решить проблему управлением постоянным временем выключения, а не постоянной частотой. Это смягчает субгармонические колебания и позволяет работать при скважности свыше 50%, однако, чтобы увеличить ее значение, необходимо уменьшить частоту, что приведет к широкому разбросу частот в диапазоне скважности.

В системе, реализованной по принципу управления постоянным временем отключения, где частота равна 100 кГц при скважности 50%, частота должна составлять 20 кГц при скважности 90% и 180 кГц — при 10%.

Схема IRS25401 не накладывает такого ограничения, т.к. время включения и выключения можно варьировать независимо, поэтому скважность можно изменять с минимальным влиянием на частоту.

Недостатком большого разброса частот является то, что значение индук-

тивности должно быть также сравнительно большим.

Переход от принципа постоянной частоты к переменной опровергает любые доводы о том, что с точки зрения простоты фильтра подход с управлением постоянной частотой может обладать преимуществом электромагнитной совместимости по сравнению с управлением переменной частотой в системе, построенной на основе схемы IRS25401.

Однако серьезным заблуждением может быть предположение о том, что конструкция фильтра схемы с постоянной частотой проще, чем конструкция системы с переменной. Тем не менее,



Рис. 4. LED-преобразователь IRS25401, демонстрационная плата

ясно, что в системе, где частота может меняться в зависимости от значения амплитуды, требования к фильтрам должны быть жестче.

На рисунке 4 изображена демонстрационная плата с IRS25401, которая способна питать цепь светодиодов прямым напряжением 17 В с током 1,2 А непосредственно от сети питания с эффективностью свыше 85% и частотой 175 кГц.

Во многих системах также требуется регулировка силы света. Кроме того, в тех применениях, где имеется комбинация светодиодов отдельных основных цветов, можно управлять интенсивно-

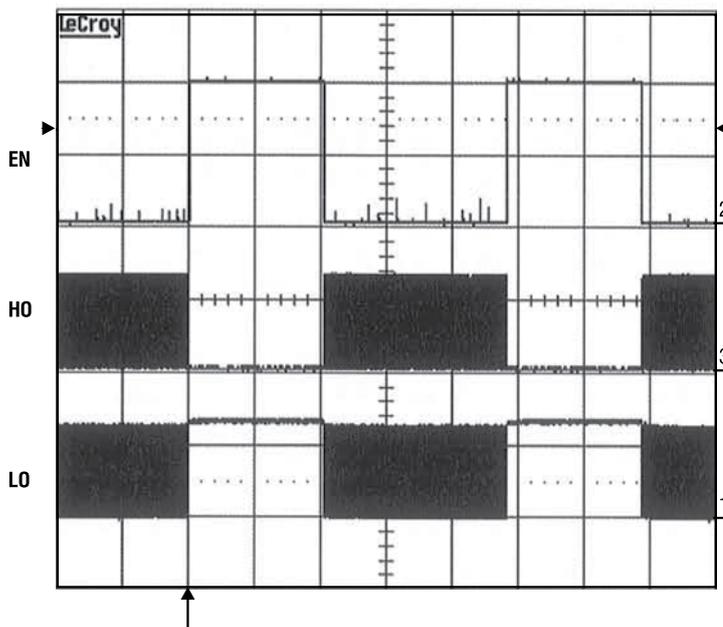


Рис. 5. Регулировка силы света

стью каждого цвета, чтобы создать любой спектр, необходимый для реализации освещения, световой рекламы и фонового освещения. Система с понижающим регулятором, построенная на базе IRS25401, позволяет реализовать диммирование в полном диапазоне логическим уровнем управляющего сигнала ШИМ. Сигнал ШИМ при сравнительно низкой частоте используется для включения и выключения тока возбуждения светодиодов и путем изменения скважности варьирует интенсивность светотдачи без изменения цвета.

ШИМ-сигнал управления силой света показан на рисунке 5. Управление генератором высокой частоты с понижающим преобразователем осуществляется в «форсированном режиме» для регулировки среднего значения тока светодиодов. Частота сигнала недостаточна низка, чтобы мерцание стало видимым. Это помогает реализовать простой интерфейс со схемой управления диммированием на базе микроконтроллера.

