

Современные микросхемы управления светодиодной подсветкой компании National Semiconductor

Андрей Никитин

За последние годы в номенклатуре интегральных схем, выпускаемых фирмой National Semiconductor, сформировалась линейка устройств, управляющих светодиодной подсветкой. Помимо светодиодных драйверов, обеспечивающих стабилизированный ток, протекающий через светодиоды, эти микросхемы содержат узлы, выполняющие более “интеллектуальные” функции: сопряжение с управляющим микроконтроллером, формирование последовательности световых эффектов, управление цветом свечения полноцветных RGB светодиодов и ряд других. В статье рассматриваются новейшие (I полугодие 2007 г.) микросхемы National Semiconductor, предназначение для решения задач декоративной подсветки и подсветки жидкокристаллических дисплеев мобильных устройств.

Полноцветные и одноцветные светодиоды находят широкое применение в разнообразных мобильных устройствах, таких как сотовые телефоны, MP3-плееры, цифровые фотокамеры, электронные игрушки. Светодиоды в таких устройствах служат для подсветки дисплея и клавиатуры, индикации состояния, формирования различных эффектов декоративной подсветки, синхронизации подсветки с источником звукового сигнала.

Основная задача, возникающая в процессе разработки мобильных устройств — минимизация потребляемой мощности.

Назначение светодиодных драйверов — формирование постоянного тока для включения одного или нескольких светодиодов. Использование светодиодных драйверов в мобильных устройствах предполагает, что микроконтроллер, управляющий драйвером, активизирует соответствующие выходы всякий раз, когда необходимо включить или выключить светодиод, и формирует в реальном времени управляющие сигналы при воспроизведении некоторой последовательности световых эффектов. При этом в течение воспроизведения этой последовательности микроконтроллер находится в рабочем режиме и переходит в дежурный режим только после завершения последовательности. Это приводит к увеличению тока, потребляемого от источника питания и, соответственно, к уменьшению времени работы устройства от аккумулятора.

Для снижения потребляемого тока разумно использовать специа-

лизированные интегральные схемы, поддерживающие управление последовательностью световых эффектов автономно, без участия микроконтроллера. В этом случае микроконтроллер переходит в рабочий режим только для запуска последовательности и в дальнейшем снова возвращается в дежурный режим.

Для организации сложных последовательностей световых эффектов, обеспечивающих плавные переходы между различными цветами, применяются достаточно сложные методы управления, использующие, например, интерфейс управления I²C. Применение этого интерфейса находит широкое распространение в мобильных устройствах, поскольку он обеспечивает большую гибкость управления посредством всего лишь двух проводов.

Но, как правило, и другие функциональные узлы мобильных устройств, к примеру, модуль фотокамеры, используют ту же самую шину. Поэтому, управление подсветкой не должно использовать всю пропускную способность шины I²C. Управление яркостью свечения светодиода в режиме реального времени создает значительный трафик на шине I²C. Следовательно, целесообразно загрузить управляющие данные в программно доступные регистры и произвести запуск. Автономное выполнение последовательности в этом случае существенно снизит трафик по шине I²C.

Компания National Semiconductor предлагает достаточно широкую линейку интегральных схем уп-

равления подсветкой (Lighting Management Unit). Данные микросхемы включают не только драйверы светодиодов, но также интерфейс сопряжения с микроконтроллером и средства формирования, хранения и воспроизведения последовательности световых эффектов. Несмотря на некоторую условность подобного деления, рассмотрим применения светодиодов в мобильных устройствах для двух основных задач: декоративной подсветки и подсветки цветных жидкокристаллических дисплеев.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ ПОДСВЕТКОЙ

Под декоративной подсветкой (cosmetic lighting) в мобильных устройствах будем понимать подсветку клавиатуры, индикацию состояния, синхронизацию подсветки с источником звукового сигнала. Иными словами — формирование различных световых эффектов, улучшающих чисто эстетические свойства изделия.

В схемах управления декоративной подсветкой фирмы National Semiconductor используются два принципа формирования световой последовательности: программный принцип и формирование по образцу.

