

Светодиодное освещение

Возрастание роли светодиодного освещения

Светоизлучающие диоды (Light-Emitting Diodes — LEDs) — быстро эволюционирующая технология, которая становится конкурентной в различных системах освещения. Светодиодное освещение, часто называемое твердотельным, используют как внутри зданий (коммерческих, промышленных и жилых), так и снаружи (освещение улиц и мест парковок), а также для архитектурной и декоративной подсветки, где светодиоды начали применять раньше всего из-за их способности излучать во всём цветовом спектре.

В течение некоторого времени светодиоды были эффективным решением для архитектурной подсветки. Сегодня светодиоды становятся основой для большинства устройств освещения благодаря ряду преимуществ по сравнению с другими источниками света:

- **Они имеют больший срок службы, чем другие источники света.** Светодиоды могут отработать 50 000 часов, тогда как ресурс ламп накаливания составляет от 1000 до 2000 часов, а компактных люминесцентных ламп (CFL — Compact Fluorescent Lamp) — от 5000 до 10 000 часов. Такой заметно больший ресурс делает светодиоды идеальным выбором для многих коммерческих и промышленных осветительных систем, где высоки трудозатраты на замену ламп.
- **Их энергоэффективность существенно выше, чем у ламп накаливания и галогенных ламп, и часто равна энергоэффективности люминесцентных ламп.** К тому же КПД светодиодов непрерывно улучшается. По прогнозам КПД белых светодиодов будет улучшена примерно на 50% в ближайшие три-четыре года.

- **Они имеют маленький форм-фактор.** Можно сделать светодиодные лампы в таких форм-факторах, как MR16 и GU10, тогда как для компактных люминесцентных ламп это невозможно.
- **Яркость их свечения можно регулировать с помощью специального драйвера.** Применение люминесцентных ламп в приложениях, требующих регулировки яркости, технически ограничено. Хотя традиционные конструкции осветительных приборов на базе светодиодов тоже сталкиваются с подобными ограничениями, инновационные драйверы светодиодов компании Maxim совместимы с симисторами и импульсными устройствами регулирования яркости.
- **Они излучают высоконаправленный свет.** В отличие от излучателей, созданных по другим технологиям, светодиоды более подходят для приложений, подобных прожекторным лампам, которые формируют узконаправленный поток света.
- **Их КПД возрастает с понижением температуры.** КПД люминесцентных ламп падает при низких температурах. Светодиоды, наоборот, идеальны для приложений, работающих в условиях низких температур, например в качестве осветительной лампы в холодильнике.
- **Очень легко изменить цвет излучаемого света.** Это делает RGB-светодиоды идеальными для применения в архитектурной подсветке и системах освещения типа Mood Lighting (освещение для настроения), в которых цвет излучаемого света должен меняться в режиме реального времени.

В итоге можно сказать, что светодиоды обладают многими преимуществами перед лампами накаливания и люминесцентными лампами. Постепенно разработчики находят новые сферы применения для светодиодных осветительных устройств, но их обсуждение заняло бы слишком много времени. В данном обзоре мы сфокусируемся только на двух областях: светодиодных эквивалентах распространённых осветительных ламп и светодиодном освещении с дистанционным управлением.

Светодиодные эквиваленты ламп предназначены для замены ламп накаливания, галогенных или люминесцентных ламп и выпускаются с такими же патронами. Эти светодиодные лампы должны соответствовать существующим форм-

факторами перед лампами накаливания и люминесцентными лампами. Постепенно разработчики находят новые сферы применения для светодиодных осветительных устройств, но их обсуждение заняло бы слишком много времени. В данном обзоре мы сфокусируемся только на двух областях: светодиодных эквивалентах распространённых осветительных ламп и светодиодном освещении с дистанционным управлением.



Светодиодная лампа PAR20. Фотография любезно предоставлена компанией LEDtronics, Inc.



LuxDot — торговая марка компании LedEngin, Inc. Фотография любезно предоставлена LEDEngin, Inc.

факторам и быть совместимыми с существующей инфраструктурой.