Закключение

HBLED позволяют архитекторам, разработчикам и производителям создавать световые эффекты и проектировать светильники, которые до этого было невозможно реализовать, и которые находят применение в театрах, студиях,

ночных клубах, ресторанах и других зрелищных учреждениях. С использованием цифрового управления, например, по протоколу DMX512, можно получить вибрирующий и изменяющийся свет, исходящий из разных точек. Независимо от того, сцена это, потолок или стена, размер лампы больше не определяет место источника света. Мир освещения открывается заново вместе с постоянно развивающейся технологией сверхъярких светодиодов.

Ландшафтное и уличное освещение можно также естественно создать с помощью HBLEDs, которые обладают преимуществами по сравнению с лампами накаливания и флуоресцентными лампами, включая продолжительный срок службы, снижение затрат на обслуживание и большую защиту от влаги. В отличие от обычных ламп, внутри светодиодов нет хрупких компонентов, таких как нить накала, которая выходит из строя в случае неосторожного обращения. Преобразователь, построенный на основе схемы IRS25401, идеально подходит для различных применений. **Б**

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru

Online инструмент по выбору IGBT для ваших разработок

На сайте **International Rectifier** появилась страничка, с помощью которой разработчики могут выбрать IGBT-транзисторы для любых устройств, включая электроприводы, источники питания, инверторы солнечных батарей и сварочные аппараты. **Новый инструмент по выбору IGBT** (<http://mypower.irf.com/IGBT>) позволяет разработчику подобрать такие параметры устройства, как напряжение шины, частота и длительность короткого замыкания. Программа рассчитывает потери и рекомендует те транзисторы, которые могут работать в заданных условиях. Также можно сразу увидеть базовую цену на выбранные транзисторы, что дает возможность оценить примерную стоимость разработки. Выбор IGBT требует оценки многих параметров, которые не могут быть сведены к единому показателю. Инструмент по выбору IGBT помогает инженерам сделать большую подборку и оптимально выбрать IGBT для своих разработок.

Новые MOSFET от 30 до 100 В компании IR в корпусе SOT-23

Компания International Rectifier представила семейство новых HEXFET MOSFET, имеющих ультранизкое сопротивление открытого канала $R_{ds(on)}$ в стандартном корпусе **SOT-23**. MOSFET предназначены для различных применений, например, в переключателях аккумуляторных батарей, переключателях нагрузки, электроприводах, телекоммуникационном оборудовании.

Применяя при производстве новых MOSFET самую передовую технологию изготовления кристалла кремния, удалось добиться значительного улучшения значений тока (на 90%) за счет уменьшения $R_{ds(on)}$ и, таким образом, предложить разработчикам оптимизированное соотношение КПД и цены для применения в конкретном устройстве. Новая линейка транзисторов полностью покрывает диапазон напряжений от -30 до 100 В и имеет различные значения $R_{ds(on)}$ и заряда затвора Q_g , что позволяет инженерам иметь более широкий выбор для разработки компактных, эффективных, в том числе и по цене, решений.

International Rectifier **Драйвер сверхъярких светодиодов**
IRS25401

ДЛЯ НАДЕЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ!



- Потребление <500 мкА
- Частота преобразования до 500 кГц
- ШИМ-димминг
- Авторестарт

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403



Компэл
www.compel.ru

Евгений Звонарев (КОМПЭЛ)

NUD4700 – НЕДОРОГОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ



В статье рассказывается об активном шунте NUD4700 – недорогом решении компании ON Semiconductor, позволяющем повысить надежность светодиодных светильников.