Принципы программирования последовательности световых эффектов рассмотрим на примере новейшей микросхемы National Semiconductor — LP3952. Типовая схема

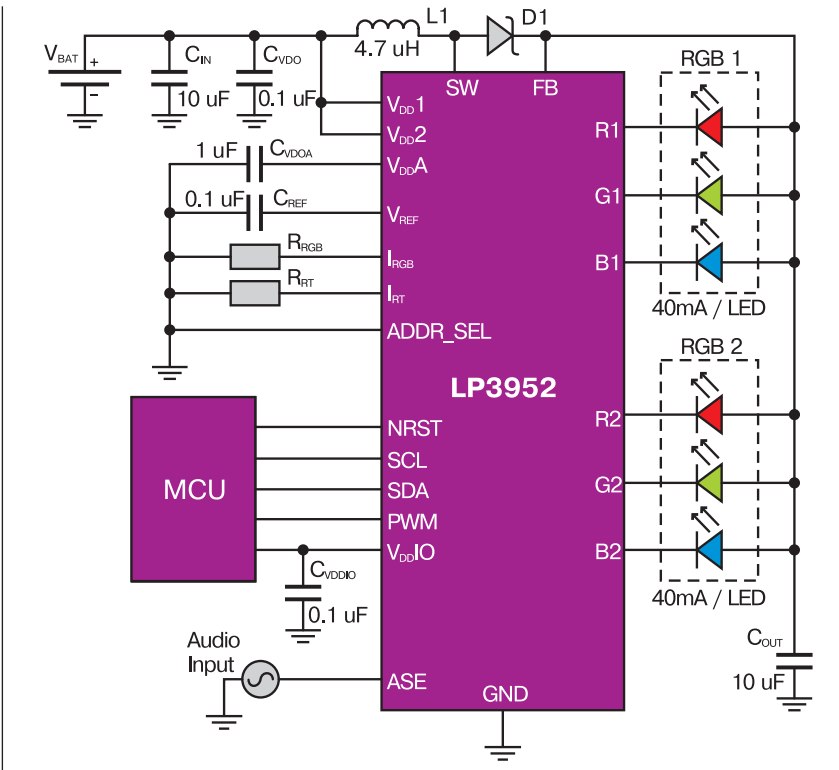


Рис. 1. Типовая схема включения LP3952

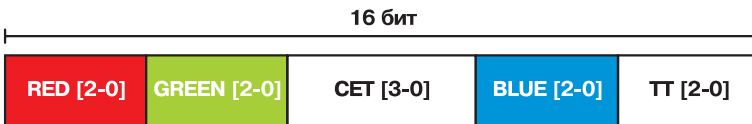


Рис. 2. Формат команд последовательностей световых эффектов

включения LP3952 представлена на рис. 1.

LP3952 — устройство управления подсветкой мобильных устройств, источником питания которых служит Li-Ion аккумулятор. Оно предназначено для управления двумя полноцветными RGB светодиодами декоративной подсветки. Автономной работой управляет встроенный контроллер, характеризующийся широким набором функций и простотой управления. Связь с управляющим микроконтроллером осуществляется по интерфейсу I²C. Различные последовательности световых эффектов программируются путем соответствующих установок программно доступных регистров устройства.

Возможны следующие режимы работы светодиодов:

- отработка последовательности световых эффектов;
- свечение синхронно со звуковым сигналом;
- мерцание;
- внешнее управление ШИМ-сигналом.

Световые эффекты программируется последовательностью записи данных в регистры команд (не более 8), каждый из которых имеет формат, представленный на рис. 2.

На рисунке обозначены: Red[2:0], Green[2:0] и Blue[2:0] — интенсивность свечения, соответственно, красного, зеленого и синего светодиодов. Зависимость интенсивности свечения от управляющих кодов представлена на рис. 3.

На этом рисунке: CET[3:0] — время выполнения команды, линейно изменяется от 0,197 до 3,146 сек. TT[2:0] — время изменения сигнала, экспоненциально изменяется от 0 до 3,539 с.

Пример алгоритма выполнения последовательности из трех команд представлен на рис. 4.

При выполнении первой команды происходит линейное изменение интенсивности свечения каналов R₀, G₀, B₀ от начальных значений до заданных в команде значений R₁, G₁, B₁. Скорость изменения определяется значением TT₁. Поскольку время

выполнения команды CET₁ меньше, чем TT₁, то интенсивности свечения на момент завершения команды R₁, G₁, B₁ еще не достигли целевых значений R₁, G₁, B₁.

