

Дмитрий Тарасов | Сергей Титков

Источник питания светодиодного светильника мощностью 5–25 Вт с индуктивно-емкостной гальванической развязкой

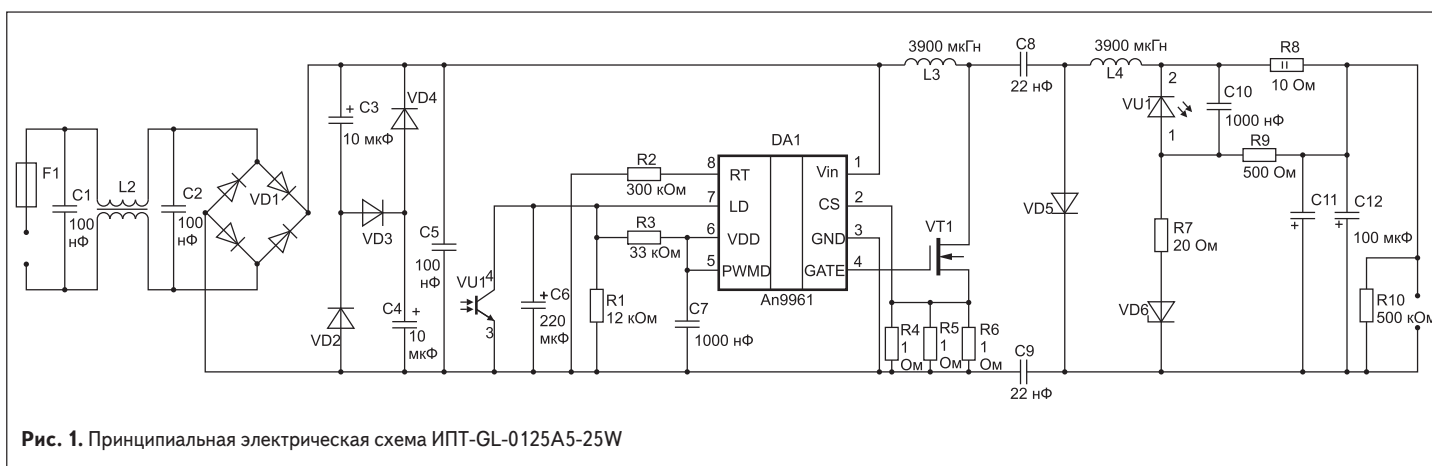


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема ИПТ-GL-0125A5-25W

Российская компания Good Luck приступила к производству линейки бюджетных источников питания (ИП) для светодиодных светильников на основе контроллера An9961 с пассивным корректором мощности в диапазоне 5–25 Вт и активным в диапазоне мощностей 25–45 Вт. В источниках питания используется запатентованная и продвигаемая компанией индуктивно-емкостная гальваническая развязка [2, 3], основным элементом которой являются полипропиленовые Y-конденсаторы.

Принципиальная электрическая схема ИП для светодиодных светильников ИПТ-GL-012A5-25W мощностью 5–25 Вт с выходным током 0,12 А показана на рис. 1.

ИП имеет следующие характеристики:

- выходной ток 0,12 А;
- диапазон выходных напряжений 40–210 В;
- коэффициент пульсаций по току (100 Гц) от 0,5% при мощности 25 Вт до 1,1% при мощности 5 Вт;
- КПД от 70% при мощности 5 Вт до 90% при мощности 25 Вт.

В описываемом источнике питания отбор мощности в выходную цепь осуществляется через разделительные конденсаторы C8, C9 емкостью 22 нФ класса Y2. Алгоритм работы схемы поясняет рис. 2.

При замыкании ключа происходит накопление энергии в индуктивности L3, при размыкании

энергия, накопленная в индуктивности L3, расходуется на заряд конденсаторов C8–C9. При последующих замыканиях ключа происходит накопление энергии в индуктивности L3 и разряд конденсаторов C8–C9 через нагрузку и индуктивность L4. При последующих размыканиях ключа энергия, накопленная в индуктивности L3, расходуется на заряд конденсаторов C8–C9, а энергия, накопленная в индуктивности L4, — на поддержание тока в нагрузке. При таком построении выходной цепи отсутствует необходимость в применении снаббера, что повышает КПД источника питания. Прямая утечка для сетевого тока через суммарную

емкость C8–C9 44 нФ при контакте выходной цепи с «землей» составляет около 3 мА.