Ответственные применения осветительных приборов требуют обеспечения их безотказной работы в течение длительного времени (фары, маяки, мосты, самолеты, взлетно-посадочные полосы и т.д.). В последние годы для этих целей используются осветительные приборы с последовательным включением светодиодов. Однако выход из строя любого из них приводит к отказу всего соединения. Компания ON Semiconductor предлагает недорогое решение, позволяющее сохранить работоспособность всей последовательной цепи светодиодов, за исключением вышедшего из строя. Это достигается включением активных шунтов NUD4700 параллельно каждому светодиоду, что наглядно показано на рис. 1 (погасшие светодиоды изображены серым цветом). При перегорании светодиода активный шунт переходит в проводящее состояние и обеспечивает протекание тока в обход отказавшего. NUD4700 рассчитаны на параллельную

работу со светодиодами при максимальном токе 350 мА и выпускаются в корпусе POWERMITE с двумя выводами для поверхностного монтажа, фотография которого приведена на рисунке 2.

Электронный шунт состоит из тиристора и схемы управления, включающей в себя стабилитрон и делитель напряжения на резисторах. Конденсатор в цепи управляющего электрода тиристора необходим для обеспечения задержки включения и устранения ложных срабатываний. Порог срабатывания определяется в первую очередь напряжением стабилитрона. При замене сгоревшего светодиода на работоспособный активный шунт NUD4700 переходит в закрытое состояние, то есть происходит его автоматическое восстановление.

Более подробно преимущества схем включения осветительных светодиодов рассмотрены на рис. 3.

Схема на рис. 3а представляет собой простейшее решение включения последовательной цепи светодиодов. Питание

обеспечивается одним источником стабилизированного тока. Простота включения и низкая цена первого варианта – преимущества этой схемы, но главный недостаток – нарушение работы всех светодиодов при отказе любого из них.

Повысить надежность первой схемы можно с помощью компромиссного решения, показанного на рис. 3б. Выход из строя одного из светодиодов схемы повлечет отказ только одной последовательной цепи. Хотя надежность второго варианта включения выше, чем у первого, недостатки очевидны. К ним относятся высокая цена и усложнение монтажа из-за необходимости использования нескольких источников тока.

Оптимальное решение этого вопроса предлагается с помощью активных шунтов NUD4700, которые подключаются параллельно каждому светодиоду. Схема, изображенная на рис. 3в обеспечивает работу всей последовательной цепи при отказе любого светодиода. В этом случае ток начинает протекать в обход отказавшего светодиода через электронный шунт NUD4700. Здесь достаточно всего одного источника тока, что снижает стоимость и упрощает монтаж. Понятно, что третий вариант будет иметь самую высокую надежность по сравнению с предыдущими двумя при незначительном увеличении стоимости.

Перечислим основные параметры и преимущества активного шунта NUD4700:

- Миниатюрный двухвыводной корпус POWERMITE®;
- Автоматическое восстановление при замене отказавшего светодиода;
- Падение напряжения на шунте в открытом состоянии 1 В;
- Ток утечки в закрытом состоянии около 250 мкА;
- Номинальный ток в открытом состоянии 350 мА;
- Низкая стоимость по сравнению с ценой осветительного светодиода.



Прожектор без защиты светодиодов активными шунтами NUD4700. Отказ одного светодиода выводит из строя всю последовательную цепь

Прожектор с защитой каждого светодиода активным шунтом NUD4700. Отказ одного светодиода не влияет на работу других в последовательной цепи

