

НИКИТАНОВ К.В.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Аннотация. В статье приводится описание устройств питания для малогабаритных светодиодных источников освещения. Приводятся общие технические требования к малогабаритным светодиодным источникам освещения, а также основные электрические параметры устройств питания. Схемы электрические принципиальные и расчёт элементов схем устройства питания на основе ИМС TPS92010.

Ключевые слова: устройство питания, малогабаритный светодиодный источник освещения, диммер, корректор фазы, гальваническая изоляция нагрузки.

NIKITANOV K.V.

HIGH-PERFORMANCE DRIVERS FOR LEDS

Abstract. The article provides a manual of drivers for compact LEDs. Particularly, the author considers LEDs' general technical specifications as well as drivers' electrical characteristics. The article also includes electrical circuit schemes and a calculation of the circuit elements of LED drivers based on IC TPS92010.

Key words: driver, LED, dimmer, valley-fill circuit, loading isol.

Сегментация сфер применения светодиодов в освещении по диапазону используемых мощностей и специфике приложений используется многими компаниями, в том числе и компанией Texas Instruments (TI), для классификации своих решений в области питания светодиодов. Эта классификация не включает в себя некоторые специальные применения - такие, как медицинская техника, портативные устройства и транспортная светотехника, которые требуют отдельного рассмотрения.

Отметим для каждого сегмента характерные особенности, которые нужно учитывать при разработке драйвера - так, например, в приложениях внутреннего освещения в частном секторе чаще всего речь идет о компактных светильниках с небольшими мощностями (до 25 Вт) и световым потоком до 3000 лм. Сегмент коммерческого освещения характеризуется диапазоном мощностей 15...75 Вт и световым потоком до 10000 лм.

Уличное и промышленное освещение требует наиболее мощных светильников (до 250 Вт), обеспечивающих световые потоки порядка 2500...30000 лм, в зависимости от типа светильника.

Также есть ряд критериев, необходимых почти во всех применениях:

- невысокая стоимость драйвера при серийном производстве;

- высокая электрическая эффективность (потери в драйвере приведут к увеличению размеров устройства и снизят экономичность светильника);

- надежность (в большинстве случаев светодиодная техника позиционируется как необслуживаемая);

- корректор коэффициента мощности (ККМ) (в соответствии с действующими стандартами).

Следует также учитывать достаточно большой номенклатурный диапазон светодиодных светильников, предназначенных для прямой замены ламп накаливания и компактных люминесцентных ламп, то есть так называемые светодиодные лампы с цоколем E27. Такая светодиодная лампа вкручивается в стандартный патрон лампы накаливания [1, с.25-32].

Семейства драйверов, предлагаемых TI, позволяют решать достаточно широкий спектр задач, возникающих при проектировании светодиодной техники: от портативной техники до уличного прожекторного освещения.

В данной статье представлен вариант разработки малогабаритного устройства питания (УП) светодиодов с применением ИМС TPS92010 фирмы Texas Instruments. Устройство питания ориентировано на те области применения, которые будут востребованы в актуальных для российского рынка областях применения и помогут полностью раскрыть потенциал светодиодов как перспективных источников света.

При разработке малогабаритного УП светодиодов, включая светодиодные лампы возникает проблема отвода тепла, выделяющегося в малом объеме, так как перегрев светодиодов нежелателен. Источником тепла в светодиодном светильнике, кроме самих светодиодов является устройство питания. К УП предъявляются жесткие требования [2, с.18-21]:

- гальваническая изоляция светодиодов от сети,
- высокий КПД,
- малые габариты, обеспечивающие возможность встраивания в корпус лампы,
- низкая себестоимость в массовом производстве.

Если светодиоды размещать на печатной плате с алюминиевым основанием, то вполне возможна реализация УП без гальванической развязки. Производители печатных плат на алюминиевом основании гарантируют электрическую прочность на уровне 1,5-3,0 кВ. Однако на практике это не всегда так. В этой связи, предпочтение следует отдавать УП с гальванической изоляцией, но и не следует забывать об УП без гальванической развязки, если обеспечивается необходимый уровень электрической прочности материала.

Исходя из общих требований к УП для светодиодных светильников, а также учитывая особенности их применения сферах жилищно-коммунального хозяйства, быта, промышленных предприятий технические требования к устройствам питания светодиодных ламп можно представить следующим образом:

- рабочий диапазон напряжения питания: 90-260 В (переменное);
- световой поток: 400 лм, 800 лм, 1200 лм;
- ток питания светодиодов: 325-350 мА.

