

Павел Ильин, Андрей Соколов (КОМПЭЛ)

РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДЛЯ УЛИЧНОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В статье рассмотрен пример построения однокаскадного источника питания для уличных светодиодных светильников общего назначения. Этот импульсный преобразователь напряжения, построенный по топологии SEPIC на базе микросхемы UCC28810 компании Texas Instruments, предназначен для применения в составе уличного светильника. Его максимальная выходная мощность около 80 Вт. Он вырабатывает стабильный выходной ток 350 мА и питается от сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В.

В данном материале описан один из возможных подходов к вопросу питания светодиодных источников света общего назначения. Источник такого типа часто называют светодиодной лампой или светодиодным светильником.

К такому источнику предъявляется ряд требований. Чаще других применяют следующие: непосредственное питание светодиодов, минимальная себестоимость источника, совместимость с питающими сетями, защита от аварийных режимов работы. Данный список может быть расширен, однако, перечисленные требования применимы в большинстве случаев. Рассмотрим эти требования подробнее.

Непосредственное питание светодиодов. Для источника питания полезной нагрузкой является массив светодиодов. Как известно, светодиоды обладают относительно низким дифференциальным сопротивлением, или, как

иногда говорят, жесткой вольтамперной характеристикой. Питая их рекомендуется от источника постоянного тока. Ток должен быть стабилен, и источник должен иметь соответствующую максимальную мощность или максимальное выходное напряжение. Такой источник может питать светодиоды при непосредственном подключении без применения какого-либо пассивного, активного или реактивного балласта.

Минимальная себестоимость источника. Это требование очевидно. Отметим, что одной из слабых сторон современных светодиодных светильников является их относительно высокая себестоимость, поэтому, производители стремятся снизить ее всеми доступными средствами, в том числе, снижая стоимость источника питания.

Совместимость с питающими сетями. Как известно, имеющиеся электрические сети наиболее эффективны при использовании с резистивной

нагрузкой. Например, электронагревательные приборы, лампы накаливания. Другие типы нагрузки, такие как электронное оборудование, газоразрядные лампы, требуют применения специальных источников питания. Одной из основных характеристик источника, наравне с максимальной выходной мощностью и КПД, является коэффициент мощности. Фактически этот коэффициент показывает степень подобия потребителя обычному резистору с точки зрения поставщика электроэнергии. Коэффициент мощности, равный единице, означает, что поставщик энергии не отличит данного потребителя от обычной резистивной нагрузки, например, лампы накаливания.

Защита от аварийных режимов. Такое требование применимо практически к любым источникам питания. Однако в нашем случае оно имеет определенную специфику. Обычно предполагается, что источник питания может работать на холостом ходу и на нагрузку до максимального допустимого тока включительно. Источник надо защищать теми или иными средствами от работы на низкоомную нагрузку и от работы на короткое замыкание. Особенность источника с токовым выходом состоит в том, что он может работать относительно безболезненно на короткое замыкание и на нагрузку с импедансом до максимального допустимого значения. От работы на высокоомную нагрузку и от обрыва нагрузки такой источник также надо защищать. Действительно, источник тока с обрывом в цепи нагрузки должен выработать бесконечно большую мощность, чтобы поддерживать заданный ток при неограниченно высоком напряжении на выходе. Что, очевидно, невозможно и приведет к той или иной аварии в системе питания, если только не применены специальные средства защиты, ограничивающие выходное напряжение источника и, следовательно, его мощность в аварийном режиме.

Топология источника питания

Как обычно, при построении источника питания одной из первых решается задача выбора архитектуры устройства.