Драйвер An9961 представляет собой микросхему стабилизатора — регулятора тока для светодиодов с ШИМ-преобразователем. Первоначально драйвер проектировался только для неизолированных источников питания [1], но наличие нескольких управляющих выводов позволяет разрабатывать на его основе изолированные источники питания с контролем выходного тока, выходного напряжения и выходной мощности. Функциональная схема драйвера An9961 показана на рис. 3.

Напряжение питания драйвера An9961 12–450 В — вывод VIN. Напряжение внутреннего источника 7,5 В — вывод VDD. Драйвер имеет вход ШИМ-регулятора (PWMD), вход линейного димминга (LD), вход для определения тока полевого транзистора с помощью внешнего токочувствительного резистора (CS), вход для подключения резистора, позволяющего программировать время выключенного состояния (RT) и выход для управления N-канальным МОП-транзистором большой мощности (GATE). При низком напряжении на входе PWMD выход GATE отключен, при напряжении на входе PWMD более 2,2 В драйвер переходит в рабочий режим. При повышении напряжения на входе CS более 0,45 В драйвер переходит в выключенное состояние на время 650 мкс. Ток управляемого транзистора изменяется внешним токочувствительным резистором или напря-

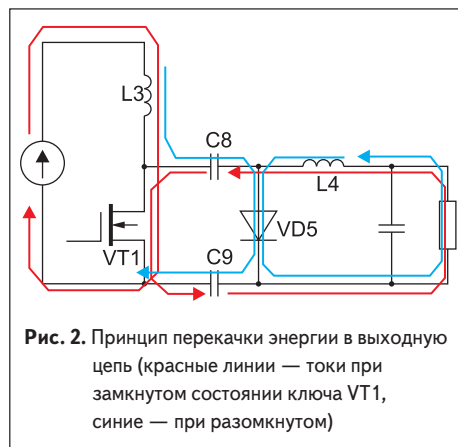


Рис. 2. Принцип перекачки энергии в выходную цепь (красные линии — токи при замкнутом состоянии ключа VT1, синие — при разомкнутом)

