

Светодиодные драйверы, построенные на микросхеме HT7L4811 компании HOLTEK

Тайваньская компания Holtek Semiconductor Inc. выпустила микросхему HT7L4811 AC/DC-преобразователя напряжения, на базе которой строятся светодиодные драйверы освещения, имеющие высокий коэффициент мощности и высокую стабильность выходного тока. Драйверы предназначены для таких приложений, как светодиодные трубки и лампы бытового, офисного и промышленного освещения.



Микросхема HT7L4811 [1] представляет собой неизолированный понижающий ШИМ-контроллер питания светодиодов, обеспечивающий (как и в рассмотренной ранее микросхеме HT7L5600 [2]) высокий коэффициент мощности, регулирование которой осуществляется путем управления внешним силовым МОП-транзистором (MOSFET).

Чрезвычайно низкий ток в состоянии покоя и малый пусковой ток уменьшают рассеивание мощности и снижают общее потребление энергии конечного изделия, что обеспечивает высокую эффективность использования прибора в различных приложениях.

Устройство имеет полностью интегрированную активную схему коррекции фактора мощности PFC (Power Factor Correction), которая, с целью достижения высоких значений коэффициента мощности, работает в режиме граничной проводимости BCM (Boundary Conduction Mode).

Высокий уровень функциональной интеграции минимизирует количество внешних компонентов, что дает значительные преимущества с точки зрения стоимости и площади печатной платы.

Применение в драйверах питания светодиодов микросхемы HT7L4811 обеспечивает:

- использование изделий в широком диапазоне входного переменного сетевого напряжения (85–265 В);
- высокий коэффициент мощности (свыше 0,9);
- высокую точность регулирования постоянного выходного тока светодиодов (менее $\pm 3\%$);
- малое потребление рабочего тока и тока в режиме покоя;
- малый пусковой ток;
- незначительную чувствительность к изменениям температуры окружающей среды.

Микросхема HT7L4811 имеет ряд встроенных защитных функций:

- блокировку выходного напряжения драйвера;
- защиту от перенапряжения (Over Voltage Protection, OVP);
- блокировку напряжения питания VCC при пониженном напряжении (Under Voltage Lockout, UVLO);
- защиту от превышения тока, протекающего через светодиодную линейку (Over Current Protection, OCP);

- защиту от короткого замыкания в светодиодной линейке (Short Circuit Protection, SCP);
- защиту от обрывов в светодиодных линейках.

Кроме того, для обеспечения надежности системы устройство оснащено полностью интегрированной функцией тепловой защиты от перегрева (Over Temperature Protection, OTP).

Структурная схема микросхемы HT7L4811 приведена на рис. 1, а типовая схема ее включения в неизолированной топологии прямоходового понижающего преобразователя — на рис. 2.

Назначение выводов микросхемы HT7L4811 приведено в таблице 1, а их расположение на корпусе SOT-23-6, в котором она выпускается, — на рис. 3.

На выходе микросхемы (вывод DRV) формируются импульсы управления, которые подаются на затвор внешнего MOSFET. Для его защиты от перенапряжения максимальное выходное напряжение на выводе DRV ограничивается 17 В.

Микросхема обладает очень низким пусковым током I_{START} , что позволяет разработчикам выбирать большее значение

