

Андре Тжокрорахарджо (International Rectifier)

ПОДХОДИТ И ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ: ПРОСТОЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР БАЛЛАСТОВ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

IRS2530D – простой контроллер для регулирования яркости люминесцентных ламп аналоговым или цифровым методами. Кроме того, с его помощью можно управлять яркостью светодиодных ламп.

Люминесцентные системы освещения с регулируемой яркостью позволяют добиться визуального комфорта и снизить уровень расхода электроэнергии при естественном дневном свете, по требованию, по расписанию и т.д. Регулируемые электронные балласты (электронные пускорегулирующие аппараты – ЭПРА) являются неотъемлемой частью такой системы.

Для реализации функции регулирования яркости (диммирования) ЭПРА должны быть настроены таким образом, чтобы понимать входной сигнал от устройства управления и, в соответствии с этим, регулировать ток в лампе. Эта достаточно сложная для разработчика задача обычно решается с помощью сложных многовыводных интегральных схем.

IRS2530D – это новый контроллер регулируемого ЭПРА в компактном 8-выводном корпусе (рис. 1). Это **DIM8™-устройство** является 600 В полумостовым драйвером, включающим в себя необходимые функции подогрева, поджига и диммирования лампы, а также системы защиты цепей при ее выходе из строя. Используя всего лишь восемь выводов для реализации всех функций регулирования, интегральная схема позволяет сократить количество внешних компонентов и упростить разработку. IRS2530D является достаточно гибким решением для использования различных методов управления яркостью.

Чтобы помочь оценить работу IRS2530D, было создано несколько комплектов готовых разработок («reference design»). Каждый комплект использует свой метод входного управления яркостью и охватывает различные диапазоны входных напряжений и типы ламп. Полное описание каждого комплекта доступно на сайте компании International

Rectifier в разделе «освещение» (www.irf.com/product-info/lighting/).

Аналоговый метод управления яркостью

На рис. 2 показана электрическая схема регулируемого ЭПРА для управления 26 Вт четырехвыводными компактными люминесцентными лампами (CFL) от сети 220 В с гальванически изолированным аналоговым входом управления яркостью 1...10 В. Балласт включает в себя: фильтр ЭМИ для уменьшения собственного генерируемого шума; выпрямитель и конденсатор для преобразования переменного входного напряжения в постоянное; контроллер и транзисторный силовой полумост для генерирования высокочастотного прямоугольного напряжения; резонанс-

ный выходной контур для подогрева, поджига и запуска лампы. Токоизмеряющий резистор и гальванически изолированный контур входного управления с дополнительными компонентами необходимы для реализации функции диммирования. Кстати, в референс-наборе **IRPLDIM4E** цепь гальванической развязки входного сигнала управления исключена из схемы.

При подключении внешнего питания входной конденсатор (CBUS) заряжается, и через резисторы RVCC1 и RVCC2 начинает протекать микроток по направлению к IRS2530D. После того как напряжение VCC достигнет верхнего значения отсечки гистерезиса системы запуска (UVLO), полумост начнет генерировать максимальную частоту. Цепь динамической накачки заряда (charge pump) (CVS, DCP1 и DCP2) формирует основное питание контроллера и поднимает напряжение VCC до уровня внутреннего ограничителя 15,6 В.

Внутренний источник тока на выводе VCO заряжает внешний конденсатор (CPH). Выходная частота уменьшается