Светодиоды для дистанционно управляемого освещения обладают большей гибкостью, когда требуется менять яркость свечения и цвет. Более того, использование беспроводных систем дистанционного управления или управления с передачей данных по сети переменного тока содействует появлению большого числа новых областей применения светодиодов.

Светодиодные эквиваленты традиционных ламп

Мало кто будет оспаривать тот факт, что рынок светодиодных эквивалентов традиционных ламп сегодня — самая быстрорастущая область применения светодиодных осветительных устройств. Причина столь быстрого роста довольно прозрачна: для этих светодиодных аналогов не нужна новая электрическая инфраструктура (т. е., проводка, трансформаторы, регуляторы яркости и патроны), что даёт значительные преимущества светодиодной технологии.

Встраивание светодиодных ламп в существующую инфраструктуру требует от разработчиков решения двух принципиальных проблем:

1. **Форм-фактор.** Светодиодные лампы должны соответствовать форм-фактору прежнего заменяемого источника света.
2. **Электрическая совместимость.** Светодиодные лампы должны работать корректно и без мерцаний в существующей электрической инфраструктуре.

Обсудим вышеуказанные проблемы поочередно.

Встраивание в существующий форм-фактор

Существующий форм-фактор накладывает на конструкцию светодиодной лампы как физические (т. е., плата драйвера должна быть

достаточно малой), так и тепловые ограничения. Эти ограничения сами по себе представляют проблему при создании конструкции лампы-замены (например, форм-факторы PAR, R и A). И эту проблему, в частности, тяжело решить в случае малых форм-факторов, таких как MR16 и GU10.

Размеры важны при конструировании лампы-замены, но зачастую более критичными являются тепловые ограничения. Светодиоды излучают только видимый свет, они не испускают энергию в виде инфракрасного излучения, как другие источники света. Таким образом, хотя энергетическая эффективность светодиодов выше, чем у ламп накаливания или галогенных ламп, они рассеивают гораздо больше выделяемого тепла посредством теплопроводности.

Рассеяние тепла — это также основной фактор, ограничивающий световой поток, который может произвести лампа. Современные светодиодные технологии едва ли в состоянии достичь уровня яркости, приемлемого для основного рынка. Для разработки коммерчески успешных изделий необходимо преодолеть ограничения по яркости и, следовательно, по отводу тепла.

С проблемой рассеяния выделяющегося тепла логически связан вопрос срока службы драйверной платы. Чтобы излучать больше света, лампа должна работать при довольно высоких температурах (+80...+100°C). При таких температурах ресурс драйверной платы может стать ограничением

для всей лампы. Самой большой проблемой, в частности, являются электролитические конденсаторы. Поскольку при таких температурах они быстро высыхают, то срок службы этих конденсаторов не превысит нескольких тысяч часов, и они станут ограничивающим фактором для всей лампы. Поскольку главным маркетинговым преимуществом светодиодных ламп является их долговечность, то проблема относительного небольшого срока службы электролитических конденсаторов становится одной из основных проблем для разработчиков ламп.

Компанией Maxim разработаны уникальные решения для светодиодных эквивалентов ламп, работающих от переменного напряжения 120/230 и 12 В. В этих решениях электролитические конденсаторы на плате не нужны. Это увеличивает срок службы ламп в среднем от 10 000 до 90 000 часов. Отсутствие электролитических конденсаторов также ведёт к уменьшению габаритов схемы, поэтому плата драйвера может быть установлена в светодиодные лампы, предназначенные для замены традиционных ламп с малыми форм-факторами.

Согласование с электрической инфраструктурой

Светодиодные лампы должны корректно работать в существующих системах освещения, в которых используются устройства регулировки яркости с фазовым управлением (симисторы или импульсные регуляторы) и электронные трансформаторы. Между лампой

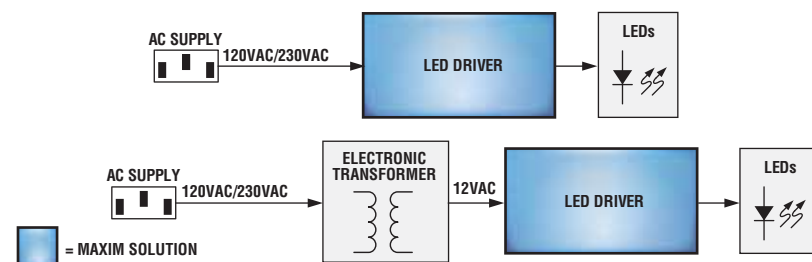


Схема включения лампы с питанием от сети переменного тока (сверху) и лампы MR16 (снизу). Список рекомендованных компанией Maxim решений для светодиодных систем освещения можно найти на сайте www.maxim-ic.com/lighting.