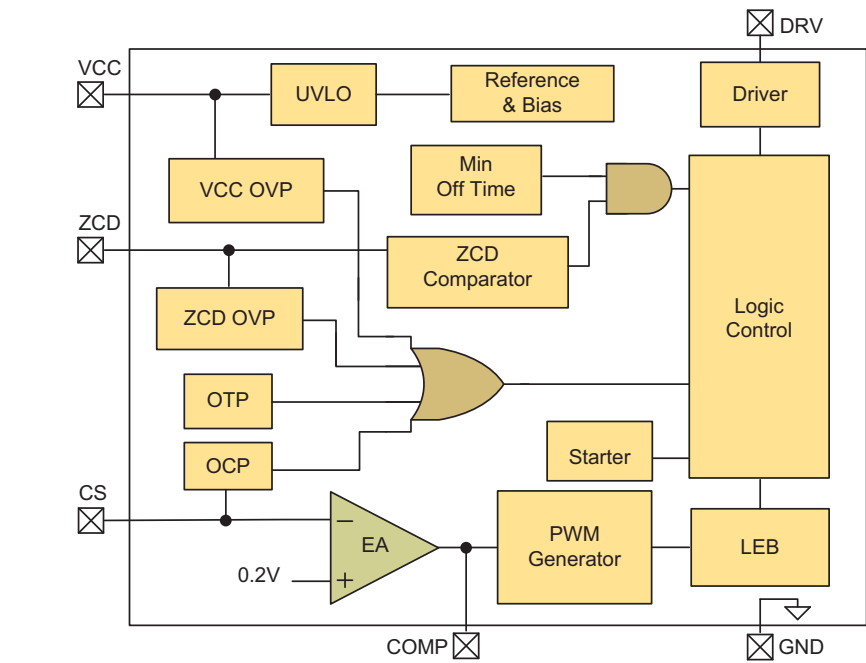


Рис. 1. Структурная схема микросхемы HT7L4811

пускового резистора, что, в свою очередь, уменьшает рассеивание мощности.

Микросхема обеспечивает предназначенную для защиты ШИМ-контроллера

Таблица 1. Назначение выводов микросхемы HT7L4811

Номер вывода	Обозначение вывода	Описание вывода
1	VCC	Напряжение питания 17-25 В
2	GND	Общий провод
3	DRV	Выход управления затвором MOSFET
4	ZCD	Вход компаратора детектора нулевого тока (Zero Current Defector), на который подается сигнал обратной связи, пропорциональный выходному напряжению драйвера
5	CS	Вывод измерения выходного тока MOSFET
6	COMP	Компенсационный вывод петли обратной связи. Между ним и выводом GND должен быть подключен конденсатор

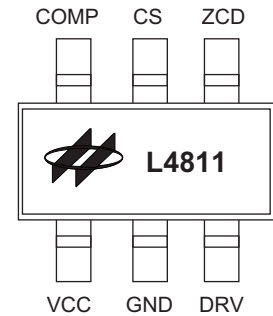


Рис. 3. Расположение выводов на корпусе SOT-23-6 (вид сверху) микросхемы HT7L4811

