

# Как обеспечить защиту цепи светодиодов

**Тедди Ту (Teddy To),**  
менеджер по продукту, Littelfuse, Inc.  
**Филип Хейвенс (Phillip Havens),**  
менеджер по маркетингу, Littelfuse, Inc.

*В статье обсуждаются способы защиты светодиодов от воздействия электростатического разряда, переходных напряжений в сетях и других факторов при работе светодиодной системы вне помещений. Рассмотрены особенности применения устройств защиты от обрыва светодиодов, которые позволяют сохранить цепочку светодиодов в рабочем состоянии при отказе одного светодиода. Статья представляет собой перевод [1].*

Поскольку светодиоды все шире находят применение в системах, используемых вне помещений, возрастает вероятность их повреждения в результате воздействия электростатического разряда и переходных процессов в электрических цепях. Светодиоды высокой яркости (т.е. те, которые изготавливаются на основе подложки из сапфира или SiC, а в будущем — на подложках из AlN и GaN) — особенно чувствительны к этим факторам, и если выходит из строя один светодиод в цепочке, то все светодиоды в этой цепи отключаются. Не так много специалистов учитывают все факторы при проектировании схемы защиты светодиодов. Недавно появилась категория устройств, которые называют устройствами защиты от обрыва светодиодов, но пока они не слишком широко распространены и специалисты с ними не достаточно хорошо знакомы. В данной статье обсуждается, в каких случаях их следует применять и как получить экономию, используя одно устройство для защиты нескольких цепей светодиодов.

## ВВЕДЕНИЕ

Светодиоды высокой яркости можно обнаружить во многих системах для наружного применения. Все чаще светодиоды

применяют в фонарях легковых и грузовых автомобилей, так как они не перегорают и обладают стойкостью к вибрации и ударам. Светодиоды используются в системах уличного освещения, светофорах и сигнальных фонарях взлетно-посадочной полосы, поскольку они позволяют сократить затраты на обслуживание и экономить электроэнергию. Благодаря высокой надежности и малому времени реакции они используются в гигантских рекламных видеоекранах.

Так как светодиоды высокой яркости — это низковольтные приборы (прямое напряжение, как правило, составляет от около 2,7 В для красных светодиодов до 4,1 В для синих светодиодов), их, обычно, соединяют в последовательную цепочку и обеспечивают их питание от источника постоянного тока. Цепочка может содержать от пяти до двадцати светодиодов. Общий ток последовательно соединенных светодиодов позволяет получить равномерную яркость светодиодов и упрощает управление яркостью группы светодиодов.

Но светодиоды имеют три главных недостатка.

1. Светодиоды можно вывести из строя путем циклического воздействия температуры. Термомеханическое напряжение во внутренних проволочных соединениях светодиодов может привести к их разрушению, в результате чего возникает обрыв. Вибрация может дополнительно способствовать этому.

2. Эти приборы уязвимы для воздействия электричества. Электростатический разряд или выброс напряжения, вызванный молнией, может вывести их из строя — и электростатический разряд, и молния весьма широко встречаются вне помещений. Питание большинства светодиодов в таких приложениях осуществляется от импульсного источника питания, в которых обычно при-

меняется весьма неполная защита от внешних наводок (фактически они сами нуждаются в средствах защиты).

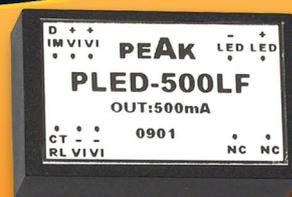
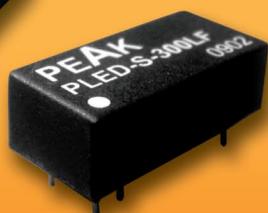
3. Если светодиод в цепи замкнуть накоротко, то он выключится, а остальная цепь будет работать, но на этом закороченном светодиоде будет аккумулироваться тепло, что в результате приведет к обрыву цепи из-за отказа проволочного соединения. Однако, если светодиод обрывается, то он будет вести себя как лампочка в праздничной гирлянде: один открытый светодиод вызывает отключение всей цепи. Это всего лишь некрасиво выглядит на рекламном экране, но может вызвать угрозу безопасности, если светодиод используется в светофоре или сигнальных фонарях взлетно-посадочной полосы. Вдобавок, многие из этих систем труднодоступны, что увеличивает затраты на замену светодиодов.