и сеть переменного напряжения 120/230 В может стоять регулятор яркости, выполненный на симисторе. Такие регуляторы спроектированы для работы с лампами накаливания или галогенными лампами, которые представляют собой полностью резистивную нагрузку. Драйвер в эквивалентной светодиодной лампе, вообще говоря, не является чисто резистивной нагрузкой, к тому же он отличается весьма нелинейной характеристикой. Через стоящий на его входе мостовой выпрямитель проходят короткие, мощные броски тока в моменты, когда волна входного переменного напряжения достигает положительного или отрицательного максимума. Такое поведе-



ние драйвера светодиодной лампы не даёт регулятору на симисторе правильно работать, поскольку не обеспечивается ни требуемый стартовый ток, ни ток удержания. В результате регулятор либо некорректно включается, либо отключается в процессе работы, а светодиодная лампа мерцает неприемлемым образом.

Для ламп, рассчитанных на переменное напряжение 12 В, ситуация ещё более сложна, потому что лампа может подключаться к сети через электронный трансформатор и импульсный регулятор яркости. И опять же, светодиодная 12-В лампа, в драйвере которой используется традиционный мостовой выпрямитель и DC/DC-преобразователь, мерцает из-за несовместимости с трансформатором и регулятором яркости.

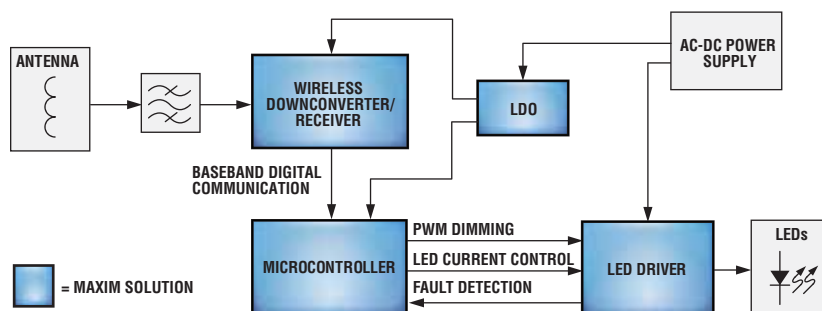
В решениях компании Maxim для светодиодных ламп, рассчитанных на переменное напряжение

120/230 или 12 В, используется одноступенчатое преобразование. Эти решения совместимы с электронными трансформаторами и регуляторами яркости на симисторах или на импульсных преобразователях благодаря специальному формированию входного тока. Поэтому лампа не будет мерцать даже в том случае, если с помощью регулятора устанавливается режим пониженной яркости. Для ламп с форм-фактором MR16 такого не обеспечивает ни одно другое решение. Этой возможностью обладает лишь небольшое число решений для ламп с форм-факторами PAR, R и A. Дополнительно, разработанные компанией Maxim решения обеспечивают коэффициент мощности на уровне 0,9, и для них требуется лишь очень небольшое число внешних компонентов. Электролитические конденсаторы не нужны, что значительно увеличивает срок службы драйверной платы, работающей при высоких температурах. И в решении на