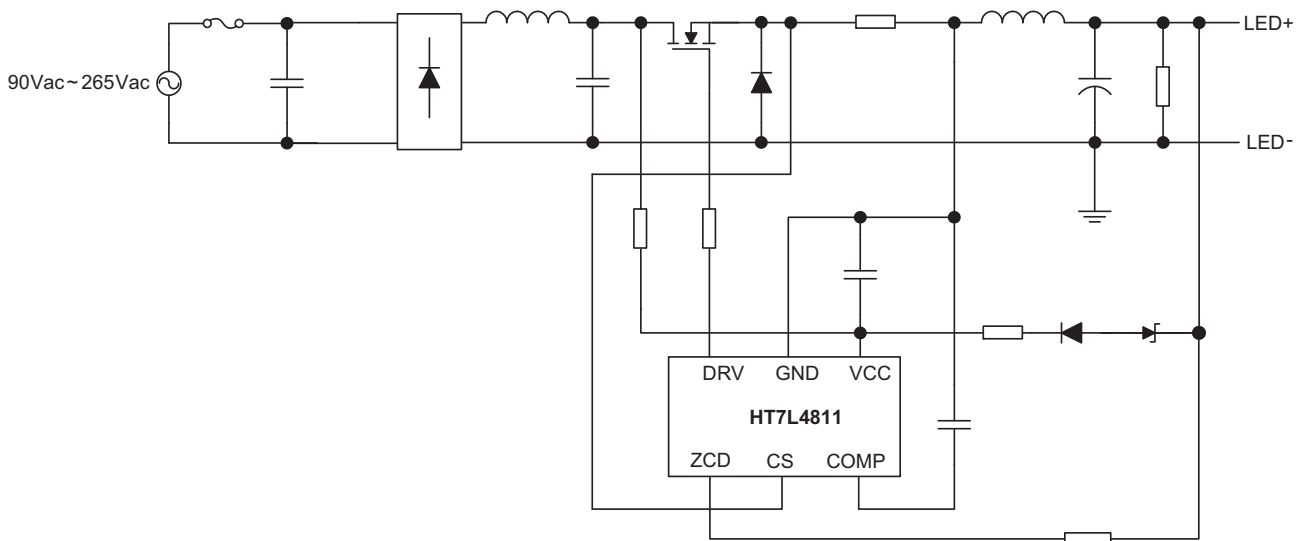


Рис. 2. Типовая схема включения микросхемы HT7L4811 в неизолированной топологии прямоходового понижающего преобразователя

функцию UVLO, которая основана на принципе гистерезиса величиной в 8 В: контроллер включается, когда напряжение на выводе VCC становится выше 18 В, и выключается, когда оно становится ниже 10 В. Гистерезисная характеристика гарантирует, что устройство может питаться от входного напряжения во время запуска, а когда оно возрастает до определенного значения после запуска, питание будет осуществляться через стабилитрон, подключенный к выводу LED+ драйвера (рис. 2). Напряжение на стабилитроне определяется по формуле:

$$V_Z = V_{LED} - V_{CC}$$

где V_{LED} — напряжение на выходе драйвера (LED+), V_{CC} — напряжение питания микросхемы на выводе VCC.

В работе контроллера используется режим граничной проводимости, при котором силовой MOSFET включается за счет детектирования (обнаружения) пересечения нулевого уровня тока, протекающего через обмотку дросселя. Ток нулевого перехода может быть обнаружен с помощью напряжения на выводе ZCD. Когда ток находится в точке пересечения нуля, напряжение на этом выводе быстро падает. Микросхема обнаруживает задний (спадающий) фронт и включает питание MOSFET. Режим BCM обеспечивает низкие коммутационные потери мощности, высокую эффективность преобразования и улучшает характеристики электромагнитной совместимости.

Напряжение на выводе ZCD при нормальной работе устройства находится в диапазоне 0–3 В. Когда это напряжение превышает 1,5 В, внутренний компаратор ZCD (рис. 1) ожидает, пока напряжение

не упадет ниже 1 В. Когда индуктивный ток оказывается в точке пересечения нуля, напряжение на выводе ZCD быстро падает, устройство тут же обнаруживает этот падающий фронт (1 В) и включает питание MOSFET. Запас напряжения величиной 0,5 В позволяет избежать любых ложных срабатываний, вызванных шумами.

Микросхема воспринимает общий индуктивный ток и формирует замкнутый контур обратной связи с внутренним усилителем ошибок EA (рис. 1) для получения высокой точности постоянного тока. Напряжение на выводе CS и внутреннее опорное напряжение 0,2 В подаются на входы этого усилителя, выход которого связан с компенсационным выводом петли обратной связи COMP и внутренним ШИМ-генератором (PWM Generator). Время включения MOSFET для регулировки выходного тока определяется напряжением на выводе COMP.

При каждом переключении внешнего MOSFET неизбежно образуется всплеск напряжения на измерительном резисторе, что могло бы привести к сбою работы драйвера. Поэтому во избежание ошибочных запусков производится гашение переднего фронта импульсов обратного хода LEB (Leading Edge Blanking) длительностью 400 нс. Поскольку в работе контроллера эта функция предусмотрена, обычная RC-фильтрация уже не требуется. Во время этого периода гашения компаратор тока отключен и поэтому не имеет возможности отключить драйвер.