## КАК СОХРАНИТЬ ЦЕПОЧКУ СВЕТОДИОДОВ В РАБОЧЕМ СОСТОЯНИИ

Светодиоды можно защитить от повреждения из-за воздействия электростатического разряда и индуцированных бросков напряжения с помощью металлооксидных варисторов или ограничителей переходного напряжения (Transient Voltage Suppressor — TVS), а от превышения допустимого тока — с помощью предохранителей, но эти устройства не могут обеспечить защиту всей цепи светодиодов от отключения из-за отказа одного светодиода. Для этого нужно устройство защиты от обрыва светодиодов, которое включается параллельно каждому светодиоду (см. рис. 1) или группы до четырех светодиодов в цепи. Когда светодиод переходит в открытое состояние (обрывается) при отказе, напряжение на нем увеличивается до выходного напряжения блока питания. Устройство защиты детектирует рост напря-

# PEAK electronics

THE WORLD OF DC/DC-CONVERTERS



## МОДУЛЬНЫЕ DC/DC-ДРАЙВЕРЫ СВЕТОДИОДОВ

### ОСОБЕННОСТИ

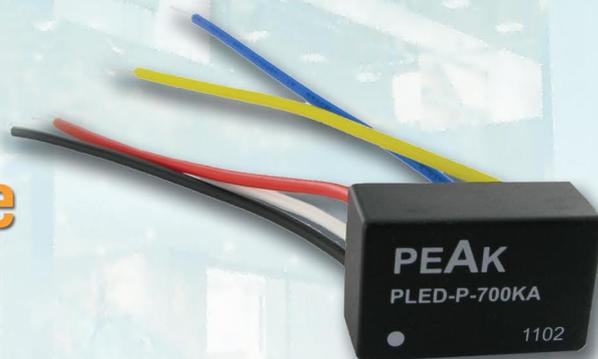
- Стабилизированный выходной ток от 300 до 1200 мА
- Вход: 12, 24, 27 или 30 В DC
- Выходная мощность 9...40 Вт
- Диапазон рабочих температур -40...85°C
- Герметичный пластмассовый корпус типа DIP или SMD
- Дистанционное включение/выключение
- Дистанционное управление яркостью светодиодов (димминг)

### PLED-P – новинка на складе

- Для объемного монтажа
- Ультраширокий вход 7...60 В

### ПРИМЕНЕНИЕ

- Портативное оборудование
- Подсветка мебели
- «Дежурное» освещение
- Подсветка торгового оборудования



Наш дистрибьютор в России:

Москва  
Тел.: (495) 995-09-01  
Факс: (495) 995-09-02  
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403  
E-mail: spb@compel.ru

 **Компэл**  
www.compel.ru

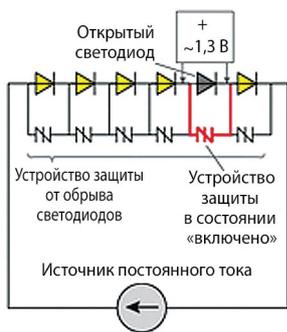
жения, включается при достижении напряжения пробоя  $V_{BR}$  (см. рис. 2) и шунтирует ток в обход отказавшего светодиода, сохраняя оставшуюся цепочку светодиодов в рабочем состоянии. Некоторые устройства защиты от обрыва светодиода предохраняют также от электростатического разряда и воздействия напряжения обратной полярности.