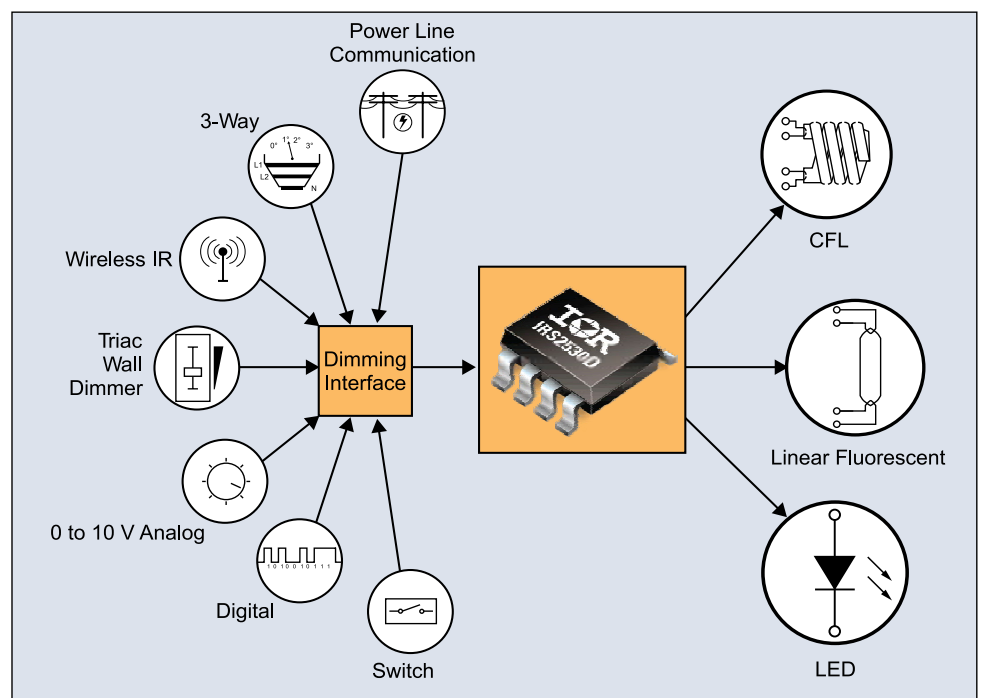


Рис. 1. Схема 600 В полумостового драйвера IRS2530D

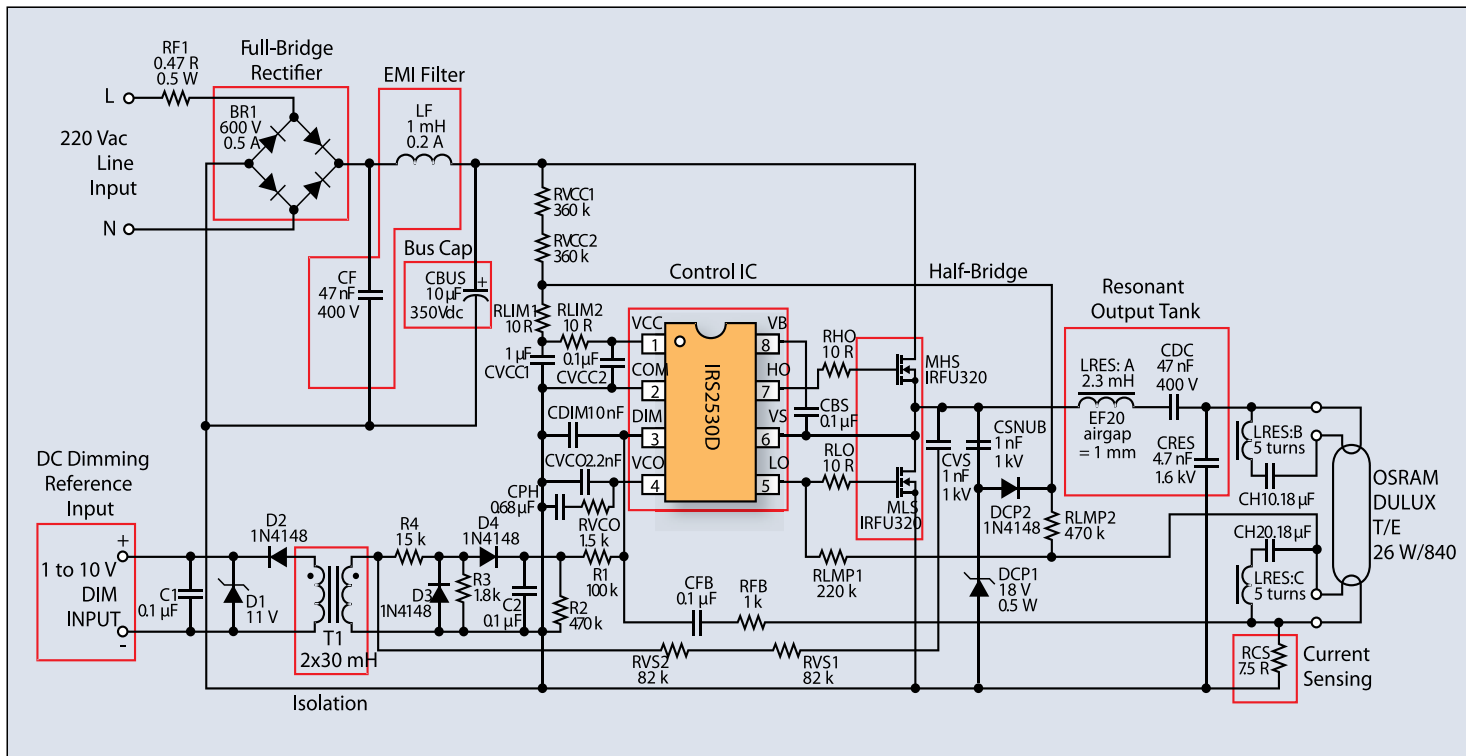


Рис. 2. Электрическая схема регулируемого ЭПРА

в соответствии с зарядом конденсатора СРН, и в то же время нити накаливания лампы подогреваются, для чего используется ток вторичных обмоток резонансного дросселя. Поскольку частота уменьшается в сторону резонансного значения выходного контура, напряжение на лампе растет. Как только это значение достигнет достаточно высокого уровня, чтобы зажечь лампу, через нее начнет протекать ток. Резонансный выходной контур состоит из последовательной L-и параллельной RC-цепей с некоторым Q (Q – значение добротности), а рабочая точка определяется в зависимости от заданного уровня яркости.

Ток лампы снимается с резистора RCS, и в результате это переменное опорное напряжение суммируется с постоянным опорным напряжением от изолированного входного контура управления через резистор RFB и конденсатор CFB в цепи обратной связи. Суммированный AC+DC-сигнал подается на вход DIM ИС IRS2530D и изменяется через цепь обратной связи таким образом, чтобы минимальное значение переменного напряжения всегда оставалось на уровне общей шины COM.

Когда постоянное опорное напряжение на выводе DIM уменьшится при регулировании яркости лампы в сторону затемнения, минимальное значение переменного напряжения опустится ниже уровня COM. Цепь управления яркостью лампы увеличивает частоту для уменьшения усиления резонансного контура и, соответственно, снижения тока лампы до тех пор, пока минимальное значение переменного напряжения

на выводе DIM снова не вернется на уровень шины COM.

Если же постоянное опорное напряжение будет повышаться, увеличится яркость лампы. Таким образом, цепь контроля поддерживает амплитуду переменного тока лампы (от пика до пика) на требуемом уровне при любых настройках уровня опорного напряжения.

Четырехступенчатая регулировка яркости