Рис. 1. Прожекторы с отказавшими светодиодами

Классы защитных устройств для светодиодов

Невозможно предсказать тип отказа для каждого светодиода из-за электрических перегрузок. Кроме рассмотренного в данной статье варианта защиты светодиодов с помощью активного шунта существуют дополнительные способы защиты от перенапряжений или перегрузки по току (ограничители тока или предохранители). Ограничители напряжения включаются параллельно защищаемому прибору. В качестве ограничителей напряжения используются варисторы и/или защитные TVS-диоды, поглощающие энергию импульса помехи при превышении определенного уровня напряжения. В некоторых случаях целесообразно включать ограничители напряжения параллельно нескольким последовательно включенным светодиодам. Это зависит от конкретных типов светодиодов и защитных диодов и/или варисторов. Приборы для ограничения тока включаются последовательно с защищаемым устройством. Ограничители тока бывают одноразовые и самовосстанавливающиеся (multifuse или PTC). Принцип работы самовосстанавливающихся предохранителей основан на использовании положительного температурного коэффициента (PTC) резистора. При увеличении тока выше определенного предела возрастает температура многократного предохранителя. Благодаря положительному температурному коэффициенту резистора его сопротивление резко увеличивается, что и вызывает ограничение тока. Конечно, если есть возможность поставить самовосстанавливающиеся предохранители, нужно использовать именно ее, хотя и здесь не стоит забывать о некоторых особенностях. Дело в том, что ток переключения PTC-резистора может оказаться в два и даже более раз выше по сравнению с необходимым током отсечки. Кроме того, нужно учитывать инерционность срабатывания таких устройств защиты, поэтому к выбору самовосстанавливающихся предохранителей нужно относиться очень внимательно.

Для обеспечения самой высокой надежности светодиодных приборов оптимальным является сочетание нескольких типов защит. Выбор варианта такой комплексной защиты зависит от типа применяемых светодиодов, максимальными размерами светильника и допустимой ценой.

В некоторых случаях нельзя забывать и о защите от статического электричества. Приборы для подавления электростатических разрядов должны подключаться параллельно каждому светодиоду. Защитные приборы должны иметь уровень срабатывания больше падения напряжения на одном светодиоде. В большинстве случаев это напряжение составляет более 4 В. Схема