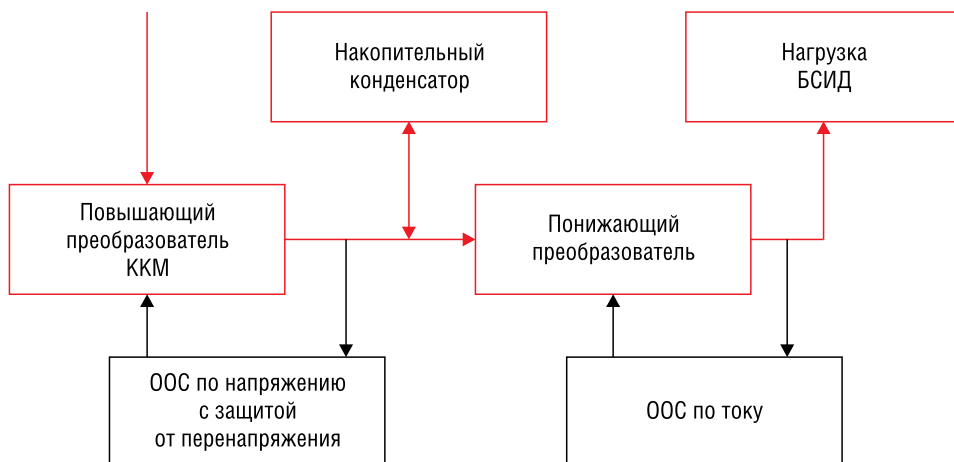


Рис. 1. Структура двухкаскадного преобразователя

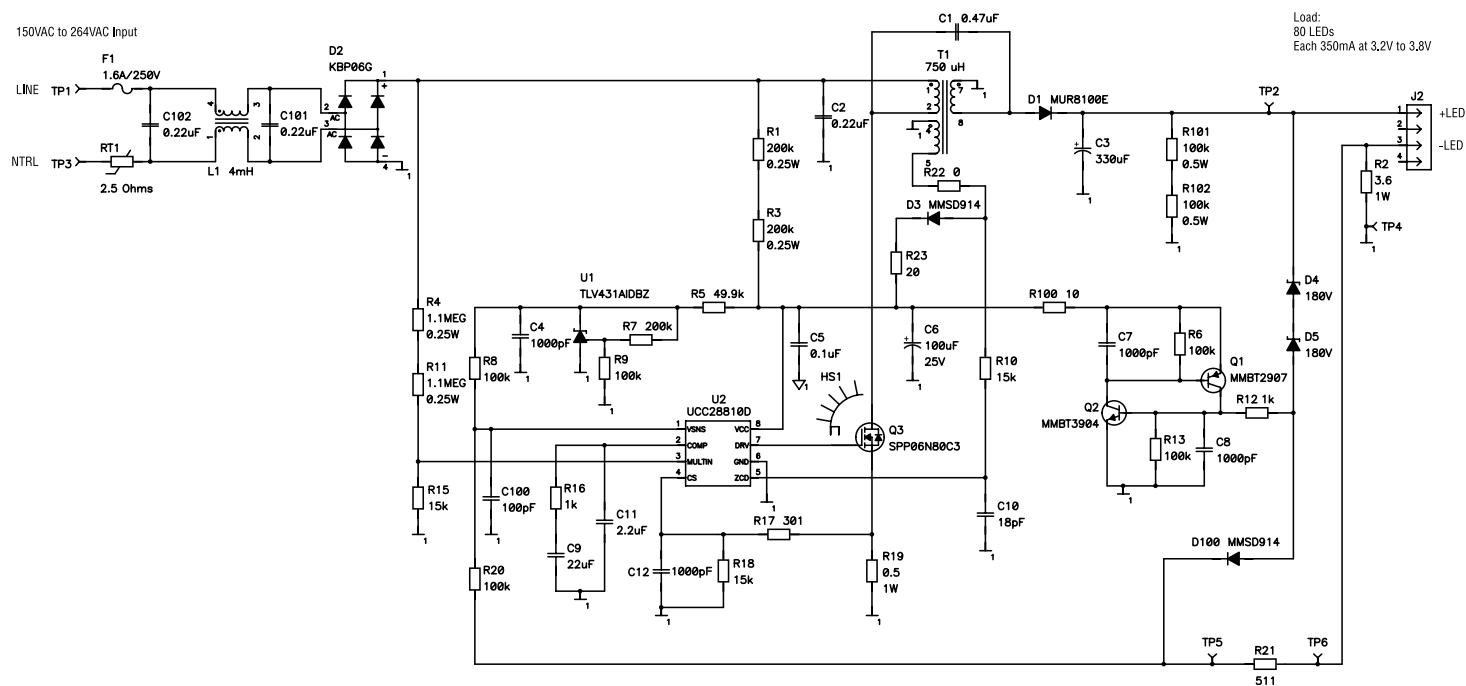


Рис. 2. Электрическая схема источника питания для уличного светодиодного светильника

Поскольку перед разработчиком стоит сразу несколько задач, логично выбрать архитектуру с несколькими этапами преобразования энергии и распределить решаемые задачи по отдельным каскадам. Один из наиболее распространенных подходов предполагает использование двух силовых контуров (рис. 1).