Чтобы предотвратить повреждение ШИМ-контроллера, устройство включает в себя функцию защиты от перенапряжения OVP. Если напряжение на выводе VCC превысит пороговое значение напряжения OVP, равное 29 В, то контроллер немедленно прекращает работу. Когда напряжение

на выводе VCC уменьшается ниже уровня выключения UVLO, контроллер перезагружается.

Выходное напряжение на светодиодах LED+ передается на вывод ZCD через резистор (обозначим его R_{ZCD}). Когда ток через этот резистор превысит 300 мкА, произойдет защита OVP по выводу ZCD и ШИМ-контроллер немедленно прекратит работу.

Напряжение $V_{OVP-ZCD}$ можно определить, используя следующее уравнение:

$$V_{OVP-ZCD} = V_{ZCDH} + I_{OVP} \times R_{ZCD}$$

где V_{ZCDH} — верхнее граничное напряжение 3 В на выводе ZCD; I_{OVP} — ток OVP, протекающий через вывод ZCD и равный 300 мкА; R_{ZCD} — сопротивление резистора, подключенного между выводом ZCD и положительным напряжением питания светодиодов LED+.

Микросхема включает в себя и функцию защиты от перегрузки по току, которая обеспечивается через вывод CS. Внутренние узлы анализируют уровень тока, и когда он оказывается больше порогового уровня защиты по току OCP, вывод DRV будет оставаться на низком уровне.

Выходное напряжение падает, когда в одном или нескольких светодиодах в линейке возникнет замыкание, что приводит к падению напряжения на выводе VCC. Когда оно опустится ниже 10 В, устройство прекратит работу. В таких ситуациях напряжение на вывод VCC будет подаваться через резистор запуска, и устройство перейдет в аварийный (так называемый «икающий») режим UVLO.

Функция тепловой защиты OTP включается для предотвращения повреждений от чрезмерного перегрева. Когда температура перехода превышает порог в +150 °С, функция тепловой защиты немедленно отключает драйвер. Когда напряжение на выводе VCC уменьшается ниже уровня отключения UVLO, контроллер перезагружается.

С использованием микросхемы HT7L4811, в зависимости от конструкции светильника, проектируются весьма разнообразные драйверы питания светодиодов. Рассмотрим здесь два из них.

В таблице 2 приведены основные параметры драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube [3], используемого в светодиодной трубке с цоколем T8 (G13), а на рис. 4 — его принципиальная схема.

Таблица 2. Основные параметры драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube

Параметр	Значение
Диапазон входного переменного напряжения, В	90–265
Выходная мощность, Вт	18
Диапазон частот входного переменного напряжения, Гц	47–63
Диапазон выходного постоянного напряжения VLED+ на светодиодной линейке, В	30,5–43,5
Выходной ток, мА	425 (типичное)
Минимальная частота переключения, кГц	44
Максимальная пульсация выходного тока, мА	220
Точность выходного тока при температуре +25 °С, %	±1
Точность выходного тока в диапазоне температур –20...+85 °С, %	±2
Эффективность мощности, %	>85
Коэффициент мощности	>0,97
Суммарные гармонические искажения, %	<20
Потери мощности в дежурном режиме, Вт	<0,6
Потери мощности в режиме срабатывания защиты от короткого замыкания, Вт	<1,6

На входе драйвера включен предохранитель F1, рассчитанный на ток 1,25 А, защитный резистор R1 и варистор R2 и состоящий из конденсаторов C1, C2 и дросселя L1 сетевой фильтр EMI Solution. Переменное напряжение питающей сети выпрямляется диодным мостом D1 (a, b, c, d), дросселем L1 и конденсатором C3. Выпрямленное напряжение подается на сток N-канального MOSFET Q1 типа SVF4N60D (ток 4 А, напряжение 600 В) фирмы Silan Microelectronics. Одновременно часть выпрямленного напряжения через соединенные последовательно пусковые резисторы R3, R4 подается на вывод VCC нашей микросхемы IC1, который используется для подачи напряжения питания устройства, чем обеспечивается начальный запуск работы контроллера.