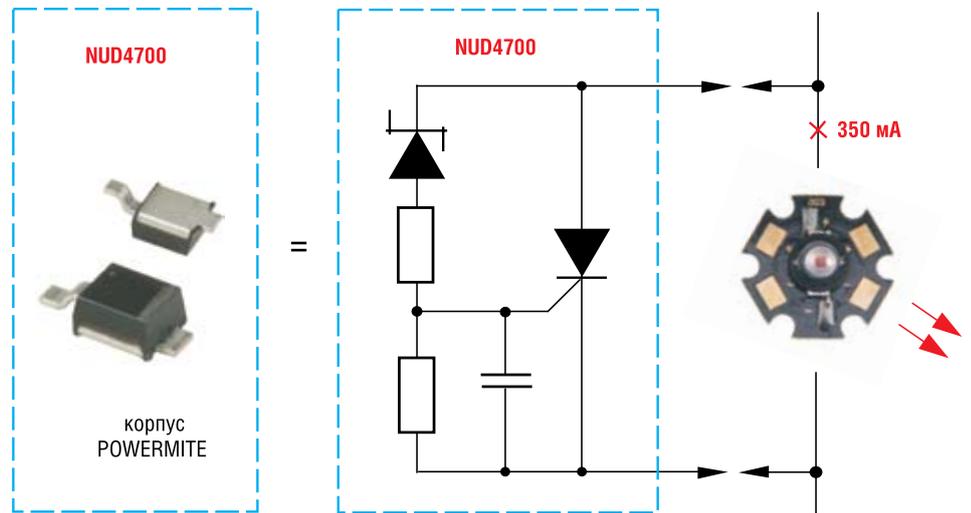


Рис. 2. Иллюстрация принципа работы активного шунта NUD4700

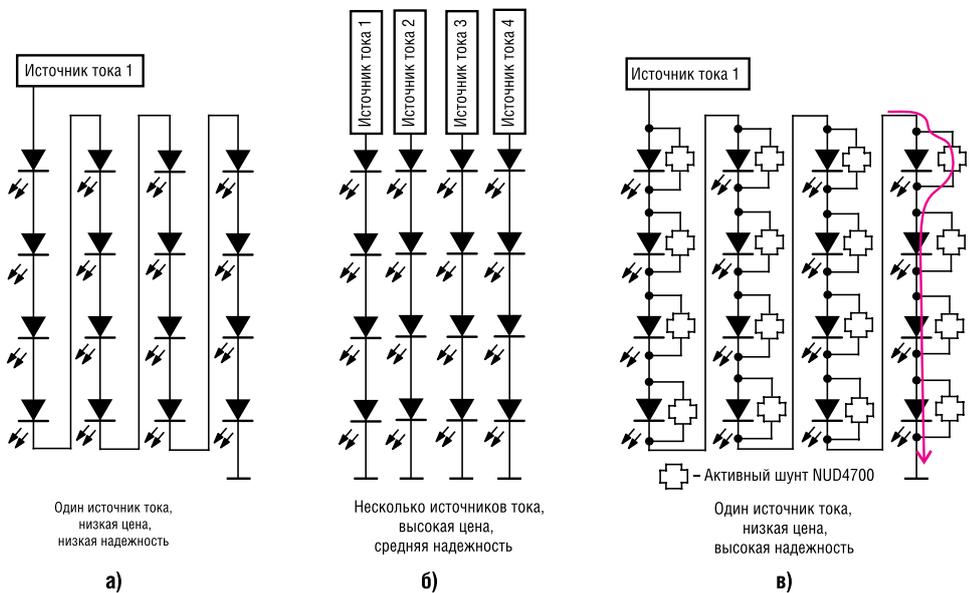


Рис. 3. Варианты схем включения осветительных светодиодов

должна оставаться работоспособной при сильном электростатическом разряде без повреждения светодиода.

Однако именно активная защита от перегрузки по току является лучшим выбором по сравнению с использованием одних только пассивных устройств. К сожалению, NUD4700 рассчитан на работу со светодиодами, имеющими номинальный ток до 350 мА. Если планируется использовать светодиоды с током более 350 мА, то активные шунты NUD4700 необходимо крепить на теплоотводящую поверхность, не допуская превышения максимально допустимой мощности рассеивания на активном шунте.

Правильно спроектированный прибор — это ключ к созданию конкурентоспособных изделий на быстрорастущем рынке осветительных приборов на основе светодиодов. Большинство разработчиков, проектирующих такие устройства, хорошо разбираются в электрических, тепловых и оптических ре-

жимах работы своих приборов, но не всегда уделяют достаточно внимания схемам защиты самих светодиодов. Защита светодиодов особенно важна, если светодиодный осветительный прибор не имеет своего источника питания. В этом случае при замене без отключения питающего напряжения светодиоды могут легко выйти из строя из-за переходных процессов при подключении (перегрузка пусковым током, возникающем во внешнем источнике питания). Потребители, привыкшие к замене обычных ламп накаливания без отключения напряжения питания, по привычке заменяют и светодиодные лампы без снятия напряжения.

Более подробную информацию о рассмотренных микросхемах активных шунтов NUD4700 можно найти на сайте производителя www.onsemi.com.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: analog.vesti@compel.ru

Андрей Конопельченко (КОМПЭЛ) ГЕРМЕТИЧНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ В СИСТЕМАХ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



В статье рассказывается о соединителях серии **CJ-04-х** для светодиодных решений, требующих надежных и герметичных соединений для защиты от внешних воздействий. Соединители рекомендованы известным производителем модульных источников питания, компанией **Mean Well**, для применения совместно со своими изделиями. Также их можно рекомендовать всем разработчикам светотехнических систем, применяющим модульные источники питания класса **IP64 и выше**, например, таких производителей, как **Inventronics** и **Soaring**.



Светодиодный светильник состоит из двух основных блоков: источника питания и светодиодной панели. Защита источника питания от внешних воздействий обеспечивается производителем. Выпускаются источники питания со степенью защиты от внешних воздействий IP64...IP68. Герметизацию светодиодной панели выполняет контрактный производитель. Однако, как видно из рисунка 1, при монтаже светодиодного светильника возникает еще и задача обеспечения надежного и герметичного соединения между источником питания и светодиодной панелью.

К популярным светодиодным решениям можно отнести уличное освещение, декоративное освещение фасадов зданий, освещение служебных помещений, светодиодные экраны, светодиодные табло,

рекламные вывески. Все эти применения требуют высокой степени защиты от внешних воздействий и высокой степени герметичности светодиодного прибора. Типичная конструкция светодиодного светильника приведена на рисунке 1.