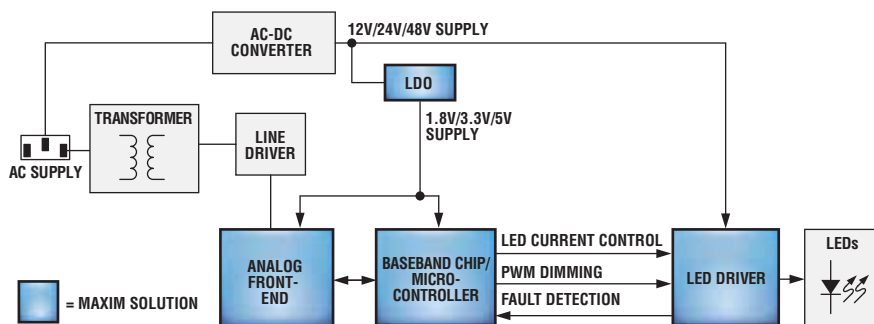
120/230 В, и в решении на 12 В используется интегральная схема MAX16834. Оба решения обладают вышеуказанными достоинствами и доступны как в виде оценочных образцов, так и для серийных поставок. Они запатентованы компанией Maxim, которая является их единственным поставщиком.

Системы освещения с дистанционным управлением для улиц, парковок и помещений

Как говорилось выше, светодиодные лампы предоставляют разработчикам больше творческого простора, поскольку позволяют регулировать яркость и менять цвет свечения. Такие возможности делают их идеальными для применения в архитектурной подсветке, в системах внутреннего освещения, а также в регулируемых энергосберегающих системах уличного освещения. Для всех этих приложе-



Блок-схема типовой системы освещения с беспроводным дистанционным управлением.



Блок-схема типовой системы освещения с дистанционным управлением по линиям электросети.

Список рекомендованных компанией Maxim решений для светодиодных систем освещения можно найти на сайте www.maxim-ic.com/lighting.

ний нужна технология дистанционного управления яркостью светодиодных ламп. Чтобы приложение имело успех на рынке, затраты на модернизацию инфраструктуры для перевода систем освещения на новые светодиодные технологии должны быть минимизированы. Неудивительно, что решения, которые позволят использовать существующую инфраструктуру без её переделки, вероятно, станут первыми кандидатами для проникновения на рынок.

По оценкам, при переходе на светодиодное освещение с дистанционным управлением наиболее затратным делом будет прокладка проводов управления светодиодными лампами. К счастью, есть две технологии, которые позволяют отказаться от столь дорогой модернизации: светодиодными лампами можно управлять посредством беспроводной связи или через существующую сеть переменного напряжения, используя технологию PLC (Power Line Communication — связь по проводам электрической сети).

Технология PLC позволяет передавать сигналы управления на большие расстояния, но это может оказаться проблематичным, если на пути прохождения потока данных по сети переменного тока встречаются прерыватели или трансформаторы. В то же время для беспроводной связи такой проблемы не существует, но расстояние, на которое могут быть переданы управляющие сигналы, может оказаться ограниченным, если для этих целей используются свободные частотные диапазоны. Иногда наилучшим решением является совмещение этих двух технологий: связь по проводам электросети для устройств, которые не разделены между собой трансформаторами, и беспроводная связь как способ обойти трансформаторы.

Основные проектные требования к системам светодиодного освещения с дистанционным управлением таковы:

- **Расстояние.** Этот параметр определяется приложением. Для системы освещения внутри помещения достаточны расстояния порядка 30 м. В случае уличного освещения может потребоваться связь на расстоянии до нескольких километров.
- **Низкое энергопотребление.** Важное маркетинговое преимущество светодиодных ламп — их высокая энергетическая эффективность. Важно, чтобы при выключенном освещении светодиодная лампа потребляла как можно меньше энергии, а активна была бы только коммуникационная схема.
- **Скорость обмена данными.** Для некоторых приложений, в которых дистанционно осуществляется управление яркостью свечения и, возможно, считывание информации о вероятных ошибках, требуются достаточно низкие скорости обмена (например, несколько Кбит/с). Однако для архитектурной подсветки порой могут потребоваться высокие скорости обмена данными — сотни Кбит/с. В качестве примера можно привести системы художественного динамического светового оформления каркасов зданий (wall-washer), в которых управление множеством ламп осуществляется по единой шине, при этом цвет излучения ламп непрерывно меняется.
- **Низкая стоимость.** Это требование относится к большинству систем освещения.