Сверхнизкий пусковой ток I_{START} микросхемы позволяет выбрать большее значение сопротивления пусковых резисторов, что уменьшает рассеяние мощности. В то же время чем меньше их сопротивление, тем выше скорость нарастания пускового тока, а это плохо влияет на эффективность системы. Поэтому в качестве компромисса рекомендованное разработчиком номинальное сопротивление пусковых резисторов выбирается в диапазоне 300–600 кОм.

Подключенный к выводу VCC микросхемы конденсатор C4 используется для стабилизации напряжения питания, чтобы исключить случаи ложного вторичного запуска контроллера. Емкость этого конденсатора должна быть не менее 10 мкФ.

Типовое значение напряжения $UVLO_{ON}$ на выводе VCC составляет 16–18 В. Поскольку напряжение на выводе VCC может принимать значения как 10 В (напряжение $UVLO_{OFF}$), так и 29 В (напряжение OVP), то рабочее напряжение на нем для нормальной работы должно находиться в диапазоне между этими 10 и 29 В. Это напряжение (V_{CC}) определяется из неравенства:

$$29 \text{ В} > V_{CC} = V_{LED+} - V_{D4} - V_{D3} > 10 \text{ В},$$

где: V_{LED+} — напряжение на выходе драйвера; V_{D4} — напряжение на стабилитроне D4; V_{D3} — напряжение на диоде D3.

Вывод VCC также используется для защиты системы, если линейка светодиодов слишком велика или когда происходит обрыв нагрузки. При этом максимальное выходное напряжение составляет:

$$V_{LED+(open)} = V_{LED+} + (V_{CC-OVP} - V_{CC}).$$

Необходимо иметь в виду, что для надежности допустимое напряжение каждого из параллельно включенных выходных конденсаторов C6, C7 должно быть выше максимального выходного напряжения не менее чем на 20%. Эти конденсаторы должны иметь емкость не менее 270 мкФ каждый и допустимое напряжение не менее 63 В.

Для обеспечения функционирования OVP необходимо правильно выбрать номинал резистора R_{ZCD} (на рис. 4 это R10), который определяет ток через

вывод ZCD микросхемы. Чтобы судить о возникновении OVP, как уже говорилось, он должен быть не менее 300 мкА. Номинал резистора определяется по формуле:

$$R_{ZCD} = (V_{LED+(open)} - 3) \text{ В} / 300 \text{ мкА}.$$

Выходной ток можно установить с помощью параллельно соединенных резисторов R6-1 и R6-2 ($R6-1 \parallel R6-2$), используя следующую формулу:

$$I_{OUT} = 0,2 / R6-1 \parallel R6-2.$$

Для получения высокой точности выходного тока погрешность сопротивления этих резисторов должна быть не более 1%, а печатные проводники платы около этих резисторов должны быть как можно короче.

Параметры дросселя L3 рассчитываются по формулам:

$$I_{pk} = [P_0 \times \pi \times (\sqrt{2} Vac_{min} - V_{LED+})] / \eta \times [\sqrt{2} Vac_{min} \times V_{LED+} \times \cos \theta - V_{LED+}^2 \times (\pi/2 - \theta)];$$

$$L = V_{LED+} / (fs_{min} \times I_{pk}) \times (1 - V_{LED+} / \sqrt{2} Vac_{min}),$$

где: L — индуктивность дросселя L3; fs_{min} — минимальная частота переключения; η — коэффициент мощности;