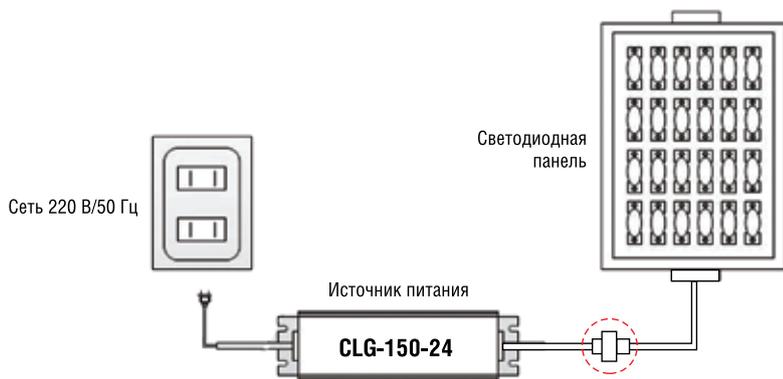


Рис. 1. Конструкция светильника «Светодиодная панель+источник питания»

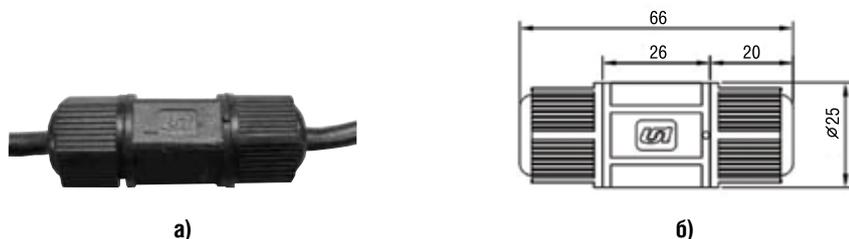


Рис. 2. Герметичный соединитель CJ-04-х: а) внешний вид; б) чертеж

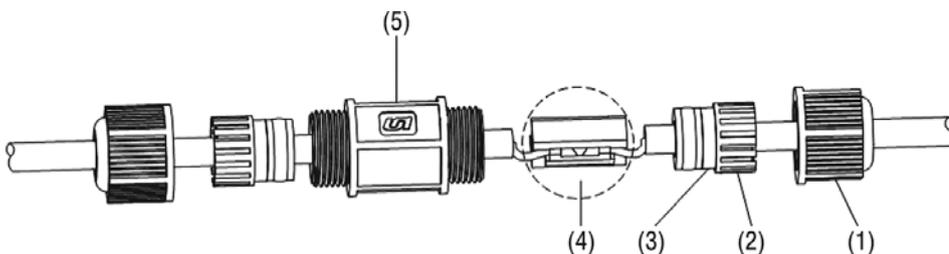


Рис. 3. Монтаж соединителя CJ-04-х

Решить эту задачу можно при помощи герметичных по IP67 соединителей, например, серий **CJ-04-1** и **CJ04-2**. Внешний вид и чертеж соединителя **CJ-04-х** приведен на рисунке 2. Соединитель **CJ-04-1** предназначен для монтажа кабеля AWG14-AWG16, а **CJ-04-2** — для AWG18-AWG22.

Чертеж герметичного соединителя **CJ-04-х** представлен на рисунке 3. На первом этапе сборки выполняется монтаж провода в соединительную колодку (4), а затем она помещается внутрь корпуса (5). Корпус закрывается с двух сторон прижимными кольцами (2) с уплотнителями (3) и закручивается прижимными гайками (1).

Более подробная информация о герметичных соединителях размещена на сайте компании «КОМПЭЛ» <http://catalog.compel.ru> в разделе «Источники питания/Аксессуары для ИП». Соединители **CJ-04-1** и **CJ-04-2** имеются в наличии на складе в Москве, и их можно оперативно приобрести у менеджеров по продажам.

