

Стив Боулинг (Steve Bowling)

# Микроконтроллеры для «умного» света

**Инженеры и дизайнеры признают, что не за горами то время, когда в качестве основного источника света для общего применения будут использоваться светодиоды. Потребители также осознают эти тенденции, и в розничной продаже все чаще появляются светодиодные светильники для домашнего применения. Ожидания от новой технологии велики, все больше законодательных актов направлены на отказ от ламп накаливания в пользу высокоэффективного светодиодного освещения. Разработчики должны учесть накопленный опыт работы с компактными люминесцентными лампами и предоставить конечным пользователям долговечность, прочность и эффективность — наряду со спектральными характеристиками светодиодных светильников.**

В создании освещения для офисов, жилых и общественных помещений внедрение светодиодов несколько отстает от других приложений. Например, светодиоды уже нашли массовое применение в автомобильной промышленности: стоп-сигналы, габаритные огни, подсветка салона и, частично, фары. Светодиоды также широко применяются в архитектуре при подсветке и цветовом оформлении зданий; в промышленном, наружном и уличном освещении, светофорах и железнодорожных сигналах, а также в подсветке ЖК-панелей в телевизорах и мониторах. В некоторых из этих приложений энергоэффективность имеет первостепенное значение; в других случаях переход на светодиоды обусловлен творческой свободой для дизайнеров: разнообразие внешних решений, отсутствие необходимости замены недолговечных ламп; в иных применениях важен контроль над интенсивностью света и его спектральными характеристиками. Все эти качества привлекают инженеров по освещению.

Светодиодные светильники, так же как и люминесцентные лампы, нуждаются в схемах управления. Для получения высокой надежности, эффективности и долговечности в светодиодных лампах необходимо регулировать постоянный ток. Для решений с малой интенсивностью могут применяться линейные регуляторы напряжения, включенные как источник постоянного тока, но для мощных источников света требуются эффективные импульсные источники питания.

Наиболее широко используемые топологии импульсных источников питания для светодиодных светильников — buck, boost, charge-rump, SEPIC, buck-boost и flyback, каждая из которых имеет свои особенности и преимущества. Многие производители, включая компанию Microchip Technology, предлагают управляющие микросхемы. Микроконтроллер в такой задаче вместе с драйвером может добавить интеллекта изделию или обеспечить функции драйвера светодиода, генерируя

управляющие сигналы и необходимые временные интервалы.

В случае подсветки зданий преимущества в применении управляющего светильником микроконтроллера очевидны — становится возможным точно управлять цветом цветных светодиодов. Менее очевидно, что для светильников белого света микроконтроллер совершенно необходим, и не только для добавления интеллекта.

Однокристалльные белые светодиоды на самом деле работают в голубом спектре. Их излучение активирует смесь люминофоров, которые испускают свет различного спектра — от красного до зеленого, что в итоге и дает белый свет. Многие белые светодиоды не могут обеспечить высокий индекс цветопередачи (Colour Rendering Index — CRI), который является мерой способности источника света точно воспроизвести все цвета. Системы с лучшими параметрами белого света могут быть созданы на основе нескольких (два и более) цветных светодиодов. Спектр каждого цветного светодиода меняется в зависимости от времени и температуры. Этот дрейф может быть скомпенсирован в общем цветовом потоке, и нужный цвет или коррелированная цветовая температура (Correlated Colour Temperature — CCT) могут поддерживаться на необходимом уровне с помощью обратной связи — датчика света и микроконтроллера.

На современном рынке представлено значительное количество недорогих датчиков света. Как правило, они выполняются без фильтра (белый) или имеют цветные фильтры (красный, зеленый, голубой). Такие датчики могут предоставлять данные об уровне интенсивности света, измеряя показатели с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера. Датчики света с преобразованием свет-частота имеют выход с частотой, пропорциональной освещенности. Цифровые датчики обладают последовательными интерфейсами I<sup>2</sup>C и SPI. Каждый тип датчиков освещения имеет свои преимущества и требует наличия разных периферийных модулей. На рисунке показана обширная периферия микроконтроллеров, которая используется для регулировки цвета в светодиодном светильнике.

В полной системе управления светом с контролем цвета и обратной связью микроконтроллер должен иметь данные о каждом канале цвета от датчика света, калибровать этот датчик и подстраивать каждый канал управления светодиода для получения нужного цвета. Выбор топологии драйвера зависит от требуемой эффективности, диапазона входных напряжений и количества используемых светодиодов.

Для управления выходными драйверами используются различные методы. Микроконтроллер



может формировать опорное напряжение с использованием цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) или цифрового потенциометра, и это напряжение может задавать ток через светодиод. Или, в полностью цифровой схеме, микроконтроллер может формировать широтно-импульсные модулированные (ШИМ) сигналы, которые используются для управления драйверами. ШИМ также может применяться для включения/выключения драйвера. Если используется управление с помощью ШИМ, то частота выбирается достаточно высокой, чтобы человеческий глаз не мог заметить мерцания. Высокая частота также помогает получить большую эффективность: большинство светодиодов имеют пик эффективности (интенсивности света для данного тока) в максимуме или близко от максимально допустимого тока. Таким образом, импульсное включение на максимуме тока с регулировкой яркости с помощью изменения скважности даст большую эффективность по сравнению с регулировкой постоянного тока через светодиод.