Первый силовой контур обеспечивает повышение напряжения выше мгновенного входного напряжения, при этом на него возложена функция корректора коэффициента мощности (ККМ). ККМ охвачен отрицательной обратной связью (ООС) по напряжению. Дополнительно реализована защита от перенапряжения, которая отключает повышающий преобразователь, если напряжение на его выходе достигло максимального разрешен-

ного уровня. Напряжение после ККМ фильтруется на главном и практически единственном накопительном конденсаторе большой емкости. Далее высокое постоянное напряжение подается на понижающий преобразователь. Особенность этого преобразователя — его обратная связь. Благодаря ООС по току, а не по напряжению, как в большинстве преобразователей, он стабилизирует на своем выходе именно ток, которым питаются светодиоды.

Такая архитектура двухкаскадного источника питания с корректором коэффициента мощности и токовым выходом хорошо известна, часто и успешно применяется. При ряде положительных свойств она обладает относительной сложностью, так как содержит два силовых каскада. Вторым ее недостатком — относительно низкий КПД, так при типичном КПД каждого каскада 90% результирующий КПД устройства составит только 81%, что не всегда приемлемо.

Альтернативную архитектуру однокаскадного корректора коэффициента мощности с токовым выходом рассмотрим на практическом примере.

Пример построения источника питания для светодиодных светильников общего назначения

Рассмотрим источник питания для уличного светодиодного светильника на примере проекта **RMP3976**. Принципиальная схема источника приведена на рисунке 2.

Как следует из названия, этот источник питания предназначен для применения в составе уличного светильника. Его максимальная выходная мощность около 80 Вт. Он вырабатывает стабильный выходной ток 350 мА и питается от сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В. Как видно из схемы, это импульсный преобразователь напряжения, он построен по топологии SEPIC и, следовательно, не имеет гальванической изоляции между входом и выходом. Это вполне допустимо для уличных светильников, но требует исключительной осторожности при лабораторных испытаниях. Несмотря на очевидную простоту схемы, данный источник содержит корректор коэффициента мощности. Его работа видна на рисунке 3, где представлены следующие эпюры: входное синусоидальное напря-

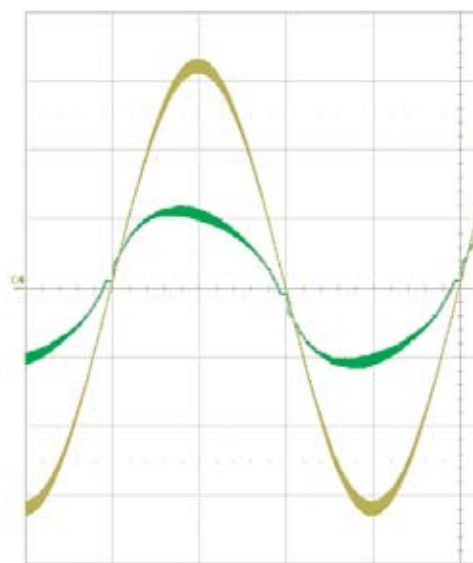


Рис. 3. Входное напряжение и потребляемый ток

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований

Ток нагрузки, А	Выходное напряжение, В	Входное напряжение, В	Коэффициент мощности,	КПД, %
0,349	245,5	150,4	0,983	89,7
0,349	245,5	202,6	0,979	91,3
0,350	245,5	248,4	0,969	89,4
0,350	245,5	265,7	0,962	88,9

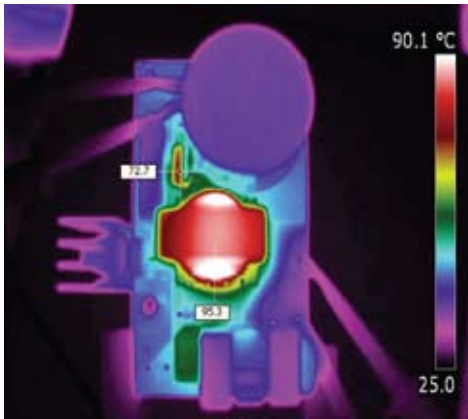


Рис. 4. Термофотография действующего макета источника питания

жение питания источника и почти синусоидальный потребляемый ток.