При выполнении второй команды изменение интенсивности свечения начинается с текущих значений R₁, G₁, B₁ до заданных в команде целевых значений R₂, G₂, B₂. Время TT₂ меньше, чем CET₂, поэтому целевые значения R₂, G₂, B₂ достигаются, и до завершения времени CET₂ интенсивности меняться не будут.

Поскольку для третьей команды задано TT₃ равное нулю, то изменение интенсивности от текущих значений R₂, G₂, B₂ до целевых R₃, G₃, B₃ достигается за минимально возможное время и в дальнейшем не меняется.

Запись нулей в следующую команду указывает на завершение списка команд. Установкой соответствующих битов в регистре управления выбирается один из режимов изменения интенсивности, а также циклическое или однократное выполнение последовательности.

Принципы формирования последовательности световых эффектов по образцу рассмотрим на примере другой новинки National Semiconductor — LP5522. Типовая схема ее включения LP5522 представлена на рис. 5.

Для более простых приложений имеет смысл применять LP5522 — простой, программируемый по одному проводу, контроллер светодиода в миниатюрном корпусе MicroSMD-6. Контроллер обеспечивает стабилизированный выходной ток, величина которого (в диапазоне от 1 до 20 мА) задается номиналом внешнего резистора на выводе ISET. Выходом LED контроллера управляют, используя только один сигнал — CTRL. Этот сигнал управляет или непосредственно выходом, или запускает предварительно записанную световую последовательность. LP5522 работает автономно без синхросигнала от ведущего устройства. Контроллер не имеет функции диммирования и может управлять только одноцветным светодиодом, но миниатюрный корпус и минимальное число внешних компонент в наилучшей степени соответствует требованиям малогабаритных мобильных устройств.

Работа LP5522 в режиме непосредственного управления выходом представлена на рис. 6.

Положительный фронт сигнала CTRL активизирует схему и начина-

ет отсчет времени ввода (T_{ENTER}). В течение этого интервала времени запоминается расположение на временной оси всех положительных и отрицательных фронтов. Если сигнал остается неизменным в течение определенного интервала времени (длительность паузы — T_{BLANK}), то образец считается записанным. Если уровень сигнала на входе CTRL в момент окончания паузы остается высоким (рис. 6, вариант А), то сразу после ее окончания на выходе LED формируется последовательность, воспроизводящая записанный образец. Если после окончания паузы на входе CTRL присутствует низкий уровень сигнала (рис. 6, вариант Б), то воспроизведение сформированной последовательности начнется по положительному фронту сигнала CTRL. Последовательность, сформированная по образцу, не запоминается. Она записывается и однократно воспроизводится либо непосредственно после записи, либо в нужное время.

Рассмотрим режим работы с предварительно записанной последовательностью. Процедура ее записи представлена на рис. 7.

В этом режиме запись последовательности начинается с команды “Начало записи”. Устройство должно находиться в режиме ожидания. Если за время T_{ENTER} на входе CTRL будут сформированы два управляющих положительных импульса, а в течение паузы T_{BLANK} на входе CTRL будет низкий уровень сигнала, то с момента появления положительного фронта на входе CTRL начнется запись последовательности, а именно от 1 до 3 положительных импульсов. Последовательность завершается командой “Конец записи”, а именно: тремя управляющими положительными импульсами, сформированными в течение времени T_{ENTER} . Есть определенные ограничения на величину интервалов T_{ENTER} и T_{BLANK} : длительность управляющих и рабочих импульсов, позволяющих их однозначно интерпретировать, а также механизм реакций на “нештатные” ситуации при записи. Это может быть уточнено в справочных материалах по LP5522 [1].

Записанная последовательность может быть воспроизведена циклически и однократно. Процесс циклического воспроизведения представлен на рис. 8.