В состав ламп с дистанционным управлением часто входит микроконтроллер. Это может быть отдельный компонент, или конт-

роллер может быть интегрирован в какую-либо другую интегральную схему. Если не используется сложный коммуникационный протокол со сложным стеком (например, ZigBee®), то обычно вполне достаточно базового микроконтроллера. К его задачам обычно относят декодирование коммуникационного протокола, генерация сигналов управления яркостью для драйвера светодиодной лампы, считывание информации об ошибках и управление световыми эффектами (например, театральное затемнение).

Для организации беспроводной связи в системах освещения компания Maxim предлагает приёмник MAX1473 и передатчик MAX1472. Эти изделия позволяют организовать внутри помещений обмен данными в свободных частотных полосах в диапазоне от 300 до 450 МГц и на расстояниях до 30...50 м. А недорогой микроконтроллер MAXQ610 обеспечит выполнение всех требуемых функций.

Для организации обмена данными по электросети решение компании Maxim включает микросхему аналогового интерфейса (AFE) MAX2991 и сигнальный (baseband) процессор MAX2990. Эти устройства составляют чипсет передатчик/приёмник данных для обмена по электросети. При этом возможна передача данных на расстояния до 10 км со скоростью до 100 Кбит/с. Эти параметры делают данный чипсет идеальным выбором для систем уличного освещения.

Для управления яркостью свечения на управляющие входы драйвера светодиодной лампы подаётся ШИМ-сигнал. Для его формирования в MAX2990 интегрирован микроконтроллер, что исключает необходимость в отдельной микросхеме, генерирующей такой ШИМ-сигнал.

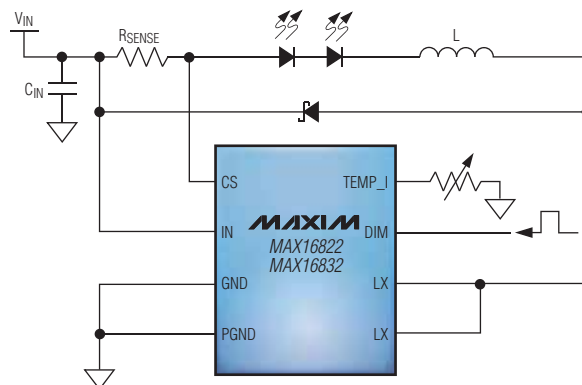
Драйверы светодиодов промышленного исполнения уменьшают число внешних компонентов

MAX16822/MAX16832

MAX16822/MAX16832 — драйверы светодиодов высокой яркости с выходным током до 1 А или 500 мА, рассчитанные на высокие входные напряжения и работающие в режиме понижающего преобразователя. Стабилизация тока осуществляется по гистерезисной схеме, поэтому нет необходимости в цепях коррекции. Для работы драйверам требуется лишь несколько внешних компонентов, что значительно снижает затраты на приобретение комплектующих и уменьшает занимаемую площадь на печатной плате по сравнению с другими решениями. В микросхемы интегрирован ключевой полевой транзистор и имеется аналоговый вход управления яркостью с нелинейной характеристикой, что позволяет организовать обратную связь для тепловой защиты.

Преимущества

- **Малое количество внешних компонентов и низкие затраты на комплектующие**
 - Гистерезисное управление током исключает необходимость во внешней компенсации
 - Интегрированный ключевой MOSFET: выходной ток до 1 А (MAX16832) или до 500 мА (MAX16822)
 - Входной конденсатор малой ёмкости (1 мкФ)
- **Микросхемы промышленного назначения идеальны для жёстких условий работы**
 - Диапазон входных напряжений 6,5...65 В совместим со стандартными входными напряжениями 12/24/48 В; устойчивость к броскам входного напряжения
 - Диапазон рабочих температур: $-40...+125^{\circ}\text{C}$
 - Способность работать при высоких температурах окружающей среды благодаря 8-выводному корпусу SO-EP (MAX16832) с высокой теплоотдачей
 - Наличие входа обратной связи позволяет защитить светодиоды от перегрева



Типовая схема включения MAX16822/MAX16832.

