

NUD4700 — электронный шунт для светодиодов от ON Semiconductor

ИРИНА РОМАДИНА, менеджер по продукции ON Semiconductor, «Компэл»

В последнее время светодиодное освещение находит все большее применение. Основным фактором, способствующим расширению секторов применения мощных светодиодов, несмотря на их довольно высокую цену, является большой ресурс и надежность. Особенно это важно для ответственных применений, где оперативная замена вышедших из строя светильников затруднена, а их отказ приводит к существенной потере функций приложения. Одним из методов повышения надежности мощных кластерных светодиодных осветительных приборов является активное шунтирование отдельных вышедших из строя светодиодов. В этом случае единичный отказ светодиода не приведет к потере существенной части светового потока. Активный шунт NUD4700, разработанный On Semi, повышает надежность светильников с последовательным включением мощных светодиодов.

Мощные светодиоды, которые предназначены для использования в осветительных приборах, имеют большой ресурс работы — около 100 тыс. ч. Заявленный показатель в основном определяется ресурсом самого кристалла. Однако надежность и реальный ресурс мощных светодиодов определяется во многом качеством корпусирования светодиода и условиями эксплуатации. Основным дефектом светодиода является обрыв, который происходит из-за деградации соединения кристалла с выводами. Это самое слабое место. Старение и деградация микросварных контактных соединений происходит из-за температурных перепадов и электромиграции в области контакта.

В большинстве мощных светодиодных осветителей используются кластерные соединения белых светодиодов, которые содержат одну или несколько цепочек светодиодов. При обрыве одного светодиода ток прекращается во всей цепочке. Особенно этот эффект недопустим для ответственных приложений, например в светодиодных светофорах, автомобильных фонарях, системах освещения мостов, аэропортов и т.д.

Одним из простейших выходов из этого положения является использование активных двухполюсных шунтов, которые включают параллельно каждому светодиоду в последовательной цепочке (см. рис. 1).

Отказ одного светодиода в последовательной цепочке приводит к отказу всей светодиодной цепочки. При шунтировании единичный отказ не влияет на работу остальных элементов цепочки. В нормальном состоянии шунт закрыт, ток протекает через светодиод. При обрыве в цепи светодиода ток через светодиод, а следовательно, и через всю цепочку прекращается. Схема контроля шунта обнаруживает факт обрыва и включает внутренний тиристор шунта, пропускающий ток в обход дефектного светодиода. Токовая цепь всей цепочки светодиодов восстанавливается. Генератор тока поддерживает заданный уровень тока в цепочке, и яркость оставшихся светодиодов не изменяется.

СТРУКТУРА АКТИВНОГО ШУНТА

Шунт представляет собой тиристорную структуру с пороговым элементом управления (см. рис. 2).

Пороговый элемент состоит из встроенного стабилитрона и резистивного делителя. Конденсатор в цепи управляющего электрода тиристора необходим для обеспечения задержки включения и устранения ложных срабатываний. Порог срабатывания определяется, в первую очередь, напряжением стабилитрона.

Основные параметры активного шунта NUD4700

Типовая вольтамперная характеристика шунта представлена на рисунке 3.

Ключевыми параметрами шунта являются:

- минимальное напряжение перехода во включенное состояние в диапазоне: 5,5...7,5 В;
- ток перехода в состоянии «включен»: 35 мА;
- минимальный ток (ток удержания), который позволяет удерживать шунт в состоянии «включен», 6 мА;
- прямое напряжение на ключе во включенном состоянии шунта не более 1 В;
- максимальный ток, который может проходить через шунт во включенном состоянии: 1,3 А;
- ток утечки в закрытом состоянии шунта не более 250 мкА;
- максимальный ток при шунтировании: 1,3 А (на дополнительном радиаторе).



Рис. 1. Сравнение того, как проявляется единичный отказ в кластерных светодиодных прожекторах: а) обычная схема из трех параллельных цепочек по 12 светодиодам (шунтирование каждого светодиода не используется); б) используется активное шунтирование каждого светодиода в цепочках