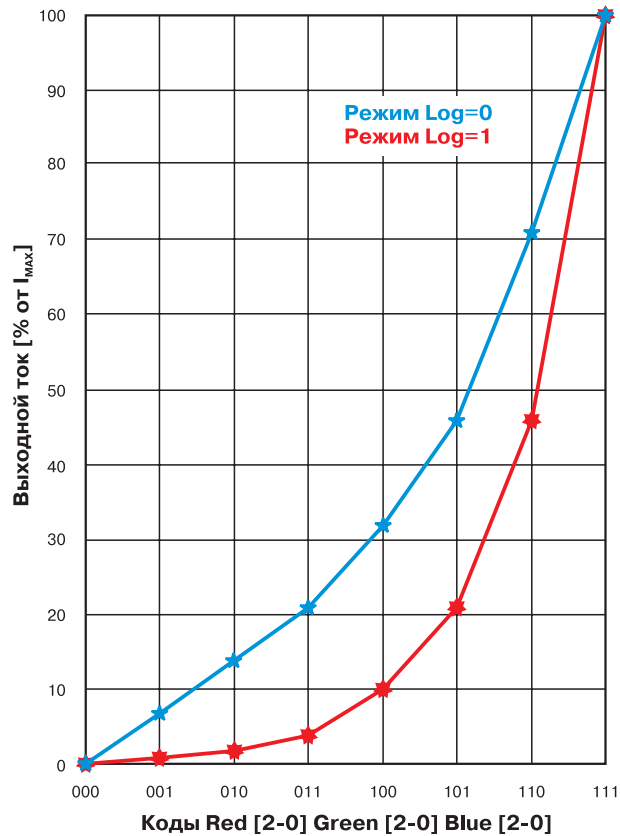


Рис. 3. Зависимость выходного тока от значений кодов RGB

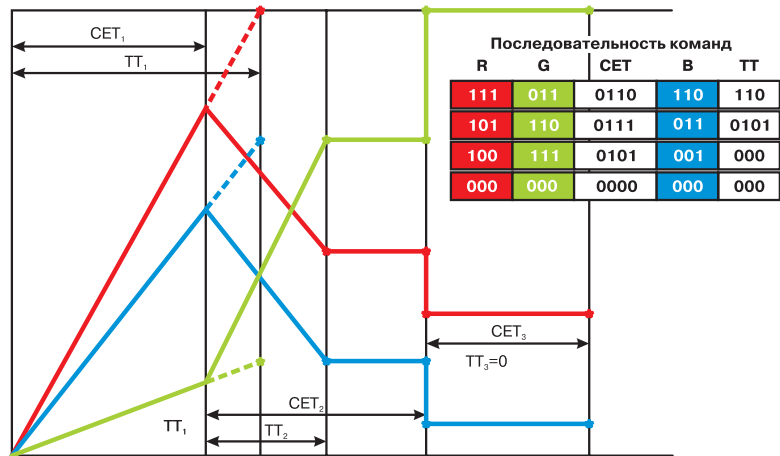


Рис. 4. Пример алгоритма выполнения последовательности команд в LP3952

Единственный положительный перепад на входе CTRL за время ввода T_{ENTER} , запускает циклическое воспроизведение последовательности. Если высокий уровень сигнала не изменится за время ввода и время паузы, то на выходе LED начнется воспроизведение записанной ранее последовательности. Воспроизведение циклически продолжается неограниченное число раз до тех