Четырехступенчатый регулятор использует стандартные выключатели «вкл.-выкл.» для управления уровнем диммирования. Когда выключатель переводится из положения «включен» в положение «выключен» и сразу возвращается обратно (в пределах одной секунды), значение яркости снижается на один уровень. Когда уровень диммига достигает минимального значения, яркость лампы возвращается на максимальный уровень.

Если выключатель переведен в положение «выключен» больше чем на одну секунду, лампа выключится, а установленный до этого уровень яркости будет сохранен до следующего включения.

IRPLDIM5E – это четырехступенчатый балласт для управления 26 Вт четырехвыводной компактной люминесцентной лампой от сети 220 вольт. На рисунке 3 показана электрическая принципиальная схема IRPLDIM5E.

Схема на рисунке 3 аналогична IRPLDIM4E, за исключением отсутствия цепи генерации постоянного опорного напряжения для диммирования. В этом случае для генерации опорно-

го напряжения и определения ступени диммирования применяется микроконтроллер (МК).

Здесь использован микроконтроллер **PIC12F629**, который содержит энергонезависимую EEPROM-память, позволяющую запомнить значение уровня ступени диммирования перед тем, как питание будет выключено. Это позволяет балласту сохранять настройки до восстановления питания вне зависимости от того, насколько долго он был выключен.

Вывод 5 микроконтроллера выдает прямоугольный сигнал фиксированной частоты с четырьмя различными уровнями скважности (ШИМ). Этот сигнал проходит через низкочастотный фильтр для получения постоянного опорного напряжения.

Вывод 6 микроконтроллера подключен к выпрямительному мосту через фильтр с очень короткой задержкой. Благодаря этому МК может определять моменты, когда питание было прервано и быстро включено снова.

На шине питания VDD устанавливается конденсатор C1 с большим значением емкости, позволяющий микроконтроллеру продолжать свою работу более одной секунды после того, как входное питание балласта было прервано. Микроконтроллер запускает таймер сразу после того, как обнаружит отключение входного питания. Если питание восстановлено в течение одной секунды, МК уменьшает выходную скважность (на выводе 5) на один уровень, что приводит к снижению постоянного опорного напряжения на один шаг. Если уровень