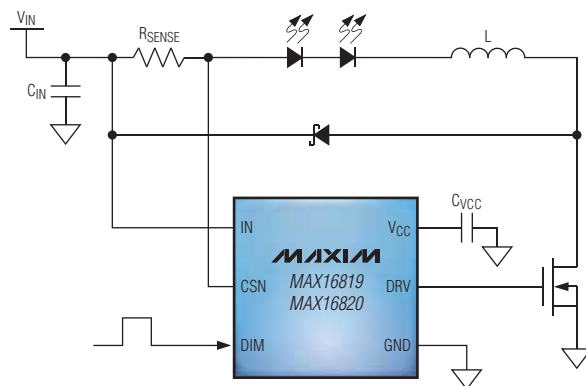
Драйверы светодиодов высокой яркости снижают затраты на комплектующие

MAX16819/MAX16820

MAX16819/MAX16820 — драйверы светодиодов высокой яркости, работающие в режиме понижающего преобразователя. В приложениях с токами свыше 1 А драйверы используются с внешним ключевым полевым транзистором. Стабилизация тока осуществляется по гистерезисной схеме, поэтому нет необходимости в цепях коррекции. Для работы драйверам требуется лишь несколько внешних компонентов, они недороги и выпускаются в миниатюрном корпусе (3 × 3 мм). Эти надёжные устройства предназначены для работы в жёстких промышленных условиях.

Преимущества

- **Малое количество внешних компонентов и низкие затраты на комплектующие**
 - Гистерезисное управление током исключает необходимость во внешней компенсации
 - Простые, недорогие микросхемы
- **Идеальны для приложений с ограниченной площадью печатной платы**
 - Миниатюрный, 3 × 3 мм, 6-выводной корпус TDFN
- **Микросхемы промышленного назначения идеальны для жёстких условий работы**
 - Диапазон входных напряжений: 4,5...28 В
 - Диапазон рабочих температур: -40...+125°C



Типовая схема включения MAX16819/MAX16820.

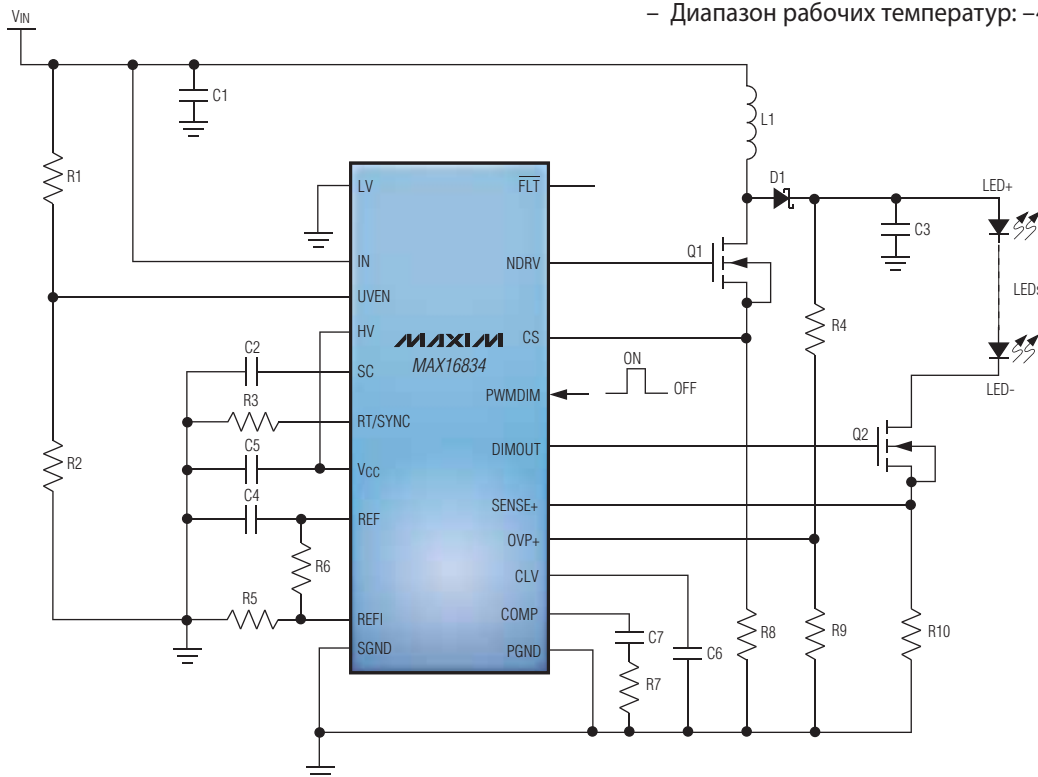
Универсальный драйвер светодиодов высокой яркости обеспечивает идеальную интенсивность освещения в условиях сильно меняющейся естественной освещённости