$$P_0 = V_{LED+} \times I_{OUT};$$

$$\Theta = \sin^{-1} (V_{LED+} / \sqrt{2} Vac_{min}).$$

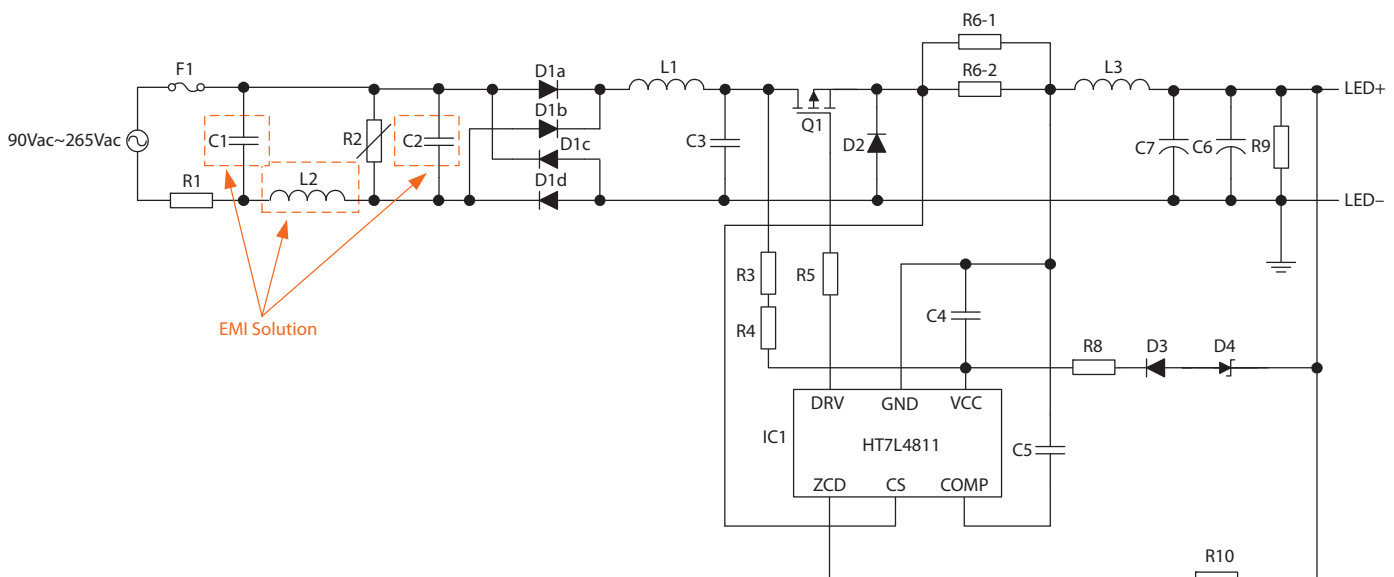


Рис. 4. Принципиальная схема драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube

Конденсатор C5, подключенный к выводу COMP, используется для стабилизации внутреннего опорного сигнала. Его емкость должна быть не менее 0,47 мкФ.

Внешний вид платы драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube со стороны деталей и со стороны печатных проводников показан на рис. 5 и 6 соответственно,

рисунок печатной платы — на рис. 7, а расположение деталей на ней — на рис. 8.

Используемый в колбообразном светильнике со стандартным цоколем E27 драйвер E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb имеет следующие параметры, отличные от параметров описанного выше драйвера:

- выходной ток (типовое значение) 162 mA;
- выходная мощность 8 Вт;
- потери мощности в дежурном режиме менее 0,3 Вт;
- потери мощности в режиме срабатывания защиты от короткого замыкания менее 0,7 Вт;
- суммарные гармонические искажения менее 15%;



Рис. 5. Внешний вид платы драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube со стороны деталей



Рис. 6. Внешний вид платы драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube со стороны печатных проводников

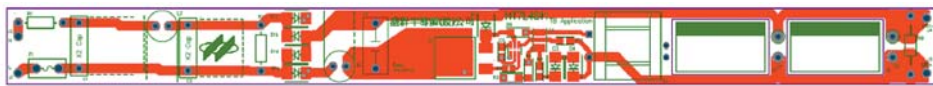


Рис. 7. Рисунок печатной платы драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube с расположением деталей на ней