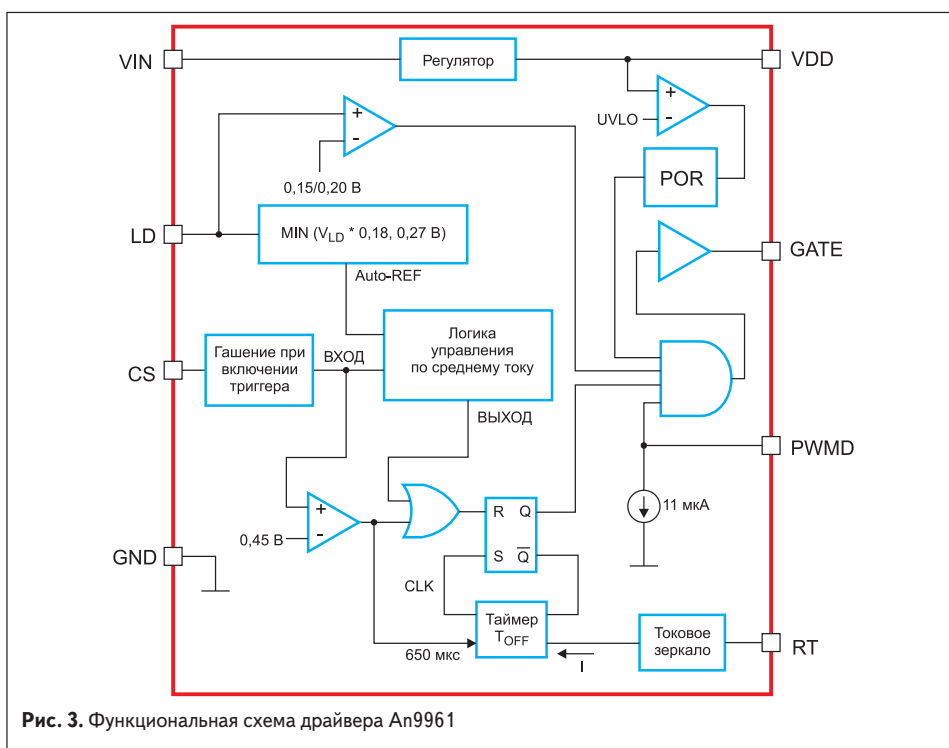


Рис. 3. Функциональная схема драйвера An9961

жением на входе линейного диммига LD. При напряжении на входе LD меньше 150 мВ выход GATE отключается, при напряжении на входе LD более 1,5 В ток управляемого транзистора определяется токочувствительным резистором, при напряжении на входе LD 0,15–1,5 В ток управляемого транзистора определяется как токочувствительным резистором, так и напряжением на входе LD [2]. Кроме того, предусмо-

трена защита драйвера от перегрева и защита полевого транзистора при коротком замыкании на выходе. Драйвер An9961 является аналогом драйвера HV9861 компании Supertex, но имеет больший выходной ток.

Стабилизация выходного тока осуществляется изменением напряжения на входе линейного диммига драйвера (вывод LD An9961 на рис. 1) при помощи оптопары VU1, на вход которой

поступает напряжение с токозадающего резистора R8. При нагрузке 25 Вт на выводе LD около 1 В, при нагрузке 5 Вт около 0,3 В. Грубая установка выходного тока осуществляется резистором R8, точная — R9. При снижении сопротивления резистора R8 выходной ток повышается — например, при сопротивлении R8 3 Ом ток ИП составляет около 0,35 А. Максимальный ток управляемого транзистора устанавливается токочувствительными резисторами R4–R6. Стабилитрон VD6 переводит ИП в режим низкого энергопотребления в случае отсутствия на его выходе нагрузки. Напряжение его стабилизации определяется максимальной мощностью источника питания (25 Вт) и выходным током (при выходном токе 0,12 А оно должно быть равным или немного большим 208 В). Ток через стабилитрон (и, соответственно, через оптопару) при его пробое приводит к разряду конденсатора С6, падению напряжения на входе LD драйвера ниже 0,15 В и включению драйвера. После выключения драйвера конденсатор С6 заряжается через резистор R3, что приводит к кратковременному включению драйвера. Осциллограмма напряжения на стоке транзистора VT1 при отсутствии на выходе ИП нагрузки показана на рис. 4.

Так как, согласно [4], значение коэффициента мощности для светодиодных светильников мощностью 5–25 Вт должно быть не менее 0,7, в схеме используется пассивный корректор мощности на элементах VD2–4, С3–4, обеспечивающий для описываемого источника коэффициент мощности от 0,8 при нагрузке 5 Вт до 0,94 при нагрузке 25 Вт. Напряжение на конденсаторе С5 ввиду работы пассивного корректора имеет форму, иллюстрируемую осциллограммой рис. 5.

Осциллограмма напряжения на стоке транзистора VT1 при нормальной работе источника питания на нагрузку 25 Вт показана на рис. 6.

На рис. 7 показан «растянутый» фрагмент осциллограммы рис. 6, соответствующий линии А на рис. 6.

На рис. 8 показан «растянутый» фрагмент осциллограммы рис. 6, соответствующий линии В на рис. 6.

Осциллограммы на рис. 7 и 8 иллюстрируют увеличение времени открытого состояния транзистора драйвером при спадах питающего напряжения для стабилизации выходного тока ИП.