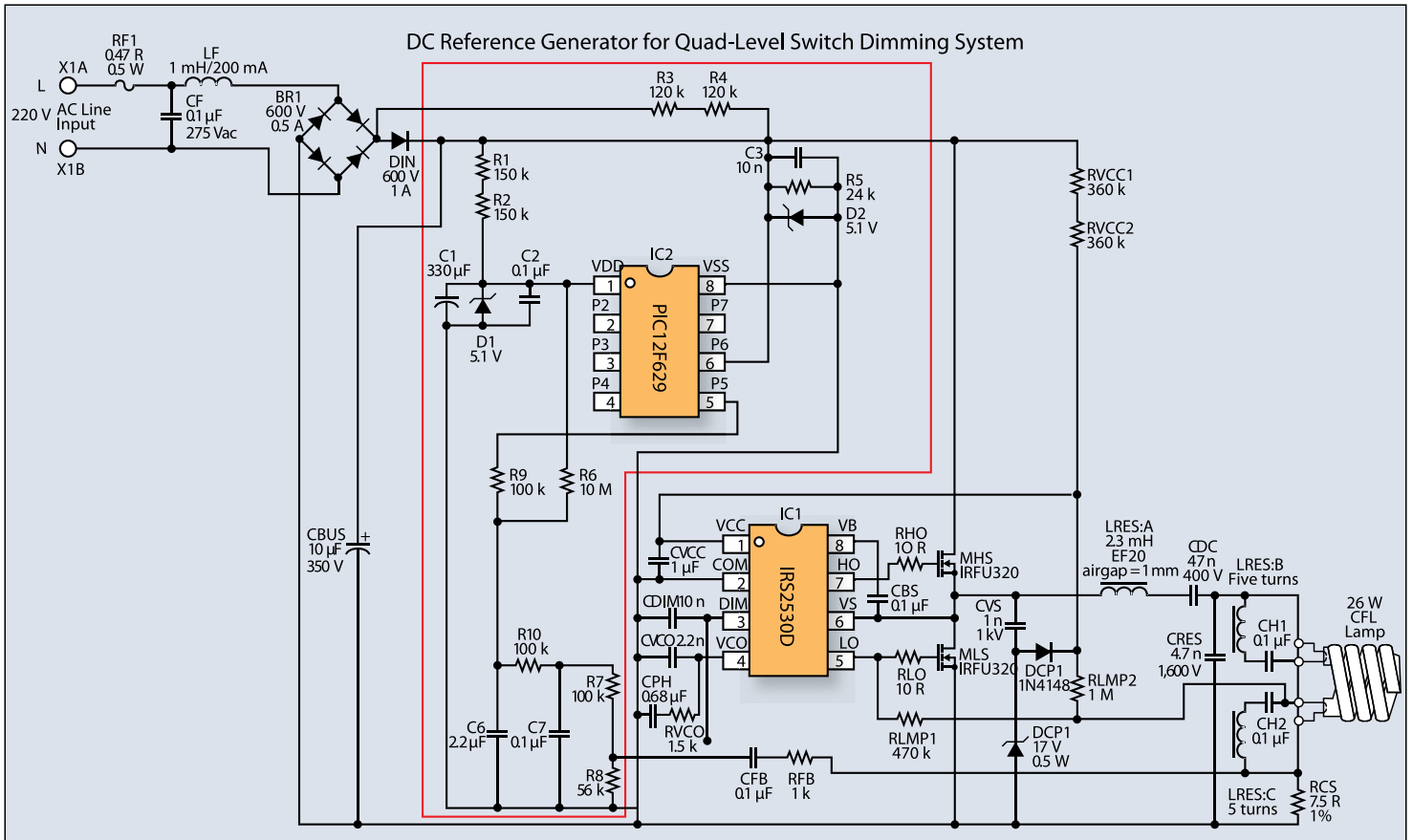


Рис. 3. Принципиальная схема IRPLDIM5E

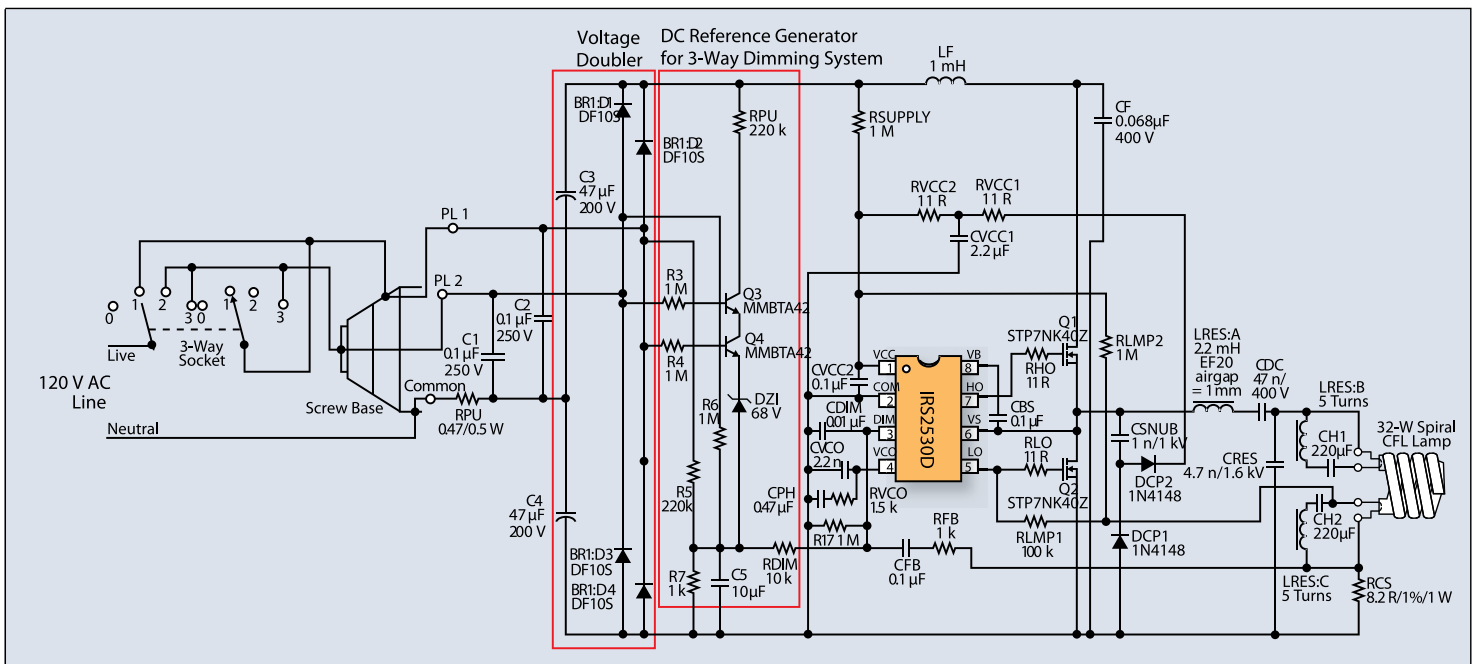


Рис. 4. Электрическая схема балласта IRPLCFL8U

уже был установлен как минимальный, то цикл будет начат заново с максимальным уровнем скважности.

Трехступенчатая регулировка яркости

Трехступенчатые регуляторы яркости широко применяются в США. Система состоит из специального патрона лампы, четырехпозиционного переключателя

и лампы с модифицированным контактным цоколем. Традиционная лампа в такой системе содержит две нити накала и три контакта на цоколе.

IRPLCFL8U — это трехступенчатый регулируемый балласт для управления 32 Вт спиральной компактной люминесцентной лампой (CFL) от сети 120 В.

На рисунке 4 показана электрическая схема балласта вместе с четырехпозиционным переключателем и модифицированным контактным цоколем лампы.

Входные цепи содержат умножитель напряжения (D1, D2, D3, D4, C1 и C2)

вместе с выпрямителем и узел формирования постоянного опорного на-

пряжения для регулировки яркости (R3, R4, R5, R6, R7, RPU, Q3, Q4, DZ1 и C5).

Первое положение переключателя — это режим «выключен», когда ни одна из двух цепей не подключена. Во втором положении ток идет по первой цепи (PL1) для получения минимальной яркости лампы. Резистор R5 поднимает постоянное опорное напряжение на резисторе R7 и конденсаторе C5 для установки минимальной яркости.

В третьем положении переключателя, которое соответствует среднему уровню димминга, для поднятия постоянного опорного напряжения используется резистор R6. В четвертом положении параллельно включенные резисторы R5 и R6 поднимают уровень опорного напряжения для получения максимальной яркости.

Уровни яркости могут быть настроены по желанию путем изменения номиналов резисторов R5, R6 и R7. Транзисторы Q3 и Q4 гарантируют, что при установке максимальной яркости постоянное опорное напряжение будет достаточно высоким, так как оба транзистора будут открыты.

Фазорегулирующие (симисторные) диммеры

Практически все бытовые и профессиональные диммеры основаны на симисторах, также известных как фазорегулирующие (или фазосрезающие) диммеры. Эти устройства проводят ток, как только симистор запущен, при условии, что протекающий ток превышает минимальный ток удержания. Эти диммеры очень хорошо работают с ре-

зистивной нагрузкой, например, с лампами накаливания, так как симистор продолжает проводить ток после запуска до тех пор, пока положение фазы не очень близко к концу полупериода.