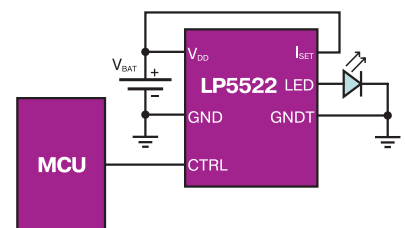


Рис. 5. Типовая схема включения LP5522

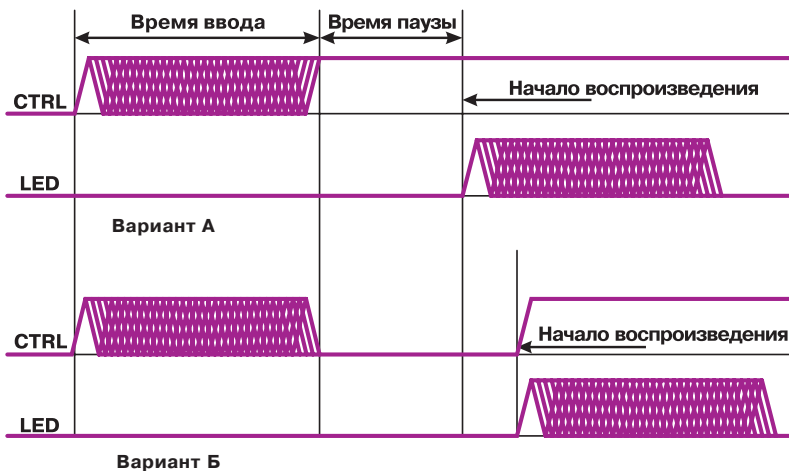


Рис. 6. Работа LP5522 в режиме непосредственного управления выходом

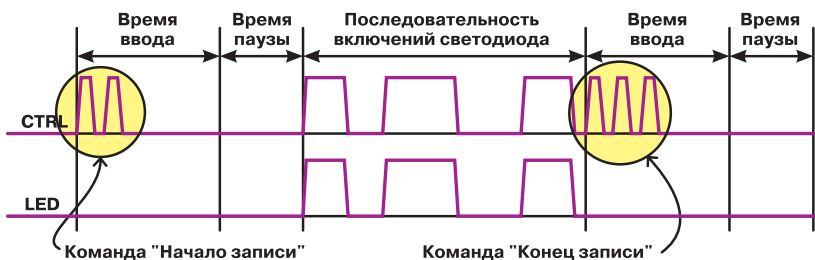


Рис. 7. Процедура предварительной записи последовательности

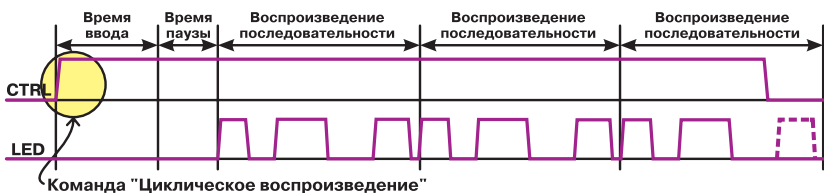


Рис. 8. Процедура циклического воспроизведения записанной последовательности

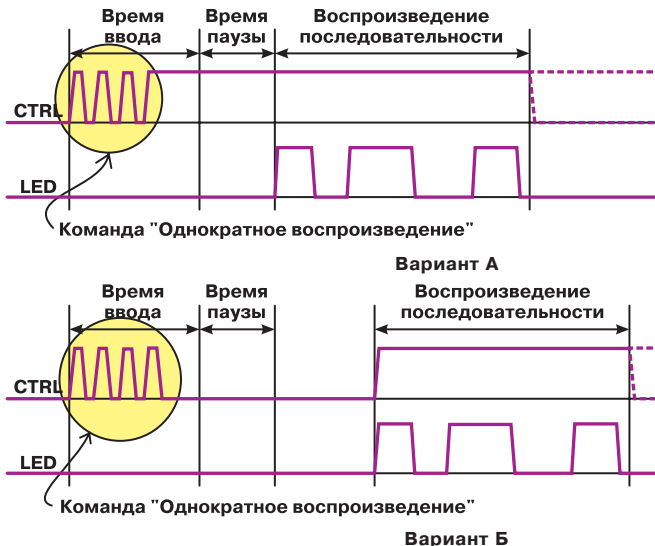


Рис. 9. Процедура однократного воспроизведения записанной последовательности

пор, пока на входе CTRL сохраняется высокий уровень сигнала. Отрицательный перепад приводит к прекращению воспроизведения, не дожидаясь завершения последовательности.

Процесс однократного воспроизведения последовательности представлен на рис. 9.

Команда “Однократное воспроизведение” представляет собой последовательность из четырех положительных перепадов в течение времени ввода T_{ENTER} . Если после четвертого положительного перепада сигнал продолжал иметь высокий уровень, то воспроизведение начинается сразу после паузы (рис. 9, вариант А), а в противном случае — по положительному фронту сигнала на входе CTRL (рис. 9, вариант Б). Как и в режиме циклического воспроизведения, необходимым условием завершения воспроизведения является высокий уровень сигнала на входе CTRL.

МИКРОСХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСВЕТКОЙ ЦВЕТНЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ДИСПЛЕЕВ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Подсветка дисплеев в мобильных устройствах стала самостоятельной задачей с появлением именно цветных дисплеев. Монохромные дисплеи подсвечивались одноцветным светодиодом (как правило, зеленым, желтым или оранжевым), но в настоящее время мобильные устройства с монохромным дисплеем становятся скорее исключением, чем правилом. Для подсветки цветных жидкокристаллических дисплеев используются несколько светодиодов белого цвета. Известно, что одноцветные белые светодиоды являются в основном синими светодиодами с желтым люминофором на линзе. Но, белый цвет также может быть сформирован на полноцветном RGB светодиоде при определенном сочетании интенсивностей красного, зеленого и синего цветов (“точка белого”). Принцип формирования “истинно белого” цвета из RGB составляющих поясняется рис. 10.