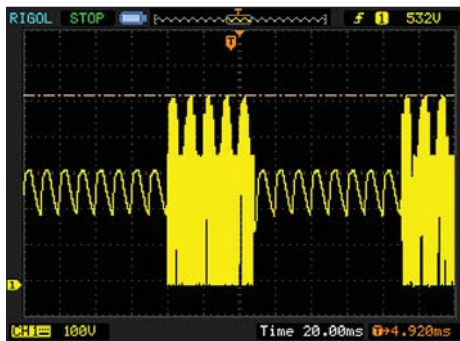


Рис. 4. Осциллограмма напряжения при отсутствии нагрузки

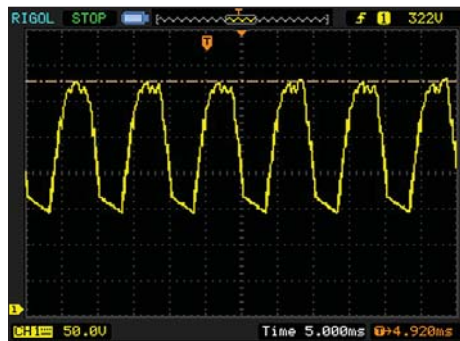


Рис. 5. Напряжение, формируемое пассивным корректором

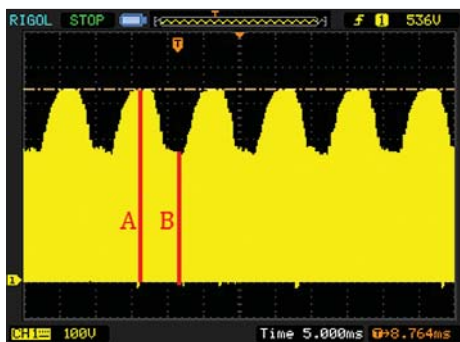


Рис. 6. Напряжение на стоке транзистора

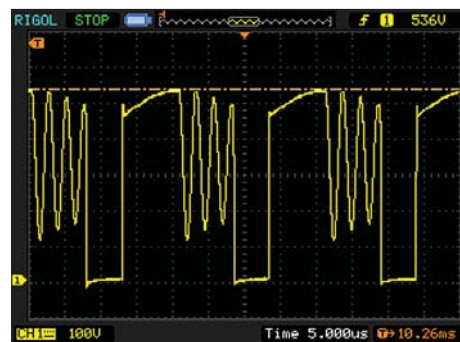


Рис. 7. Напряжение на стоке транзистора в пике питающего напряжения

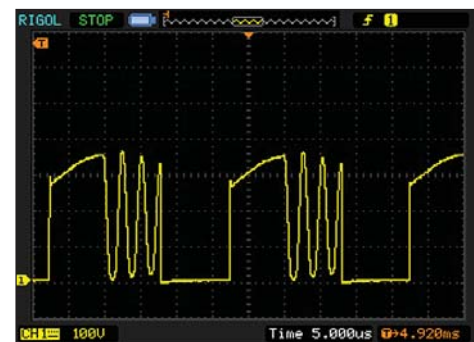


Рис. 8. Напряжение стока транзистора на спаде питающего напряжения

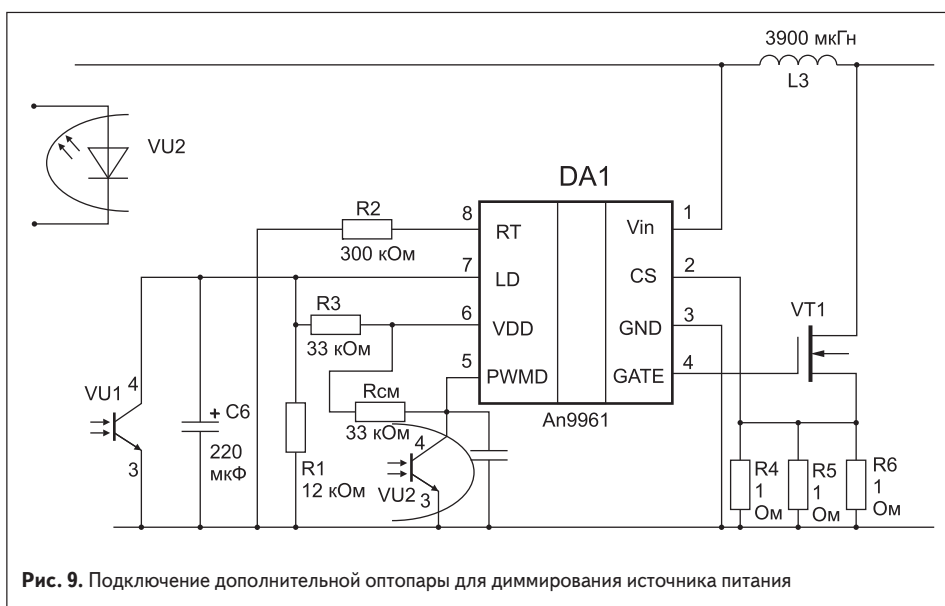


Рис. 9. Подключение дополнительной оптопары для диммирования источника питания

При нулевом сопротивлении резистора R8 оптопара VU1 не реагирует на выходной ток источника питания, управление выходным транзистором осуществляется входом CS. В таком варианте ИП является, по сути, источником мощности, значение которой устанавливается резисторами R4–R6. Например, при установленной резисторами R4–R6 выходной мощности источника 10 Вт на его нагрузку, не зависимо от ее сопротивления (в широком диапазоне значений), рассеется мощность 10 Вт (с точностью около 3%). То есть, цепочка из двадцати 0,5-Вт светодиодов или цепочка из десяти 1-Вт при подключении к такому источнику будет нормально функционировать. Компания Good Luck на выставке «Новая Электроника–2012» демонстрировала подобный ИП, нагрузкой которого была последовательная цепочка из 32-х одноваттных светодиодов Cree или цепочка из 96 светодиодов Samsung мощностью 0,5 Вт. Цепочки светодиодов подключались к источнику по очереди. В том и другом случае ИП поддерживал выходную мощность 38 Вт с точностью 3%.

При необходимости, например для питания светодиодных лент, ИП можно использовать

в режиме контроля выходного напряжения. Для этого напряжение пробоя стабилитрона VD6 должно соответствовать необходимому выходному напряжению. Ограничение мощности источника питания в этом случае осуществляется резисторами R4–R6.