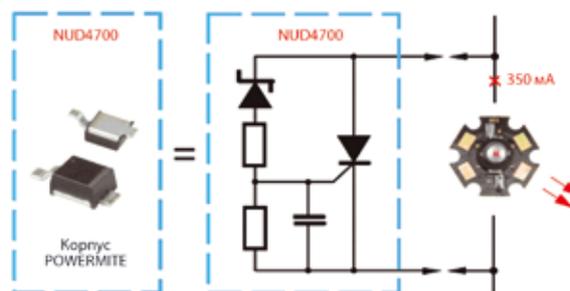


Рис. 2. Структура и применение NUD4700

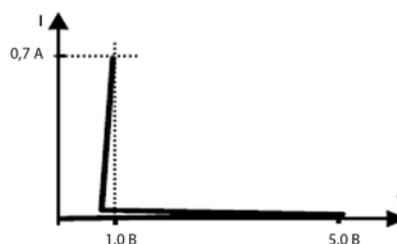


Рис. 3. Типовая вольтамперная характеристика шунта



Рис. 4. Динамическая характеристика включения NUD4700

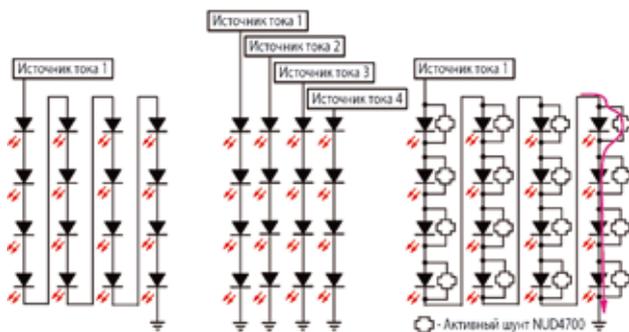


Рис. 5. Топология включения светодиодов в кластерных светодиодных осветителях и схема использования шунтов: а) низкая надежность при низкой цене схемы управления; б) средняя надежность, средняя цена управления; в) высокая надежность при разумной цене схемы управления

Прибор предназначен, в основном, для использования в цепочках 1-Вт светодиодов с током 350 мА. При этом токе корпус шунта типа Powermite способен рассеивать тепловую мощность без дополнительного радиатора. При наличии дополнительного радиатора прибор способен обеспечивать пропускание токов до 1,3 А в рабочем режиме и может использоваться для шунтирования более мощных светодиодов с рабочим током 700 мА и 1 А. Поскольку шунт включается при обрыве светодиода, его целесообразно устанавливать на том же радиаторе, что и шунтируемый светодиод. Имеется встроенная защита от перенапряжения и от тока короткого замыкания. Шунт выключается после замены светодиода и при повторном включении питания.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУНТА

Динамическая характеристика шунта представлена на рисунке 4.

Верхняя (зеленая) кривая представляет изменение тока, проходящего через систему светодиод-шунт, нижняя (красная) кривая — изменение напряжения на шунте.

В момент обрыва шунтируемого светодиода происходит уменьшение тока и скачок напряжения на выходе генератора. При обрыве сопротивление цепочки возрастает. Генератор тока резко увеличивает напряжение на выходе. Этот скачок увеличивает падение напряжения на дефектном светодиоде и, следовательно, шунте, включенном параллельно светодиоду. При достижении порогового напряжения пробоя срабатывает тиристорная схема. Ключ шунта открывается, и происходит защелкивание с образованием проводящего канала. В открытом состоянии падение напряжения на шунте составляет около 1 В. Протекающий ток определяется генератором тока. Выходное напряжение на выходе генератора тока также падает.

В документации на микросхему NUD4700 отмечается, что шунт обладает способностью отключения при внезапном самовосстановлении дефектного светодиода. На самом деле отключение шунта возможно только при снятии и повторной подаче напряжения питания с выхода генератора тока! Даже если пропавший контакт в светодиоде и восстановится, то протекающий через светодиод ток будет ничтожным, поскольку падение напряжения на нем составит всего 1 В. Соответствующий ток на ветке ВАХ светодиода составит, в лучшем случае, несколько десятков мкА. В итоге шунт не закрывается, а светодиод не станет светиться, несмотря на восстановленный контакт. После снятия напряжения шунт «забывает» предыдущее состояние, а после подачи напряжения ток начинает протекать по цепочке светодиода. При этом все шунты находятся в закрытом состоянии.

Шунты не препятствуют использованию в цепях светодиодов методов ШИМ-регулирования. Как известно, димминг с помощью регулирования постоянного тока генератора нежелателен, поскольку приводит к смещению цветового баланса белого. Шунт позволяет использовать ШИМ-регулирование с частотами до 10 кГц.

СХЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНОГО ШУНТА В СВЕТОДИОДНЫХ КЛАСТЕРАХ

Топология светодиодных кластеров определяется требуемой мощностью осветителя, источником питания и выбранным драйвером (драйверами). В осветителе может использоваться одна или несколько светодиодных последовательных цепочек мощных светодиодов (см. рис. 5). Каждая цепочка питается от отдельного генератора тока.

В частности, в качестве генераторов тока могут использоваться и микросхемы многоканальных светодиодных драйверов. С точки зрения уменьшения стоимости всего устройства в целом наиболее предпочтительным является использование схемы с одной последовательной цепочкой светодиодов и одним генератором тока (схема 5а). Однако эта схема имеет низкую надежность. При отказе одного светодиода отказывает вся система в целом.