Для того чтобы правильно выбрать микроконтроллер и его периферию, разработчик должен выбрать, какое разрешение необходимо для системы управления цветом. Для аналоговых датчиков освещенности важно разрешение интегрированного в микроконтроллер АЦП. Для датчиков с частотным выходом необходимо наличие таймеров. Для цифровых датчиков необходимо наличие соответствующих интерфейсов.

Микроконтроллеры с несколькими ШИМ используются для индивидуального управления светодиодами. В высокоточных системах управления цветом предпочтительнее ШИМ с 16-битным разрешением. Цифровые интерфейсы, такие как UART, SPI, I<sup>2</sup>C, LIN и USB, дают возможность внешнего управления и отображения информации.

Разработчик должен также определить частоту, с которой будет происходить управление обратной связью, и выбрать микроконтроллер с необходимыми вычислительными возможностями. Если основное назначение системы —

формировать белый свет с учетом изменения температуры и старения светодиодов, то высокая частота управления не требуется. Светодиоды различных цветов имеют различные зависимости старения, но обратная связь поможет контролировать это. В приложениях с изменением яркости или диммирования петля обратной связи контроля цвета должна работать с большей скоростью, чем скорость изменения яркости. Одна из наиболее востребованных задач такого типа — контроль яркости подсветки ЖКИ-панелей. Для улучшения контраста в темных областях телевизионной картинки подсветка должна изменять свою яркость, но изменение яркости должно всегда давать чистый белый свет, чтобы ЖКИ-панель показывала правильные цвета. В этом случае контроль должен осуществляться с частотой кадровой развертки.

Микроконтроллеры, подобные PIC24FJ16GA002, — хорошие кандидаты для систем управления цветом. Контроллеры серии PIC24 доступны в миниатюрных 28-выводных корпусах с размером памяти программ 16–64 кбайт, имеют последовательные интерфейсы связи, 10-разрядный АЦП и пять ШИМ-каналов. 16-разрядное ядро легко обрабатывает математические операции, необходимые для калибровки датчиков и управления цветом.

Датчики света должны быть откалиброваны для предоставления адекватных результатов контроля цветных каналов. В процессе калибровки для построения математической зависимости яркости цветных светодиодов, спектральных характеристик и чувствительности датчиков света от стандартной системы цветных координат — цветового пространства XYZ (установленной в 1931 г. Международной Комиссией по освещению — International Commission on Illumination, CIE) используются колориметры. Процесс калибровки формирует матрицу коэффициентов, которые должны быть сохранены в энергонезависимой памяти системы освещения и будут использоваться для определения разницы между коррелированным и желаемым цветом в каждом цикле управления системой.

В откалиброванной системе микроконтроллер сравнивает данные, полученные с датчиков, с желаемыми координатами участка цветности и устанавливает значение каждого выходного канала, пока не будет достигнута коррелированная цветовая температура. Так как петля обратной связи работает в изменяющихся условиях, то целесообразно использовать динамическую подстройку: каждый канал имеет ПИД-регулятор, подстраивающий значения с датчиков под калиброванные; он оценивает разницу целевого и текущего значений и подстраивает выходной канал. Как и в других системах с замкнутой петлей обратной связи с ПИД-архитектурой, алгоритм работает постоянно для уменьшения ошибки до тех пор, пока не будет достигнута необходимая коррелированная цветовая температура. Коэффициенты ПИД-регулятора настраиваются для уменьшения времени реакции системы, но быстрейшие системы зависят от быстрейшего примененного микроконтроллера. Как говорилось ранее, различные методы управления цветом могут требовать большего быстродействия и меньшего времени реакции, чем другие.

Для систем со сложной цветопередачей и регулируемой цветоотдачей требуется широкий диапазон регулировок. Медицинские приборы с графическими индикаторами могут иметь регулируемую подсветку и интерфейс touch-screen, для работы с которыми требуется SPI. Различные виды подсветок требуют централизованного управления яркостью и цветовой температурой в зависимости от времени суток. Связь между такого рода устройствами может осуществляться по проводам с помощью последовательных интерфейсов, которые обычны для применения в устройствах светотехники, таких как DALI (Digital Addressable Lighting Interface, IEC 929) или DMX512 (стандарт, наиболее часто встречающийся в устройствах сценического освещения) и системах создания цветных эффектов). Другие устройства могут использовать собственные интерфейсы через USB или Ethernet. При модернизации существующих в зданиях систем разработчики все чаще уходят от применения проводных интерфейсов связи и используют для управления беспроводную связь и такие протоколы, как ZigBee. Микроконтроллеры с гибкой периферией идеальны для реализации связи и пользовательского интерфейса для такого рода приложений.

Светодиоды как источники основного освещения вносят революционные изменения в нашу жизнь: обеспечивают энергоэффективность, имеют компактные размеры, высокую надежность и длительный срок службы. Использование в светильниках и лампах подсветки со множеством цветных светодиодов маленьких и недорогих микроконтроллеров позволяет управлять освещением сообразно окружающим условиям и увеличивая энергоэффективность и срок службы системы освещения.

## Литература

1. Closed Loop Chromaticity Control: Interfacing a Digital RGB Color Sensor to a PIC24 MCU. Microchip Application Note AN1257.
2. <http://www.microchip.com/lighting>.