В предлагаемом варианте ИП вход ШИМ-регулятора драйвера (вывод PWMD) соединен с выводом VDD и таким образом отключен. При необходимости диммирования ИП вывод драйвера PWMD следует подключить к дополнительной оптопаре VU2 (рис. 9) и подать на него напряжение смещения с выхода VDD (Rcm).

Диммирование ИП производится изменением скважности импульсов на входе оптопары. Вход PWMD необходимо шунтировать конденсатором емкостью 1000 пФ. В источнике питания использованы индуктивности L3, L4 — RCH114NP-392KB (SUMIDA).

Хотя ИП может работать и с большей, чем 25 Вт, мощностью, такой «разгон» нежелателен, так как при мощностях выше 25 Вт ужесточаются требования к электромагнитной совместимости [4], пассивный корректор мощности не обеспечивает необходимые параметры.

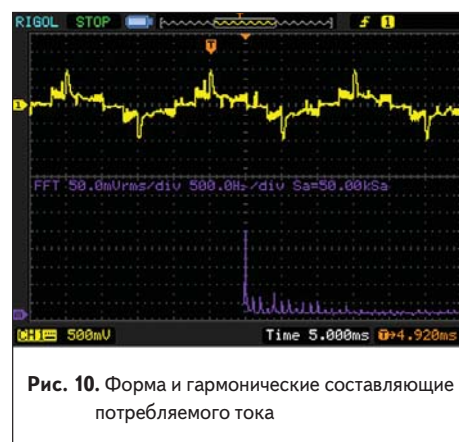


Рис. 10. Форма и гармонические составляющие потребляемого тока

Осциллограмма на рис. 10 иллюстрирует форму и гармоники потребляемого тока при мощности 25 Вт, которые еще возрастут с увеличением мощности. При мощностях более 25 Вт в составе ИП светодиодных светильников необходимо применять активные корректоры мощности.

Следует отметить, что описываемый ИП предназначен для работы с приборами класса 1, имеющими обязательное заземление металлического корпуса. В настоящее время специалисты компании Good Luck приступили к тестированию аналогичного ИП с токами утечки до 0,5 мА, который можно применять в приборах класса 0, 01, 2 и 3.

Литература

1. <http://www.supertex.com/pdf/datasheets/HV9861A.pdf>
2. Тарасов Д. Г., Титков С. И. Применение индуктивно-емкостной гальванической развязки в светодиодных драйверах // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 5.
3. Тарасов Д. Г., Титков С. И. Революционный источник питания // Современная светотехника. 2012. № 1.
4. Постановление Правительства РФ от 20 июля 2011 г. № 602 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения».