

Скотт Браун (Scott Brown)

Перевод: Владимир Захаров | vladimir.zakharov@yeint.ru

# Оптимизация параметров и срока службы LED-ламп

Требование о замене ламп накаливания на твердотельные источники света установлено законодательно крупнейшими странами мира. Известно, что светодиодное освещение имеет значительные преимущества над альтернативными световыми технологиями — например, по увеличению светоотдачи (лм/Вт) и уменьшению соотношения цена/люмен. Также одним из главных плюсов светодиодного освещения является большой срок службы ламп. Причем потребление энергии LED-лампами в пять раз меньше (при эквивалентном выходном световом потоке).

Но без правильного подхода к разработке светодиодных ламп реально достичь срока службы в 50 000 ч невозможно.

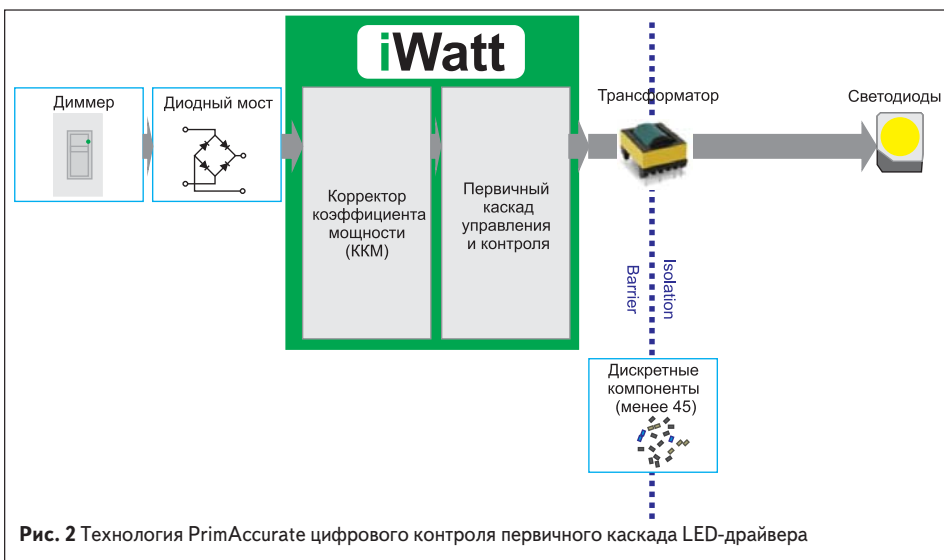
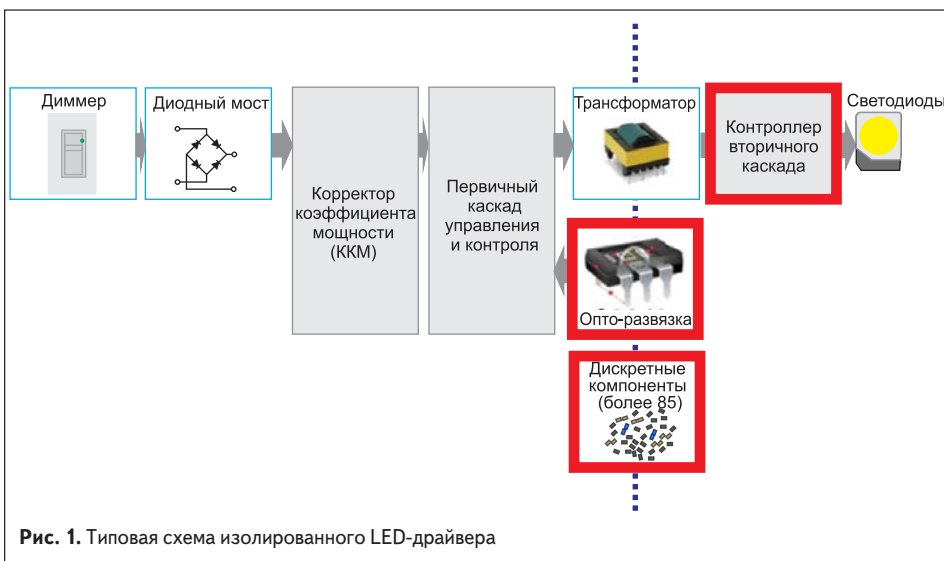
Всеобщее признание LED-технологии как экономически эффективной для замены традиционных ламп накаливания бросает серьезный вызов разработчикам. Ошибки инженеров могут привести к уменьшению срока службы ламп на основе светодиодов (СД). Сложность и надежность цепей управления СД — вопросы, на которые нужно обратить особое внимание для достижения максимального срока службы LED-ламп.

Надежность технологии твердотельных источников света в сравнении с лампами накаливания и с галогеновыми лампами — ключевое свойство, которое привлекает потребителей. Однако СД требуют постоянного тока для правильной работы. Поэтому необходимо сложное управление электрической цепью, преобразующей стандартное переменное напряжение сети до требуемых номиналов токов.

LED-лампы должны быть совместимыми с существующим электрическим оборудованием потребителей (люстры, бра и т. д.). Поэтому цепи управления СД должны быть интегрированы в саму лампу, что увеличивает вероятность быстрого выхода ее из строя. Интеграция цепей управления делает LED-лампы менее надежными, что приводит к ранним отказам и снижению средней наработки до первого отказа (Mean Time to Failure MTTF). Параметр MTTF рассчитывается на основе числа и типа компонентов, с использованием параметра интенсивности отказов каждого компонента в цепи (Failures in Time 1 milliard hours, FIT — число отказов за 1 млрд ч работы). Так как цепи управления СД преобразуют высокое переменное напряжение (AC 220 В) в низкое постоянное (DC), то для безопасности требуется электрическая изоляция (рис. 1). В гальванически развязанных от сети AC/DC-преобразователях обратная связь со второго каскада на первый обеспечивается через оптоизолятор (или оптопару).