Традиционные балласты люминесцентных ламп без корректора коэффициента мощности (ККМ) потребляют ток от сети только в районе пика полупериода входного переменного напряжения, когда происходит заряд входного накопительного конденсатора. Неспособность традиционных балластов люминесцентных ламп поддерживать ток через симистор может вызвать мерцание при использовании таких диммеров.

Рекомендации по применению (Application note) AN-1153 описывают управляемый симисторным диммером балласт люминесцентной 15 Вт спиральной лампы для сети 120 В. На рисунке 5 показана схема этого балласта.

Конденсаторы C2, C3, C4 и C5 используются для взаимодействия с симистором в диммере для того, чтобы балласт мог поддерживать необходимый ток симистора практически до самого конца полупериода сетевого напряжения. Существует также узел, определяющий угол среза фазы симистором и регулировки постоянного опорного напряжения для установки необходимого тока лампы.

Форма сигнала в точке соединения диодов D1 и D4 эквивалентна выходному напряжению диммера. Фазосрезанный синусоидальный сигнал будет с положительным смещением, так что отрицательный пик находится в области нуля (уровень общей «земли» схемы). Сигнал уменьшается делителем напря-

жения на резисторах R2 и R3 и далее поступает на диод D5 и стабилитрон D6.

На аноде D6 остается только положительная составляющая полуволны сетевого напряжения, которая в дальнейшем конвертируется в сигнал постоянного напряжения фильтром на R4 и C6. Поскольку минимальный уровень димминга находится в точке, где диммер еще способен проводить через себя ток на выход для нормального функционирования балласта, то это напряжение на самом деле никогда не опустится до нуля. Для этого уровень постоянного напряжения дополнительно смещается стабилитроном D6 и делится резисторами R5 и R6, и только после этого используется как опорное напряжение для установки яркости.

Другие системы управления яркостью

Методы управления яркостью люминесцентных ламп можно разделить на аналоговые и цифровые. Аналоговые системы можно отнести к традиционным и широко распространенным, а цифровые — к достаточно новым.

Благодаря простоте реализации управления яркостью контроллер **IRS2530D** может быть легко использован с любым из двух методов. Разработчик ЭПРА должен лишь определить, как получить постоянное опорное напряжение для выбранного метода управления яркостью.

Аналоговые методы управления яркостью включают в себя 0...10 В управление, фазовые регуляторы, трехпроводное управление, а также фотосенсор, датчик движения и беспроводное ИК управление.

