

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.**

**Д**ля 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 ток весьма невелик (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-

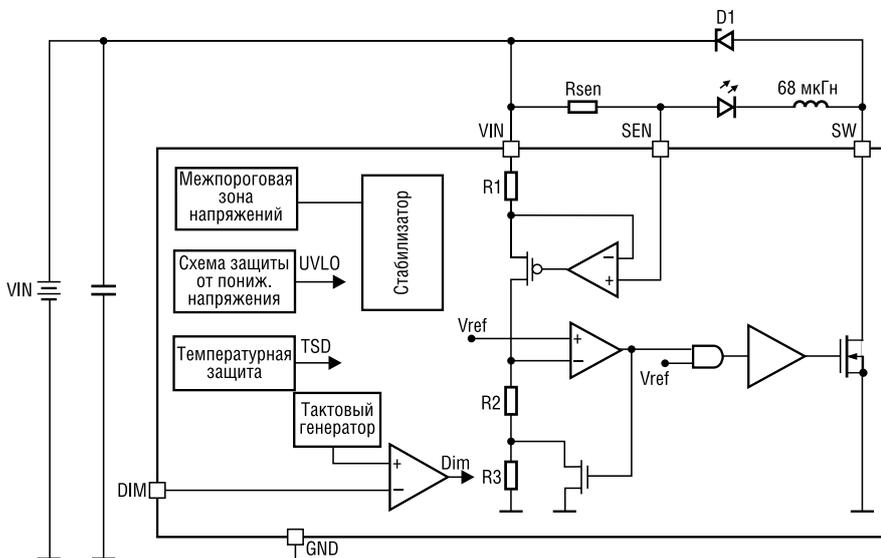


Рис. 1. Типовая схема включения MBI6651

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

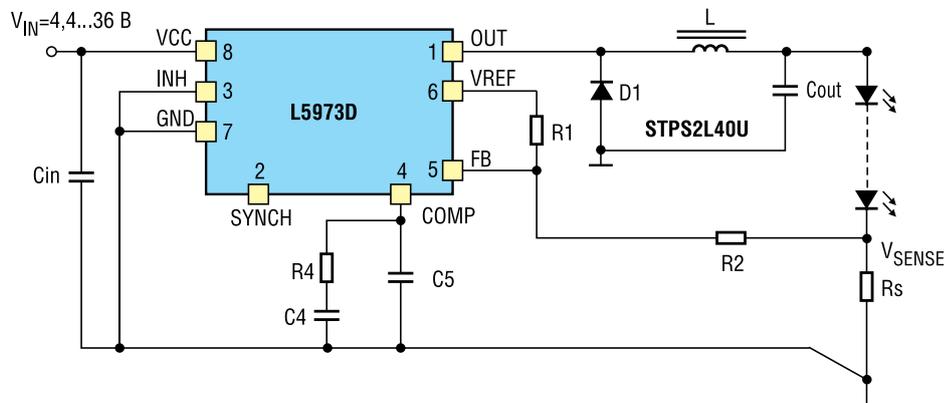


Рис. 2. L5973D в режиме стабилизации тока

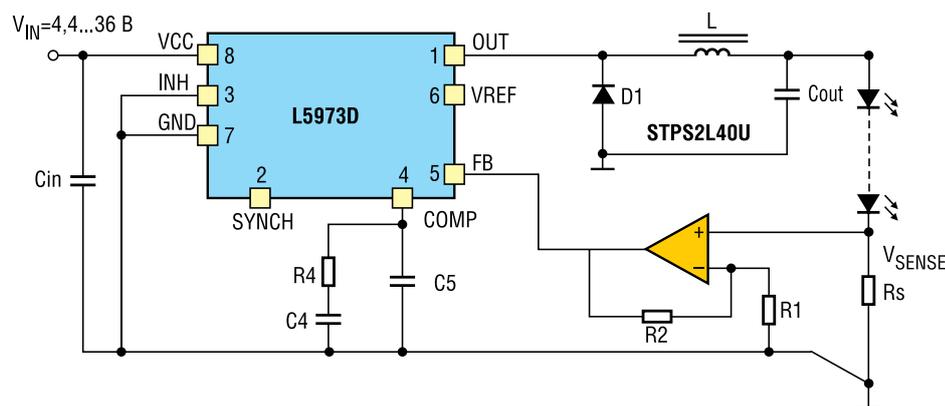


Рис. 3. L5973D в режиме стабилизации тока с усилителем напряжения датчика тока



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<sub>ifb</sub>. 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).