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: ac-dc-ac.vesti@compel.ru

ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ



Большинство фирм выпускает широкую номенклатуру микросхем светодиодных драйверов с постоянным напряжением питания до 40...65 В. Нам необходимо разработать AC/DC-преобразователь с выходным стабилизированным током и питанием от сети переменного напряжения 220 В. Какие микросхемы высоковольтных драйверов светодиодов для таких преобразователей целесообразно использовать в новых разработках?

Отвечает инженер КОМПЭЛ по аналоговой продукции
Евгений Звонарев:

Действительно, выбор высоковольтных драйверов светодиодов не столь широк по сравнению с низковольтными микросхемами для питания светодиодов. Интерес могут представлять высоковольтные светодиодные драйверы компаний **International Rectifier (IR)** и **On Semiconductor (ONS)**.

Для этих целей IR выпускает очень близкие по характеристикам микросхемы **IRS25401** и **IRS25411**, параметры которых совершенно одинаковы, однако новые IRS25411 отличаются более высокой степенью устойчивости от защелкивания (Improved Latch up Immunity). Новые драйверы IRS25411 полностью совместимы по выводам с микросхемами IRS25401. Производитель не рекомендует использовать для новых разработок драйверы IRS25401 и ориентирует на применение в новых источниках питания микросхемы IRS25411. При этом никакой переделки схемы и печатной платы не требуется. IRS25401 и IRS25411, принцип работы которых полностью совпадает, выпускаются в корпусах SO-8 и DIP-8. Примеры использования драйверов приведены в руководстве по применению «IRPLED1», которое легко можно найти на сайте IR www.irf.com. На основе этих микросхем с добавлением одного или двух внешних MOSFET-транзисторов можно спроектировать AC/DC-преобразователь с выходным стабилизированным током от 350 мА до 1,5 А. Дополнительную информацию об этих микросхемах мож-

но прочитать в статье «Высоковольтные драйверы мощных светодиодов», опубликованной в журнале Новости электроники, №1, 2009.

Также заслуживает внимания высоковольтный драйвер светодиодов **NCL30000** с коррекцией коэффициента мощности (ККМ), выпускаемый компанией ON Semiconductor. Микросхема рассчитана на формирование номинального стабилизированного тока питания светодиодов 350 мА. Сверхнизкий ток запуска 24 мкА упрощает схему включения AC/DC-преобразователя и повышает его эффективность. Драйвер NCL30000 имеет автомобильный диапазон рабочих температур -40...125°C и выпускается в корпусе SO-8. Микросхеме также можно применить в качестве самостоятельного ККМ в обратноходовых импульсных преобразователях. Дополнительную информацию о драйверах NCL30000 можно прочитать в статье «NCL30000 – драйвер светодиодов с функцией коррекции мощности», опубликованной в журнале Новости электроники, №3, 2010.

«Texas Instruments: от аналога к цифре»

Цикл семинаров и тренингов по всей России

КОМПЭЛ совместно с **Texas Instruments (TI)** приглашают Вас принять участие в цикле семинаров и тренингов, которые пройдут в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Чебоксарах и Ростове-на-Дону в период с 29 сентября по 9 декабря.

Основные темы семинаров:

- Применение LED-драйверов для светодиодного освещения;
- Критерии выбора АЦП и операционных усилителей в измерительных цепях;
- Разработка источников питания для портативных устройств на базе продукции TI;
- Микроконтроллеры MSP430 для малопотребляющих применений;
- Реализация промышленных интерфейсов на базе микроконтроллеров Stellaris Cortex-M3;
- Разработка USB-интерфейса на базе MSP430.

Темы практических занятий:

- Использование RTOS на примере микроконтроллера LM3S8962 семейства Stellaris ARM Cortex-M3;
- Практическое использование микроконтроллеров MSP430F5xx;
- Построение беспроводных сетей на базе «системы-на-кристалле» CC430;
- Введение в Code Composer Studio с использованием микроконтроллера TMS320F28035.

Подробная программа и регистрация на сайте www.compel.ru

Зарегистрируйтесь уже сейчас!