MAX16834

MAX16834 — универсальный драйвер светодиодов высокой яркости, который может работать в режиме повышающего, понижающего, понижающе-повышающего, SEPIC и обратноходового преобразователей. Для стабилизации тока светодиодов используется обратная связь по току. Наличие в составе микросхемы драйвера управления проходным полевым транзистором позволяет регулировать яркость методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в диапазоне 3000:1. Непревзойдённая гибкость этой микросхемы используется в патентованных решениях компании Maxim для светодиодных ламп в форм-факторе MR16 и светодиодных ламп в форм-факторах PAR, R, A и GU10, работающих от сети переменного тока.

Преимущества

- **Идеальный драйвер для приложений с сильно меняющейся естественной освещённостью**
 - Широкий диапазон ШИМ-регулировки яркости: до 3000:1 при частоте 200 Гц
- **Высокая гибкость — одна микросхема может работать в самых разных приложениях, что уменьшает складскую номенклатуру**
 - Понижающе-повышающая, повышающая, SEPIC, обратноходовая и понижающая (с ключом в верхнем плече) конфигурация
 - Аналоговый и ШИМ-входы управления яркостью
 - Непревзойдённая гибкость микросхемы используется в патентованных решениях компании Maxim для светодиодных ламп в форм-факторе MR16 и для ламп, работающих от сети переменного тока
- **Изделие промышленного назначения — отказоустойчивое решение для работы в жёстких условиях**
 - Защита от короткого замыкания и обрыва в цепи светодиодов
 - Диапазон рабочих температур: $-40...+125^{\circ}\text{C}$



Типовая схема включения MAX16834.

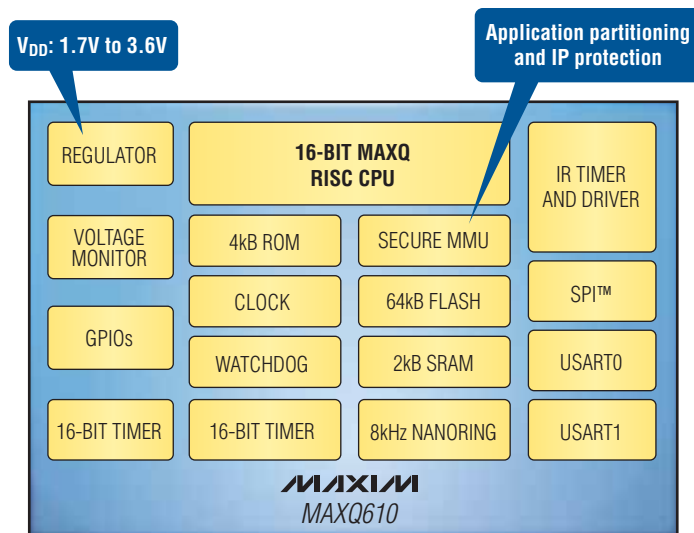
16-битный микроконтроллер MAXQ® существенно увеличивает срок службы батареи в портативном оборудовании

MAXQ610

Микроконтроллер MAXQ610 разработан для использования в недорогих, высокопроизводительных приложениях с батарейным питанием. Этот 16-битный RISC-микроконтроллер характеризуется ультранизким энергопотреблением и широким диапазоном рабочих напряжений (вплоть до 1,7 В), что обеспечивает длительный срок эксплуатации батареи. Функции защиты от копирования и защищённый блок управления памятью (MMU) позволяют вам защитить свою интеллектуальную собственность.