Качественное различие двух названных способов состоит в том, что спектр излучения белых светодиодов

не идеален с точки зрения фотографического воспроизведения. Их спектр имеет два пика: один в синем и другой в желтом участках спектра. Полноцветный RGB светодиод имеет три пика, интенсивностью каждого из которых можно управлять. Различия в спектрах типичного белого светодиода полноцветного RGB светодиода представлено на рис. 11.

Используя подсветку на белых светодиодах, можно достичь цветопередачи жидкокристаллического дисплея примерно равной 75% по шкале NTSC (красный конец спектра обычного жидкокристаллического дисплея, как правило, срезан). При использовании для подсветки многоцветных RGB светодиодов воспроизведение цветов может быть отрегулировано до уровня 100%, что приводит к большей цветовой насыщенности и лучшему качеству изображения. В этом случае меньшая часть мощности тратится впустую.

Очевидно, что первый способ проще и дешевле, а второй сложнее и дороже. Тем не менее применение каждого из этих способов имеет свои ниши.

Применение подсветки на белых светодиодах целесообразно в тех мобильных устройствах, где точность цветопередачи на дисплее не является критичной. Это электронные игрушки, MP3-плееры, карманные компьютеры и мобильные телефоны, не оснащенные фотокамерой или имеющие фотокамеру с ограниченным разрешением.

В цифровых фото- и видеокамерах, а также мобильных телефонах с фотокамерами высокого разрешения адекватная цветопередача на дисплее просто необходима. В этих устройствах применение подсветки на полноцветных светодиодах становится оправданным.

Основные проблемы, возникающие при подсветке жидкокристаллического дисплея полноцветными светодиодами, это: во-первых, цветовой спектр дисплея на жидких кристаллах не идеален в принципе; во-вторых, даже в пределах одной модели дисплея существует вполне заметный разброс параметров. Эти проблемы решаются путем подбора корректирующих RGB коэффициентов "точки белого" для базовой температуры (например, 25°C). Следующая проблема заключается в

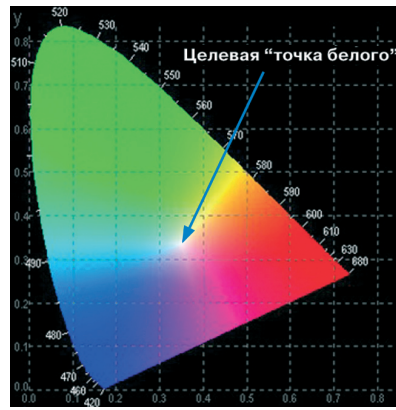


Рис. 10. Хроматическая диаграмма CIE-1931. Формирование белого цвета из базовых цветов

том, что с изменением температуры светодиода баланс яркости между базовыми цветами изменяется. То есть те RGB коэффициенты, которые обеспечивали "истинно белый" цвет при базовой температуре, при другой температуре создадут иной цвет, отличный от "истинно белого", что приведет к потере адекватности цветопередачи на дисплее. Таким образом, если для подсветки жидкокристаллического дисплея используются полноцветные RGB светодиоды, то устройство управления подсветкой должно корректировать баланс яркости между базовыми цветами при изменении температуры светодиода. Устройство должно корректно удерживать "точку белого" полноцветного светодиода при любой рабочей температуре.

Такая коррекция может использоваться цепь обратной связи (замкнутый контур управления) или не использоваться ее (разомкнутый контур). При использовании коррекции с замкнутым контуром применяется оптический датчик цветности для измерения параметров реально формируемого белого

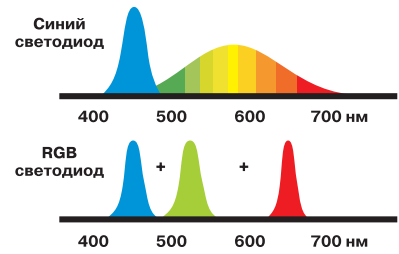


Рис. 11. Различия спектров белого и полноцветного RGB светодиодов

цвета. При коррекции с разомкнутым контуром измеряется температура, а настройка "точки белого" осуществляется по заранее рассчитанным функциям (кривым замещения).