Повысить надежность первой схемы можно с помощью компромиссного решения, показанного на рисунке 5б. 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 рисунке 5в, обеспечивает работу всей последовательной цепи при отказе любого светодиода. В этом случае ток начинает протекать в обход отказавшего светодиода через электронный шунт NUD4700. В данном случае достаточно всего одного источника тока, что снижает стоимость и упрощает монтаж. Очевидно, что третий вариант будет иметь самую высокую надежность по сравнению с двумя предыдущими при определенном увеличении стоимости системы.

В отдельных случаях можно несколько снизить стоимость варианта 5в, если вместо шунтирования каждого светодиода использовать шунтирование групп последовательных светодиодов, состоящих из двух, трех или четырех светодиодов. В этом случае надежность несколько снизится, однако стоимость уменьшится также. Этот компромиссный вариант можно предложить для менее ответственных применений, где также существенно повышение надежности. К тому же в настоящее время выпускаются многокристальные светодиодные сборки. Для увеличения световой мощности в одном корпусе и на едином теплоотводе размещается несколько кристаллов светодиодов, которые могут иметь параллельно-последовательное соединение. Прямое падение напряжения

на них, соответственно, выше и может достигать, например, 8,2...13 В. Для таких случаев требуются шунты, у которых пороговое напряжение, соответственно, выше в два, три или четыре раза. Такие шунты выпускает компания Littelfuse.

АКТИВНЫЕ ШУНТЫ СВЕТОДИОДОВ ДРУГИХ ФИРМ

Патент на использование шунтов в цепочках светодиодов зарегистрирован еще в ноябре 2000 г.

К тому времени уже серийно выпускались твердотельные приборы с тиристорной структурой (Silicon Controlled Rectifier, SCR) для защиты электрических цепей приборов от перенапряжения. SCR-шунтирование используется давно в качестве структуры в элементах встроенной ESD-защиты входов-выходов микросхем от перенапряжения. На базе SCR-структур разработана также серия самостоятельных устройств защиты электронных цепей приборов от перенапряжения, например интерфейсных цепей.

Активный шунт, по сути, является защитным устройством от перенапряжения триггерного типа. Принцип шунтирования электрических цепей был предложен и для структуры активного шунта светодиодов в кластерных светильниках. Первые электронные шунты для светодиодов были практически одновременно разработаны сразу несколькими компаниями: американскими On Semi, Littelfuse и тайванской фирмой Addtek. Микросхемы шунтов появились на рынке в 2006 г. Компания Littelfuse разработала примерно в то же время продукт LED Protector. Шунт представляет собой тиристорное устройство триггерного типа с пороговым напряжением срабатывания. Разные напряжения срабатывания триггеров шунта позволяют включать их параллельно сразу нескольким светодиодам цепочки, что несколько удешевляет схему защиты. Например, прибор PLED13 предназначен для шунтирования трех последовательных светодиодов. Однако в этом случае проявление дефектов будет

несколько существеннее, чем при поэлементном шунтировании. По сравнению с аналогами других фирм, NUD4700 фирмы ON Semi имеет ряд значительных преимуществ. Во-первых, это цена: она ниже на 50%. Во-вторых, падение напряжения на шунте равно всего 1 В при токе 1 А против 1,5...1,6 В у аналогов. Чем выше прямое падение напряжения, тем выше тепловыделение. Для NUD 4700 оно в 1,5 раза ниже. У NUD 4700 имеются и недостатки — шунты не оснащены защитой от смены полярности напряжения. Впрочем, в большинстве приложений эта функция и не требуется.

ВЫВОДЫ

В целом, шунты позволяют увеличить надежность светодиодных источников света и способствуют их продвижению на рынке источников света, усиливая позиции по сравнению с люминесцентными лампами и лампами накаливания.

Цена шунта невысокая — около 12 центов за 1 шт. Стоимость устройства, безусловно, возрастает, но это обоснованная плата за повышение его надежности и сокращение расходов на обслуживание светильников в труднодоступных местах.

Основной сектор применения шунтов — ответственные приложения, в которых требуется высокая надежность светодиодного источника света. К ним можно отнести, например, светодиодные фонари на мостах, высотных зданиях, мачтах стадионов. Прибор также можно использовать для других приложений, где требуется сохранять и восстанавливать непрерывность тока в цепочках последовательно включенных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. R. Avery. *Using SCRs as Transient Protection Structures in Integrated Circuits*. EOS/ESD 1983. P. 177.
2. NUD4700 datasheet/OnSemi.



ON Semiconductor®

Enabling Energy Efficient Solutions

Светодиодный шунт NUD4700

- Простейшее устройство – всего два вывода
- Надежная защита от перегорания светодиода в цепи
- Автоматическое отключение при восстановлении светодиода



Анод
Control Circuit
Катод

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

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



Компэл
www.compel.ru