Многие микросхемы драйверов светодиодов имеют встроенную защиту от обрыва светодиодов, но она предназначена только для предохранения выходного напряжения от превышения порогового уровня, когда ток нагрузки падает до нуля (как это происходит при обрыве светодиода в цепи); она не сохраняет остальные светодиоды в цепи в рабочем состоянии. Кроме того, защита от электростатического разряда, встроенная в драйвер или светодиод, не достаточна для того, чтобы обеспечить приемлемый уровень защиты в

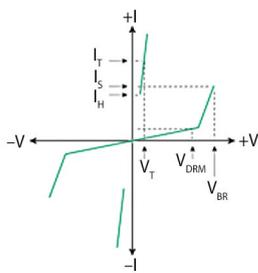
соответствии с моделью тела человека, при которой электростатический разряд может достигать 15 кВ (стандарт IEC 61000-4-2).

В устройствах защиты от обрыва светодиодов предусмотрены специальные диоды, которые предохраняют цепь в случае смены полярности источника питания. Светодиоды не включатся до тех пор, пока полярность источника питания не станет правильной.

Использование кремниевых управляемых диодов (Silicon-Controlled Rectifier — SCR) или зенеровских диодов вместо устройств защиты от обрыва светодиодов не является лучшим решением. SCR имеют довольно большие размеры; они не обеспечивают защиту от электростатического разряда и смены полярности источника питания. Кроме того, для них обычно требуется цепь резистивных делителей напряжения для установки пускового напряжения, причем, при изменении температуры окружающей среды, отклонения величины пускового напряжения от номинального значения довольно значительны. Зенеровский диод (либо внешний, либо встроенный в светодиод) не обеспечивает защиту от обрыва цепи или смены полярности. Когда светодиод переходит в открытое состояние (обрывается), зенеровский диод будет проводить весь ток цепи, и сгенерированное, в результате, тепло может сократить срок службы зенеровского диода и светодиодов, которые расположены поблизости от него.



**Рис. 1.** Когда светодиод переходит в открытое состояние (обрывается), напряжение на нем увеличивается до выходного напряжения блока питания; устройство защиты детектирует рост напряжения, включается и шунтирует ток в обход отказавшего светодиода, сохраняя оставшуюся цепочку светодиодов в рабочем состоянии.



**Рис. 2.** Устройство защиты от обрыва светодиодов включается при достижении напряжения пробоя  $V_{BR}$ . Вольт-амперная характеристика показана для устройства защиты серии PLED6 от компании Littelfuse. Рабочий режим устройства — в 1-м квадранте ВАХ.

пряжение до переключения (stand-off voltage) устройства защиты. Если устройство защиты используется на нескольких светодиодах, то суммарное падение напряжения на всех параллельных светодиодах не должно превышать предельное напряжение до переключения устройства защиты.

Проверьте величину постоянного тока источника питания.

Выберете характеристики устройства защиты, исходя из следующих требований.

- Напряжение включения устройства защиты должно быть меньше выходного напряжения источника питания, чтобы обеспечить запуск устройства при обрыве светодиода.

- Ток переключения устройства защиты должен быть меньше тока источника питания, чтобы обеспечить надежное включение устройства.

- Следует убедиться, что величина тока переключения и тока удержания устройства защиты удовлетворяет требованиям во всем диапазоне рабочих температур как для светодиодов, так и для устройства защиты (заметим, что это температура устройства, а не температура окружающей среды); а также учесть такие факторы, как цвет свечения и яркость светодиодов (ток удержания не должен превышать управляющий ток светодиода).

- В целях экономии можно использовать одно устройство защиты для группы из двух или трех светодиодов, включенных последовательно. Выбирать устройство защиты следует исходя из количества светодиодов: устройство, которое имеет напряжение запуска 6 В, обеспечивает защиту одного светодиода; 9-В устройство можно использовать с парой светодиодов (см. рис. 3); 13-В устройство можно использовать с тремя, а 18-В устройство с четырьмя светодиодами. (Заметим, что в данном случае отказ одного светодиода вызовет выход из строя двух, трех или четырех светодиодов, соответственно).

Во многих приложениях важно обеспечить регулировку яркости светодиодов. В некоторых светодиодах может наблюдаться изменение цвета, когда меняется прямой ток, однако ШИМ-регулировка (в импульсном режиме) позволяет предупредить

# Светодиоды Sunnix8



SAMSUNG LED

Мощные 1-ваттные светодиоды  
Лучшее предложение в классе

Группа компаний «Симметрон» — официальный дистрибьютор Samsung LED



**Симметрон**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

Москва (495) 797-5545  
moscow@symmetron.ru  
Санкт-Петербург (812) 449-4000  
spb@symmetron.ru

Новосибирск (383) 361-3424  
sibir@symmetron.ru  
Киев +38 (044) 239-2065  
kiev@symmetron.ua

Харьков +38 (057) 750-8022  
kharkov@symmetron.ua  
Минск +375 (17) 336-0606  
minsk@symmetron.ru

www.symmetron.ru

это изменение. Убедитесь, что выбранное устройство защиты от обрыва светодиодов совместимо с используемым типом регулировки яркости.

## ВЫБОР ТИПА КОРПУСА И АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Далее следует выбрать тип корпуса устройства защиты, который подходит для применения в данной системе освещения.

Следует определить температуру окружающей среды для рабочих условий эксплуатации устройства защиты и, при необходимости, обеспечить отвод тепла. В типовом приложении с 350-мА источником тока и 1,1-В падением напряжения на включенном устройстве защиты, оно будет рассеивать 385 мВт. Несмотря на то, что это меньше потребляемой мощности светодиода или светодиодов во включенном состоянии, к которым подключено устройство защиты, для него может потребоваться радиатор. Так, для данного примера температура устройства защиты при типовом значении теплового сопротивления р-п-переход-воздух в 100°C/Вт (без радиатора), повы-

сится на 38,5°C. Принимая максимальную рабочую температуру устройства равной 85°C, для устройства защиты потребуется радиатор при температуре окружающей среды, превышающей 46,5°C. В целях безопасности эту температуру, скорее всего, следует снизить примерно до 30°C.

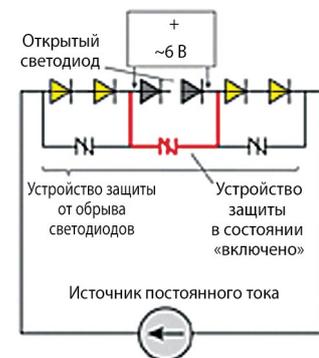
Ток устройства защиты в выключенном состоянии обычно составляет менее 150 мкА, поэтому повышение температуры будет чуть более, чем на 5°C.

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

После всех расчетов следует протестировать устройства защиты, шунтирующие светодиоды, и проверить полученные результаты на их соответствие заданным в проекте показателям.

При установке устройств защиты следует выполнять рекомендации по пайке для используемых корпусов.

И наконец, отметим, что эти устройства можно использовать для защиты индивидуальных светодиодов или нескольких светодиодов, установленных в последовательную цепочку; они могут быть пригодны для параллель-



**Рис. 3.** Устройства защиты от обрыва светодиодов можно использовать для группы из двух (показано на рисунке), трех или четырех светодиодов. Напряжение запуска устройства защиты в данном примере равно 9 В, т.е. превышает обычное рабочее напряжение двух светодиодов (6 В).

ных цепей светодиодов с общим катодом (в такой конфигурации устройство защиты предохраняет от избыточного тока в параллельных цепях), но не подходит для матричной конфигурации, в которой имеются соединения между цепочками светодиодов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Teddy To, Phillip Havens. Sizing Up Circuit Protection for LED Strings // www.ledjournal.com.