Преимущества

- **Ультранизкий ток питания минимизирует энергопотребление**
 - Активный режим: 3,75 мА на частоте 12 МГц
 - Режимы останова: 200 нА (тип.), 2,0 мкА (макс.)
- **Защищённый блок управления памятью поддерживает несколько уровней привилегий, защищает программу от неавторизованного доступа**



Блок-схема MAXQ610.

Рекомендуемые решения

Микросхема	Описание	Особенности	Преимущества
Питание светодиодов			
MAX16822	500 мА; понижающий, импульсный драйвер со встроенным MOSFET	Входное напряжение от 6,5 до 65 В; ограничение тока светодиодов при перегреве; малое число внешних компонентов	Маленькая площадь печатной платы, низкие затраты на комплектующие
MAX16832	1 А; понижающий, импульсный драйвер со встроенным MOSFET	Входное напряжение от 6,5 до 65 В; ограничение тока светодиодов при перегреве; малое число внешних компонентов	Маленькая площадь печатной платы; корпус, способный рассеивать большое количество тепла, уменьшает необходимость установки радиатора
MAX16820	Понижающий импульсный драйвер	Внешний полевой транзистор; выходной ток свыше 1 А; нет необходимости в компенсационной схеме	Гибкость, небольшое число внешних компонентов
MAX16834	Повышающий или понижающе-повышающий драйвер	Встроенный драйвер полевого транзистора ШИМ-регулирующего яркости; аналоговый вход управления яркостью	Диапазон регулировки яркости 3000:1; поддержка нескольких конфигураций преобразователя; идеален для приложений с управлением яркостью с помощью симистора
MAX16826	Программируемый, 4-канальный драйвер светодиодов высокой яркости с интегрированным DC/DC-контроллером	4 канала, диапазон входных напряжений 4,75...24 В, ток одного канала до 300 мА; интерфейс I ² C	Легко управлять с помощью микроконтроллера
Линейные стабилизаторы с малым падением напряжения (LDO-стабилизаторы)			
MAX6765... MAX6774	Высоковольтные линейные стабилизаторы с низким током покоя	Малый ток покоя (31 мкА); широкий (4...72 В) диапазон входных напряжений; сброс (RESET) активным низким уровнем с фиксированными или подстраиваемыми порогами; миниатюрный (3 × 3 мм) корпус TDFN с улучшенными тепловыми характеристиками (мощность рассеяния до 1,9 Вт)	Низкий ток покоя способствует снижению энергопотребления
Микроконтроллер			
MAXQ610	16-битный микроконтроллер с низким энергопотреблением	Диапазон напряжений питания от 1,7 до 3,6 В; до 32 линий ввода/вывода общего назначения; таймер выхода из режима «сна»	Увеличение срока службы батареи; низкая стоимость
Контроллеры обмена данными по электросети (PLC)			
MAX2990	PLC-модем на базе OFDM (ортогональное частотное разделение сигналов), диапазон частот от 10 до 490 кГц	Объединяет физический уровень (PHY) и контроллер доступа к среде передачи данных (MAC), чтобы обеспечить скорость обмена данными по линиям электропередачи до 100 Кбит/с	Высоконадежный обмен данными
MAX2991	Интегральный приёмник аналогового интерфейса (AFE) для PLC	Оптимизирован для работы с MAX2990; встроенный полосовой фильтр; усилитель с регулируемым усилением и 10-битный АЦП для линии Rx	Приёмник с высокой чувствительностью для обеспечения связи на большие расстояния
Радиочастотные ИС			
MAX1472	300...450 МГц, низкое энергопотребление, кварц, передатчик амплитудноманипулированных (ASK) сигналов	Кварц, низкое энергопотребление, корпус 3 × 3 мм	Превосходные характеристики; большой ресурс батареи; компактность
MAX1473	300...450 МГц, приёмник амплитудноманипулированных (ASK) сигналов с автоматической регулировкой усиления (APU)	Высокая чувствительность и автоматическая регулировка усиления, корпус 5 × 5 мм; однополярное питание	Связь на большие расстояния; низкая стоимость решения; компактность

Список рекомендованных компанией Maxim решений для светодиодных систем освещения можно найти на сайте www.maxim-ic.com/lighting.