Принципиальная электрическая схема УП на основе ИМС TPS92010, выполненного согласно схмотехнике понижающего преобразователя с гальванической изоляцией нагрузки представлена на рисунке 1. Рассмотрим ключевые моменты схмотехники данного решения. Это УП построено по стандартной обратноточковой (flyback) схеме, наиболее эффективной в низком диапазоне мощностей. Использование одного трансформатора, высоковольтного (500...600 В) MOSFET-транзистора и одного диода на выходе является в данном применении относительно недорогой конфигурацией. Входной фильтр базируется на стандартном дросселе и двух конденсаторах, обеспечивая разработку соответствие классу «В» по электромагнитной совместимости в соответствии с стандартом FCC. Ток нагрузки измеряется на резисторе R17, уровень усиливается усилителем на микросхеме DA1 и подается на вывод 3 микросхемы TPS92010 через оптопару. В соответствии с этим сигналом контроллер TPS92010 осуществляет управление работой транзистора VT1. Цепь контроля димминга [3, с.26-32] состоит из двух частей: триггер (транзисторы VT2, VT3), детектирующий диммирование во входной цепи, и усилитель (VT4), корректирующий отпирающее напряжение для уменьшения тока через светодиоды при работе диммера.

С учётом специфики работы импульсных источников питания с ШИМ [4, с.211-220], произведён расчёт режима работы ИМС TPS92010 [5, 6], а также ряда её внешних навесных компонентов.

В качестве исходных данных для расчёта светодиодной лампы, выберем следующие:

- 1) диапазон напряжения питания: 100 – 265 В (переменное),
- 2) число последовательно включенных светодиодов: 7,
- 3) прямое падение напряжения на одном светодиоде: 3,6 В,
- 4) полное падение напряжения на светодиодах: $U_{LED}=7 \times 3,6=25,2$ В.

Начальный режим работы ИМС TPS92010:

- номинальная частота работы ШИМ: $f_{sw}=130$ кГц,
- номинальный рабочий ток светодиодов: $I_{LED(AVE)}=325$ мА,
- изменение тока светодиодов при изменении напряжения питания (обычно от 15 % до 30 % относительно $I_{LED(AVE)}$): $\Delta i=0,3 \times 325=96$ мА,

- минимальное значение КПД: 80 %.