Рис. 8. Расположение деталей на плате драйвера T8/18W 12S 425 mA AC-DC LED Tube

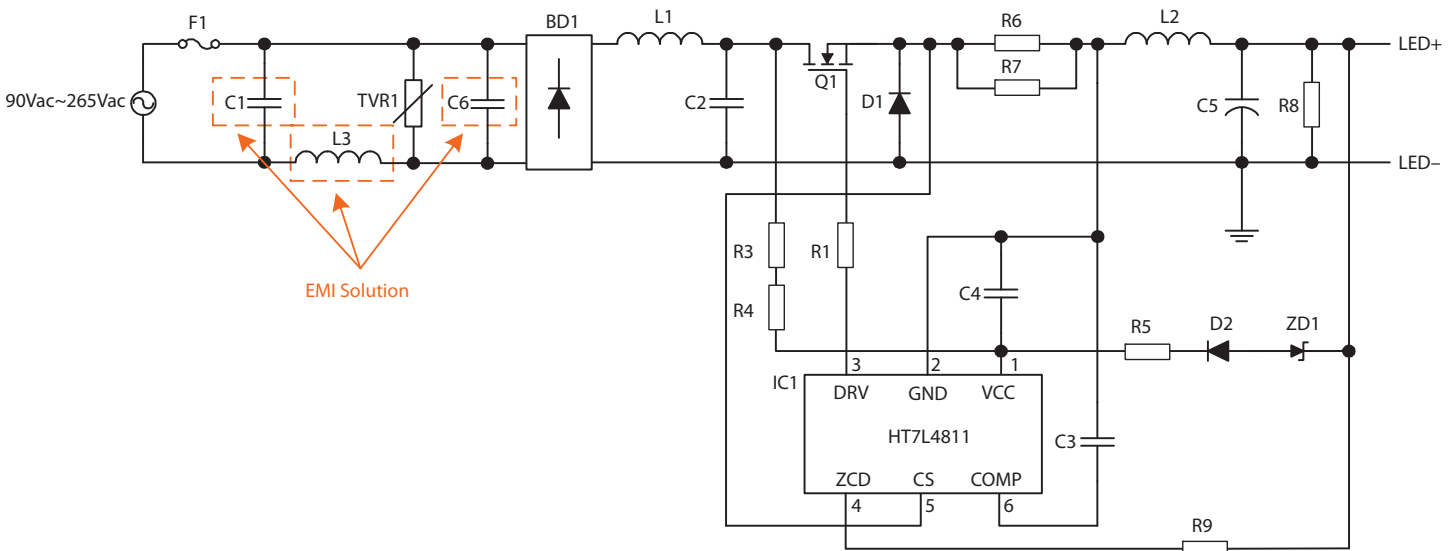


Рис. 9. Принципиальная схема драйвера E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb



Рис. 10. Внешний вид платы драйвера E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb со стороны установки мелких деталей



Рис. 11. Внешний вид платы драйвера E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb со стороны установки крупных деталей

- максимальная пульсация выходного тока 70 мА.

Принципиальная схема этого драйвера очень похожа на схему, приведенную на рис. 4, но имеет ряд других позиционных обозначений, поэтому приводим и ее (рис. 9).

Внешний вид платы драйвера E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb со стороны установки мелких деталей и со стороны установки крупных деталей показан на рис. 10 и 11 соответственно, рисунок печатной платы с расположением деталей на ней с лицевой стороны — на рис. 12, рисунок печатной платы с расположением деталей на ней с обратной стороны — на рис. 13.

В процессе производства светильника после монтажа всех деталей на плату ее участок, имеющий в проекции форму колбы (рис. 10–13), аккуратно выламывается из прямоугольной платы (отделяется

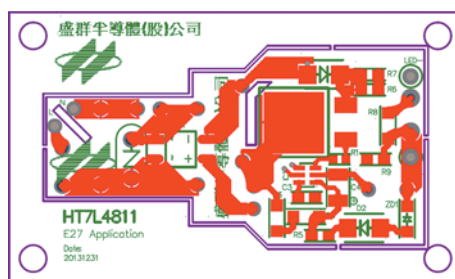


Рис. 12. Рисунок печатной платы драйвера E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb с расположением деталей на ней с лицевой стороны