Для генерации "истинно белого" цвета подсветки дисплея полноцветными RGB светодиодами компания National Semiconductor предлагает новое устройство управления подсветкой LP5520, в котором используется коррекция белого цвета с разомкнутым контуром обратной связи. Принцип цветовой коррекции с разомкнутым контуром поясняется на рис. 12. При коррекции с разомкнутым контуром положение белой точки сохраняется на всем диапазоне рабочих температур. Кривые температурной компенсации измеряются для конкретных типов жидкокристаллического дисплея и полноцветного RGB светодиода, используемого для подсветки данного дисплея. Эти кривые прошиваются изготовителем дисплея во внутреннюю перепрограммируемую постоянную память микросхемы. При подсветке дисплея многоцветными RGB светодиодами может использоваться и светофильтр, но при этом кривые замещения будут другими.

Микросхема LP5520 может быть использована для управления яркостью дисплея. Принципы регулиро-

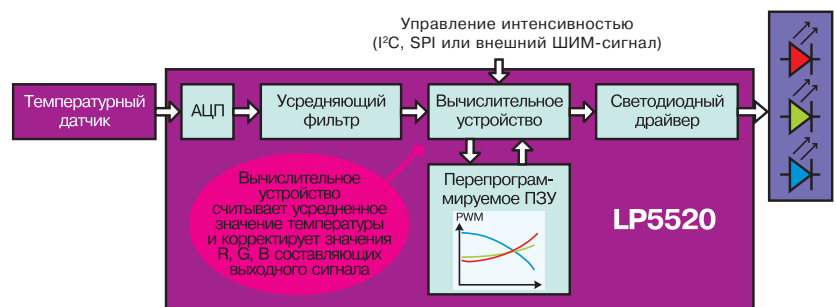


Рис. 12. Реализация цветовой коррекции с разомкнутым контуром в LP5520

вания в этом случае аналогичны тем, которые использовались при управлении светодиодами подсветки.

Уровнем яркости управляют через интерфейсы SPI или I²C. Драйвер LP5520 в соответствии с кривыми замещения вычисляет фактическое значение скважности широтно-импульсной модуляции по каждому из базовых цветов, для того чтобы сохранить правильное положения “точки белого”. Автоматическое усиление или ослабление сигнала может использоваться для плавного изменения яркости. Яркостью можно управлять альтернативно внешним ШИМ сигналом. Драйвер LP5520 также имеет интерфейс для датчика освещенности. Цветовая коррекция прозрачна для изготовителей и не требует специального программного обеспечения необходимого для управления подсветкой дисплея.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ СВЕТОДИОДНЫХ ДРАЙВЕРОВ

Поскольку число светодиодов в мобильных телефонах и других

бытовых мобильных приборах непрерывно увеличивается, необходим быстрый и достоверный способ проверки наличия соединения с каждым светодиодом. Тестирование соединений светодиодов в конечной продукции обычно требует наличия контрольных точек на печатной плате для каждого светодиода или применения оптических методов испытаний.

Размещение контрольных точек на печатной плате является непростой задачей, если учитывать высокую плотность компоновки печатных плат в мобильных устройствах. Оптические методы контроля дороги и трудоемки.

Средства встроенного самоконтроля в современных светодиодных драйверах дают возможность проверить наличие соединения с каждым светодиодом и получить результаты тестирования по интерфейсу I²C или SPI за короткое время. Это делает проверку качества конечной продукции простой, быстрой и эффективной. Встроенные средства контроля соединений интегрированы, например, в светодиодном

драйвере LP55281, и это только один из примеров сервисных функций, предоставляющих дополнительные возможности разработчикам и производителям мобильных устройств.

Таким образом, многоцветные светодиоды предоставляют интересные возможности для совершенствования дизайна и потребительских свойств мобильных телефонов и других бытовых мобильных устройств. Однако увеличение количества светодиодов, используемых в мобильных устройствах, ставит и новые задачи. Наиболее значительная из них — эффективное управление этим множеством, сочетающее при этом, с одной стороны, необходимый уровень функциональных возможностей и удобство управления, а, с другой — минимизирующее потребляемую мощность, размеры и стоимость конечного изделия. Новое поколение микросхем управления светодиодной подсветкой фирмы National Semiconductor решает эти задачи на уровне, соответствующем современным тенденциям использования светодиодов в мобильных устройствах.