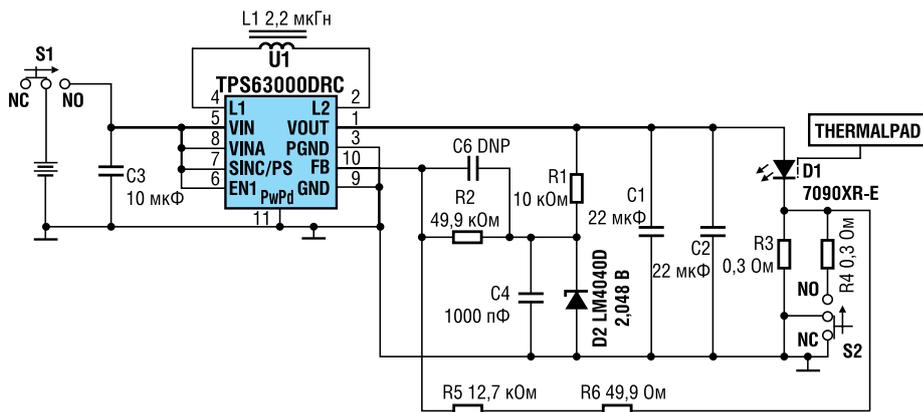


Рис. 7. Типовая схема включения TPS63000

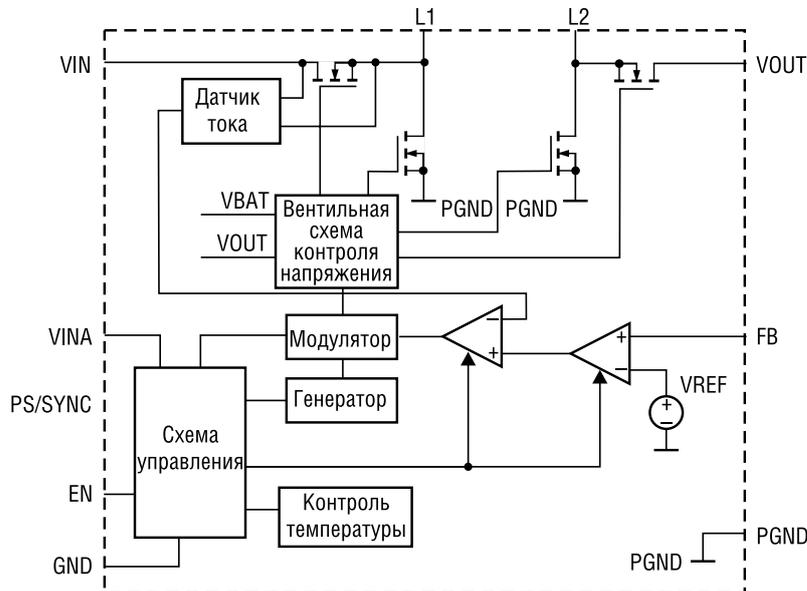


Рис. 8. Блок-схема TPS63000

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](mailto: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**

- $I_{\text{Вых}}$  до 3 А
- Средний КПД 90%
- $U_{\text{Вх}}$  2,5...18 В
- $I_{\text{потерь выкл.}}$  6 мкА во всем диапазоне температур -25...125°C
- $F_{\text{преобр. макс.}}$  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

**Компэл**  
[www.compel.ru](http://www.compel.ru)