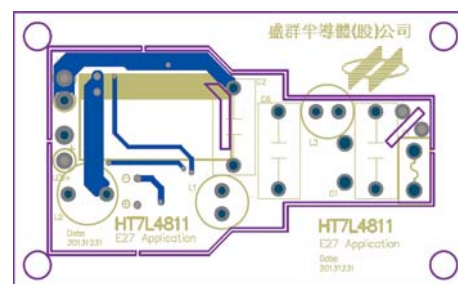


Рис. 13. Рисунок печатной платы драйвера E27/8W 13S 162 mA AC-DC LED Bulb с расположением деталей на ней с обратной стороны

от нее) благодаря имеющейся на ней специальной перфорации. ●

Литература

1. www.holtek.com/documents/10179/8df58761-44f9-4364-8429-58ecec30fcce

2. А. Пескин. Новые драйверы питания светодиодов, построенные на микросхеме HT7L5600 компании HOLTEK // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 1.
3. www.holtek.com/documents/10179/116745/an0343E.pdf

Новости компании Holtek

Квазирезонансный ШИМ-контроллер для LED-ламп HTL5820

Компания Holtek представляет HTL5820 — квазирезонансный ШИМ-контроллер с поправочным коэффициентом мощности, предназначенный для LED-ламп с выходной мощностью 30–150 В. Он подойдет как для ламп уличного освещения, так и для внутреннего освещения помещений. Контроллер может быть использован в адаптерах, в импульсных источниках питания, в зарядных устройствах аккумуляторов постоянного тока и постоянного напряжения.

Новый светодиодный драйвер от Holtek HT7963

Новый светодиодный драйвер от Holtek HT7963 для фоновой подсветки телевизора и осветительных приборов. Нацеленный непосредственно на область применения подсветки, Holtek успешно выпустил серию драйверов

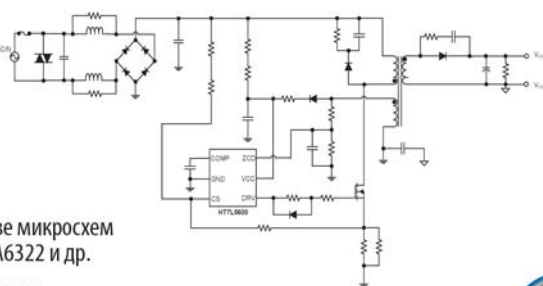
светодиодной подсветки белого цвета. Кроме того, Holtek представляет новый драйвер HT7963 для последовательно соединенных светодиодов. Устройство может быть использовано для светодиодных подсветок большого размера и осветительных приборов.

Новый HT7L5610 — драйвер первичной обмотки с обратной связью для светодиодного освещения

Компания Holtek Semiconductor Inc. выпустила новый HT7L5610 — обратноходовой светодиодный драйвер первичной обмотки с обратной связью, специально разработанный для светодиодных приложений. Предоставляя замену освещения для традиционных ламп дневного света и круглых светильников, устройство отвечает требованиям безопасности и высокой эффективности в области управления светодиодным освещением.

www.chipselect.ru

- Микроконтроллеры компании HOLTEK (Taiwan) для создания бюджетных решений в области управления и питания светодиодных светильников и ламп
- Микроконтроллеры для создания изолированных и неизолированных источников питания трубчатых и цокольных LED ламп, светодиодных линеек и светильников
- Микроконтроллеры для создания LED-драйверов на базе микросхем популярных серий HT7L5600, HT7L4811, HT7L5821, HT7A6322 и др.
- Бесплатные образцы, демо-платы и техническая поддержка



HOLTEK

Официальный дистрибьютор в России – компания «Чип Селект»



CHIPSELECT
электронные компоненты

info@chipselect.ru
Тел.: (495) 921-37-65;
(495) 640-19-74

www.chipselect.ru