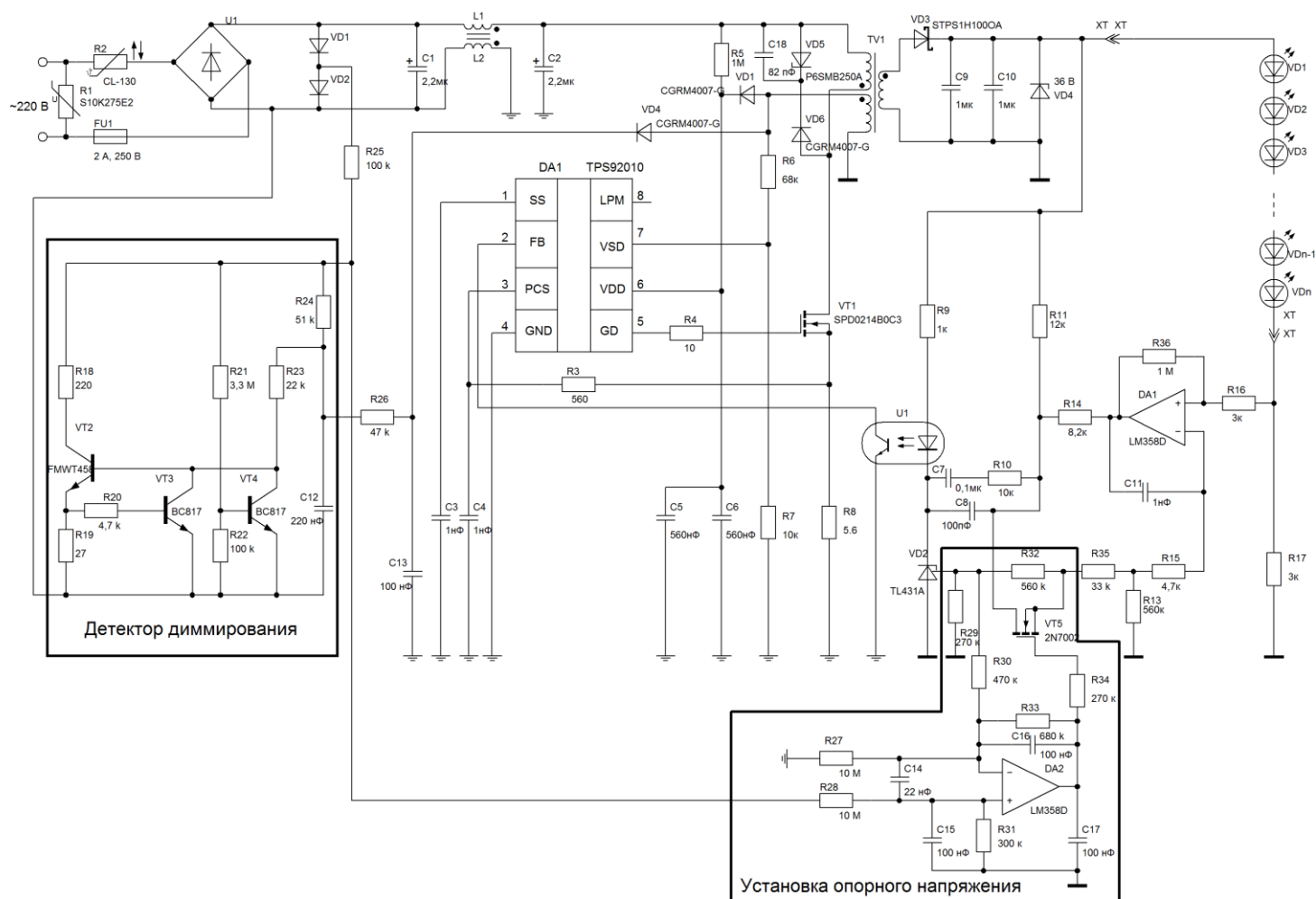


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная УП светодиодов с гальванической изоляцией нагрузки

Коэффициент заполнения импульсного выходного сигнала ШИМ:

$$D = \frac{U_{LED}}{U_{IN}} = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + T_{OFF}} = t_{ON} \cdot f_{SW}, \quad (1)$$

где - U_{LED} – полное падение напряжения на светодиодах (25,2 В),

- U_{IN} – напряжение питания светодиодов (сформированное AC-DC преобразователем),
- t_{ON} – время включенного состояния транзистора VT1,
- t_{OFF} – время выключенного состояния транзистора VT1,
- f_{SW} – частота ШИМ.

С учётом КПД, коэффициент заполнения можно выразить следующим образом:

$$D = \frac{U_{LED}}{U_{IN}} \cdot \frac{1}{\eta}, \quad (2)$$

где η – КПД.

На основании принципиальной электрической схемы, приведённой на рис. 1 была разработана и изготовлена экспериментальная печатная плата УП для светодиодов. Форма и размеры печатной платы выбраны исходя из размеров корпуса светодиодной лампы с цоколем E27. Для светодиодов была изготовлена печатная плата (светодиодный кластер) для размещения семи светодиодов. В дальнейшем был произведён эксперимент, в котором светодиодная лампа подключалась к питающей сети, напряжением 220 В.

Разработка топологии печатной платы УП для светодиодной лампы проводилась в свободно распространяемой САПР Sprint-Layout 5.0.

Изготовление печатной платы проводилась на основе двустороннего фольгированного текстолита типа FR-35.

Топология печатной платы – двусторонняя.

Размер печатной платы – 60 x 20 мм (широкая часть для корпуса) плюс 20 x 15 мм для цоколя (таким образом, общая длина платы УП – 80 мм).

Использованы элементы для поверхностного монтажа (чип-элементы), а также элементы для навесного монтажа.

Высота навесных компонентов не превышает 10 мм. Такое конструктивное исполнение целесообразно, так как плата УП должна располагаться внутри корпуса лампы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромадина И. Драйверы светодиодов серии NCL30xxx от ON Semiconductor // Современная светотехника. – 2011. - № 2 (09). - С. 25-32.
2. Миронов С. Особенности построения источников питания для светодиодного оборудования // Современная светотехника. – 2011. - № 2 (09). - С. 18-21
3. Терехов Г. Димминг – способ эффективного энергосбережения или источник реальных проблем? // Современная светотехника. – 2011. - № 2 (09). - С. 26-32.
4. Маниктала С. Импульсные источники питания от А до Z: Пер. с англ. – К.: «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-БЕК», 2008. – 256 с.
5. Техническая информация по ИМС TPS92010. Электронный ресурс. Режим доступа: www.ti.com/lit/ug/sl00430c/sl00430c.pdf/ Using the TPS92010EVM-631.
6. TI E2E™ Community. Электронный ресурс. - Режим доступа: http://e2e.ti.com/blogs_/b/smartgrid/archive/2010/06/04/ti-s-update-led-reference-design-cookbook-13-new-designs.aspx/ LED Reference Design.