Так как оптоизолятор имеет высокое значение FIT в сравнении с полупроводниковыми компонентами, то в итоге уменьшается MTTF всей электрической цепи. К тому же у оптоизолятора со временем снижаются передаточные характеристики тока, происходит температурное старение, что приводит к ухудшению стабильности схемы источника питания, и в итоге сокращается срок службы цепей управления LED. Также стоит заметить, что LED-лампы и светильники не могут работать при повышенной температуре печатной платы. Все эти «тонкие» места должны быть устранены для достижения желаемого длительного времени службы LED-ламп.

На рис. 2 показана запатентованная компанией iWatt технология PrimAccurate цифрового контроля первичного каскада LED-драйвера, которая позволяет определять ток в светодиодах, используя анализ формы волны в первичной обмотке трансформатора в реальном времени. Отпадает необходимость прямой обратной связи, поддерживается регулировка точного постоянного тока через светодиоды. Очень



важное преимущество PrimAccurate — внутренняя компенсационная петля обратной связи, упрощающая разработку источника питания и уменьшающая число внешних компонентов обвязки. С уменьшением числа внешних компонентов и удалением опторазвязки (компонента с наивысшим значением FIT) надежность источника питания светодиодов увеличивается, и возрастает общая надежность конечного изделия.

LED-лампы часто разрабатывают под уже существующее оборудование, которое имеет различные встроенные диммеры. Они представляют собой еще один вызов для LED-драйверов как дополнительный источник пульсаций светового потока. Эксперименты в институте IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) подтвердили наличие пульсаций в LED-лампах, продаваемых в магазинах. Мерцания светового потока присутствовали в частотном диапазоне, ощутимом для людей, склонных к эпилепсии. Так как потребители не намереваются менять установленные у них диммеры, то эта проблема ложится на производителей LED-ламп.

LED-драйверы iWatt, построенные по двухкаскадной схеме управления в соответствии с запатентованной адаптивной цифровой технологией контроля, полностью устраняют мерцание в любых условиях работы LED-ламп при сохранении их низкой стоимости и миниатюрных размеров.

В большинстве обычных источников питания силовая микросхема обеспечивает фиксированное выходное напряжение или ток. Типично в таких приложениях решается проблема линейности. LED-освещение, особенно в сочетании с разнообразными диммерами, представляет

серьезный вызов, который далек от простой проблемы линейности. Фактически, различные диммеры имеют очень разные характеристики и большинство существующих LED-ламп очень плохо с ними работают. Например, может быть ограничен диапазон диммирования, может наблюдаться видимое мерцание при низких яркостях лампы, или же LED-лампа может не работать с диммером вовсе.

iWatt специализируется на новых, инновационных решениях, которые предоставляются цифровой технологией. Проблема нелинейных характеристик диммеров идеально решается гибкой, перестраиваемой цифровой технологией. Компания использует алгоритм, который распознает рабочие характеристики диммеров и производит цифровую фильтрацию тока СД, чтобы исключить выбросы, приводящие к пульсациям. Технология применима ко всем популярным диммерам, представленным на рынке.

Не менее важный вопрос срока службы LED-ламп — ожидаемое время службы самого СД. Как и у других полупроводниковых компонентов, чем выше рабочая температура  $p-n$ -перехода светодиода, тем ниже ожидаемый срок службы устройства. Можно уменьшить ток СД и использовать большее их количество для генерации определенного светового потока. В результате уменьшится тепловая генерация в светодиоде, следовательно, понизится температура  $p-n$ -перехода. Этот подход поможет увеличить срок службы лампы, но сильно повысит стоимость за счет увеличения числа используемых СД. Другой метод — оптимизировать максимальный ток СД и тем самым установить желаемую максимальную температуру

$p-n$ -перехода. Цифровые контроллеры iWatt для управления СД снабжены двухкаскадной схемой защиты, которая позволяет разработчику программировать максимальную температуру светодиодов, используя всего один внешний компонент — резистор с отрицательным температурным коэффициентом NTC (Negative Temperature Coefficient).

NTC-резистор может быть размещен физически близко к кластеру светодиодов и может измерять их температуру. Он подключается к микросхеме LED-драйвера iWatt, которая использует показания температуры для защиты СД. В случае если температура достигает максимального запрограммированного порога, контроллер уменьшает ток СД на 10%, пока температура не стабилизируется. Если температура падает, ток через СД пошагово повышается по 10% до максимального запрограммированного значения температуры (используется гистерезис для предотвращения осцилляций). Также имеется режим безопасного сбоя, где ток, протекающий через СД, уменьшается до 1% от запрограммированного уровня. Температурная защита дает гибкость в разработке LED-ламп и позволяет быть уверенным в полной их защите в экстремальных рабочих условиях.

Светодиоды достигли такой точки в своем эволюционном развитии, когда стоимость и световой поток стали сравнимы с конкурирующими решениями. И сейчас LED-лампы получили реальный шанс выступить в качестве замены традиционных ламп накаливания в жилых помещениях. Ключевым моментом в успехе светодиодной технологии стала реализация схемы управления (драйвера). ●