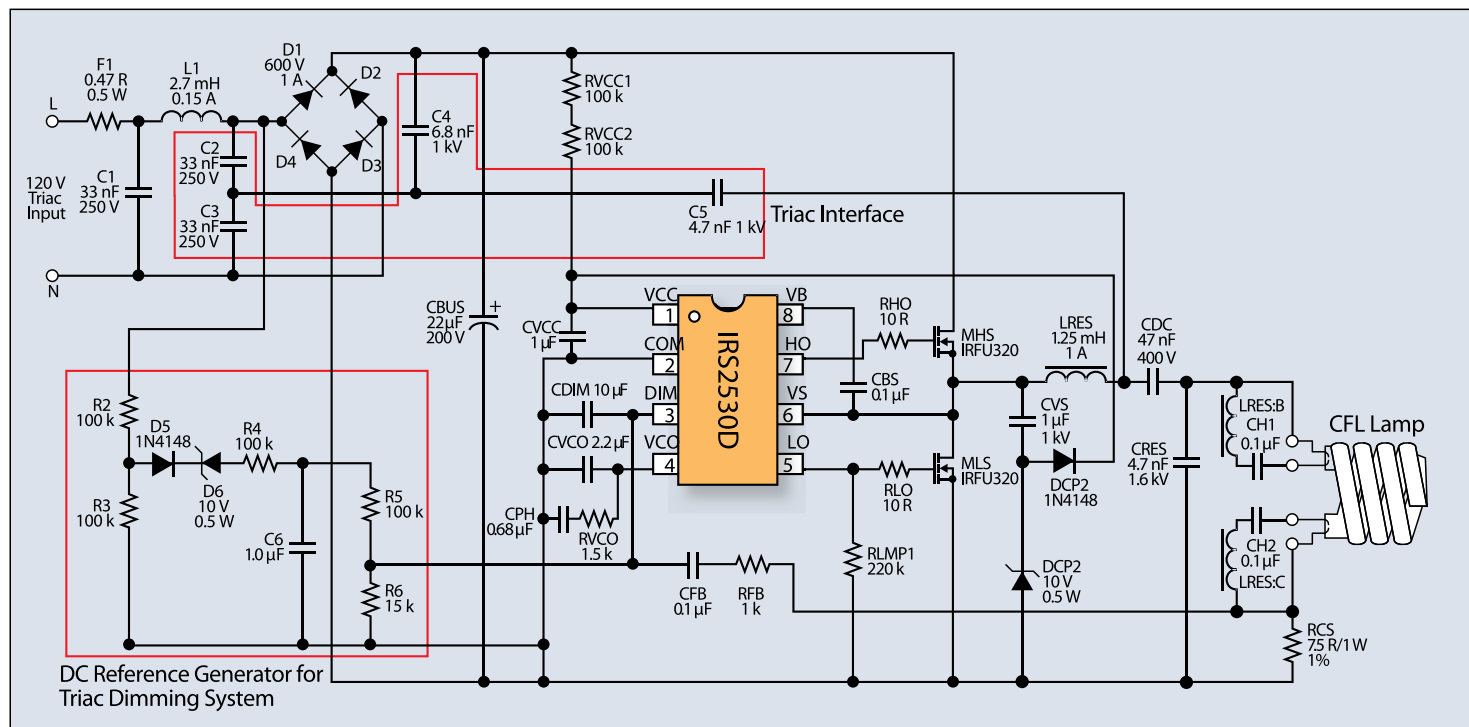


Рис. 5. Управляемый симисторным диммером балласт люминесцентной 15 Вт спиральной лампы для сети 120 В