Как видно из рисунка, форма тока несколько отличается от идеальной синусоиды, поэтому коэффициент мощности меньше единицы, что, впрочем, характерно для любого реального корректора коэффициента мощности. В таблице 1 приведены результаты лабораторных испытаний, которые проводились в диапазоне входных напряжений и при фиксированной нагрузке.

Из этих измерений следует, что коэффициент мощности всегда выше 90% и, следовательно, удовлетворяет самым строгим европейским требованиям. При этом КПД преобразователя в целом невелик и колеблется около 90%. Это обусловлено применением относительно малогабаритного импульсного трансформатора, который работает в тяжелом температурном режиме и рассеивает значительную мощность. Это видно на приведенной ниже термофотографии действующей платы макета преобразователя (рис. 4).

Если позволяют требования к размеру преобразователя, то для облегчения температурного режима источника и повышения его КПД можно применить импульсный трансформатор большего габарита.

Внешний вид источника приведен на рисунке 5.

Как уже упоминалось ранее, этот источник построен с применением корректора коэффициента мощности. Поэтому после выпрямительного моста не установлен электролитический конденсатор большой емкости. Фильтрация помех с удвоенной частотой сети происходит во вторичной цепи благодаря конденсатору преобразователя с относительно большой емкостью, подключенному непосредственно к выходу. Этот конденсатор хорошо виден на фотографии макета преобразователя. Габариты и емкость этого элемента достаточно велики, что снижает удельную нагрузку на



Рис. 5. Внешний вид источника питания

него. Как видно на термофотографии, он практически не рассеивает активной мощности, что продлевает его срок службы.

Такой способ фильтрации не является идеальным и на выходе устройства присутствуют пульсации тока с удвоенной частотой сети, что видно на рисунке 6.

Величина этих пульсаций составляет около $\pm 8\%$ от постоянной составляющей выходного тока, что следует признать приемлемым значением для большинства применений.

Дополнительно отметим, что данный источник оборудован схемой защиты, построенной на транзисторах Q1 и Q2. Эта схема распознает повышенное напряжение на выходе преобразователя, которое может возникнуть, например, при обрыве или отключении нагрузки. Далее происходит принудительное выключение преобразователя и его последующий перезапуск. Поскольку перезапуск преобразователя происходит достаточно медленно и занимает несколько секунд, у выходного конденсатора есть время, чтобы частично разрядиться через резистивную нагрузку холостого хода.

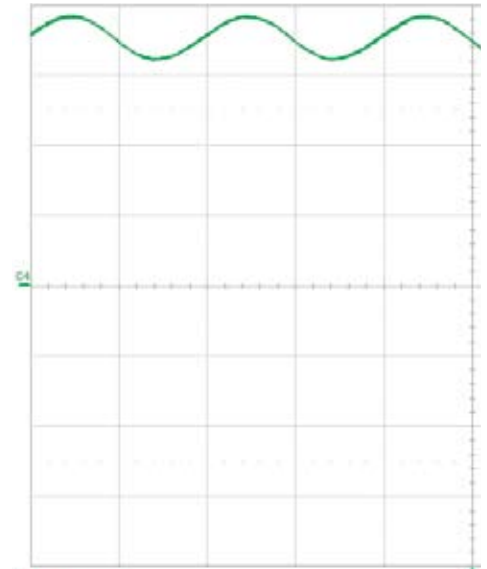


Рис. 6. Пульсации выходного тока

Заключение

В этой статье показан лишь один пример построения источника питания — для уличного светодиодного светильника, хотя область применения контроллера UCC28810 значительно шире. В частности, его также можно использовать при построении источников питания светодиодных ламп для освещения жилых и коммерческих помещений, архитектурной подсветки и инфраструктурного освещения.

Использование оценочных модулей UCC28810EVM-002 и UCC28810EVM-001, реализующих изолированный сетевой источник питания с ККМ на 100 Вт и изолированный сетевой источник тока с ККМ и функцией димминга на 25 Вт, соответственно, может значительно сократить сроки разработки подобных устройств.

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

TEXAS INSTRUMENTS
Контроллер сверхъярких светодиодов
UCC28810

Особенности:

- Встроенная функция коррекции мощности
- Быстрое время реакции в петле обратной связи
- Интерфейс для управления яркостью
- Встроенный опорный источник тока
- Защиты UVLO, OVP, разрыва обратной связи
- Малый ток запуска и потребления