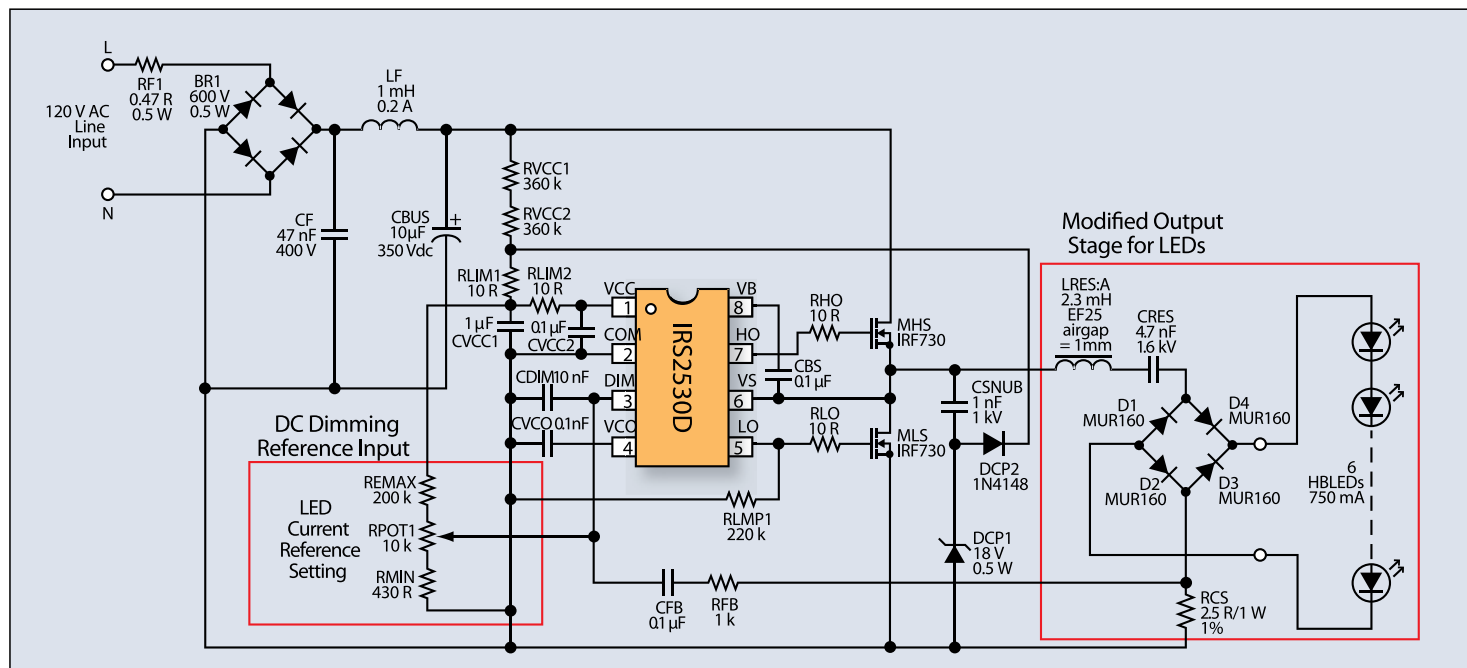


Рис. 6. Схема сетевого LED-драйвера на базе IRS2530D

Постоянное опорное напряжение может быть получено от делителей с использованием резисторов, фоторезисторов, потенциометров или реостатов.

Опорное напряжение должно быть правильно установлено: оно не должно быть слишком большим, чтобы ограничить потери мощности на токоизмерительном резисторе; и не очень маленьким, чтобы избежать проблем с шумами на минимальной яркости.

В техническом описании контроллера IRS2530D (www.irf.com/product-info/datasheets/data/irs2530d.pdf) рассказывается, как правильно выбрать опорное напряжение и токоизмерительный резистор.

Цифровое управление предоставляет ряд преимуществ по сравнению с аналоговым: упрощение проводки, большое количество градаций управления для большей точности и возможность реализации двухсторонней связи. Еще одно преимущество такой системы — это возможность реализации логарифмического закона управления яркостью. Так как человеческий глаз более чувствителен к низкой степени яркости, то логарифмическое управление яркостью воспринимается как линейное.

Цифровое управление предоставляет ряд преимуществ по сравнению с аналоговым: упрощение проводки, высокая точность управления и двухсторонняя связь.

Наиболее известным из цифровых методов управления освещением является открытый стандарт двухпроводной адресуемой передачи данных DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*). Для работы с цифровыми видами управления яркостью регулируемый ЭПРА на базе IRS2530D требует применения микро-

контроллера для связи по цифровому протоколу. Микроконтроллер декодирует данные от цифрового управляющего источника и генерирует прямоугольный сигнал с фиксированной частотой и изменяемой скважностью, соответствующей желаемому уровню яркости.

Светодиодные драйверы с управляемой яркостью

В отличие от люминесцентной лампы, светодиодные (LED) требуют стабильного тока и не нуждаются в подогреве или поджиге. IRS2530D также может быть использована для питания и диммирования LED-ламп. На рисунке 6 показана схема сетевого LED-драйвера на базе IRS2530D.

Обратная связь по цепи контроля яркости IRS2530D поддерживает амплитуду тока LED, регулируя его подстройкой частоты полумостового преобразователя.

Резонансная цепь из IRPLDIM4E была несколько изменена. Так как она больше не нужна для подогрева и поджига нагрузки, выходной каскад был заменен последовательной L-C-LED-цепью. В результате выходное переменное напряжение прямоугольной формы при дополнительном использовании мостового выпрямителя превращается в полностью выпрямленное положительное напряжение.

Контролирование переменного тока по-прежнему осуществляется токоизмерительным резистором RCS, что обеспечивает прямое измерение переменного тока при полностью выпрямленной амплитуде тока LED. Этот переменный сигнал суммируется с постоянным напряжением от регулятора опорного тока и поступает на вывод DIM IRS2530D.

Обратная связь по цепи контроля яркости поддерживает амплитуду тока LED, постоянно подстраивая частоту полумостового преобразователя таким образом, чтобы номинальный RMS-ток светодиодов сохранялся в пределах, указанных в спецификациях производителя.

Когда постоянное опорное напряжение снижается, контроллер IRS2530D увеличивает частоту, чтобы уменьшить коэффициент передачи резонансного контура, величина тока через LED понижается, в результате чего уменьшается яркость. Такая схема управления поддерживает ток через LED постоянным по входу, по нагрузке и при температурных колебаниях для любого значения уровня димминга. Она может работать с любым числом последовательно соединенных светодиодов.

Вышеупомянутая цепь управления LED-лампой практически аналогична управляемому балласту люминесцентной лампы IRPLDIM4E. Любой из методов управления яркостью в ЭПРА люминесцентных ламп описанных выше может быть легко использован и для управления LED. Обратная связь в цепи управления яркостью в контроллере IRS2530D позволяет работать с любым количеством последовательно включенных светодиодов. Для работы с LED-линейками различных номинальных токов токоизмерительный резистор и источник опорных настроек должны быть соответствующим образом скорректированы.

Статья переведена с разрешения журнала *Power Electronics Technology*.

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