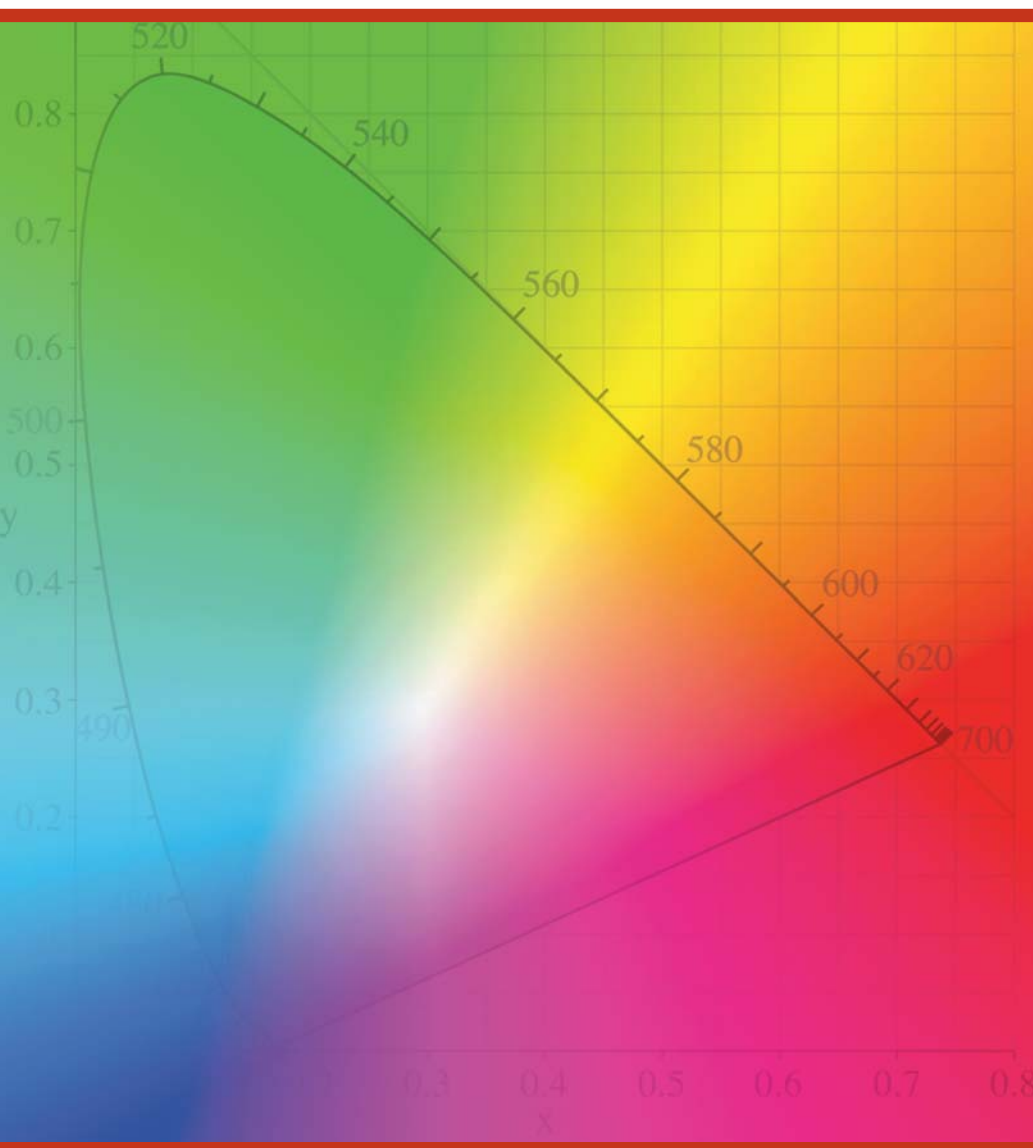


Смешивание цвета

▶ Правильное смешивание цвета излучения RGB-светодиодов — сложная задача. Ее решение иллюстрируется на примерах использования демонстрационной платы и микроконтроллера PIC12.



Разработчики стремятся до мельчайших подробностей воссоздать цветовую гамму в соответствии с требованиями проекта, но точная передача цвета с помощью разного осветительного оборудования и вспомогательных средств по-прежнему остается непростой задачей.

Известно немало способов обеспечить необходимый цвет — к ним относятся цветовые модели CMYK, RGB, CIE и HunterLab. Любой заданный цвет можно описать с помощью трех переменных, что объясняется наличием у сетчатки глаза трех видов рецепторов (колбочек). Каждый вид колбочек создает свой отклик на определенную длину волны видимого спектра.

Распространенным способом представления цвета считается линейная трехкомпонентная цветовая модель CIE XYZ, где Y является освещенностью, или яркостью, а X и Z определяют хроматичность (цветность). Например, у серого и белого цветов — одинаковая цветность, но они различаются по яркости. Таким образом, трехмерное цветовое пространство описывает все цвета, которые воспринимают глаза человека.

Несмотря на то, что светодиоды с красным, зеленым и синим свечением в совокупности воспроизводят широкий диапазон цвета, задача по непрерывному переходу от одного цвета к другому может оказаться достаточно сложной. С этой целью, в частности, применяется микроконтроллер (МК), запрограммированный таким образом, чтобы приложение воспроизводило необходимые цвета. На рис. 1 представлена диаграмма цветности (хроматическая диаграмма) CIE 1931.

Прямая линия, соединяющая любые две точки на диаграмме цветности, проходит через точки, соответствующие другим цветам, полученным путем смешения двух исходных цветов. Благодаря этому эффекту для создания белого цвета в светодиодах с синим свечением используется желтый люминофор.

Возможность воспроизведения цвета на хроматической диаграмме с помощью RGB-источников света ограничена цветами, заключенными в так называемый треугольник Максвелла (рис. 1). Диапазон изменения воспроизводимого цвета именуют цветовым треугольником. Следует заметить, что эта гамма не является полной при воспроизведении цветов диаграммы на экране компьютерного

монитора в силу ограниченности его характеристик. В центре диаграммы находится небольшое белое пятно. Возможность воссоздания чистого белого цвета указывает на хорошее качество цветового смешения.

Смешивание цвета

Смешивание цвета осуществляется с помощью МК PIC12F1572 от Microchip. Это устройство оснащено тремя 16-бит ШИМ, которые осуществляют точное управление каждым RGB-светодиодом, создавая плавный цветовой переход даже при малой освещенности. Программное обеспечение для смешивания цвета позволяет разработчику определять цвет, а МК выполняет необходимые вычисления. Демонстрационная плата реализует эти функции с помощью ползункового потенциометра HSVW (Hue, Saturation, Value, W — тон, насыщенность, значение, белый цвет). Эту плату можно переконфигурировать для работы в режиме схемы по выбору цветности.

Питание платы поступает через USB-интерфейс, от плоского круглого аккумулятора или от батарейки АААА. Конфигурация платы с ползунковым потенциометром HSVW представлена на рис. 2. При подаче питания на плату с ползунковым потенциометром свечение циклически изменяется по принципу цветового колеса HSVW. Спустя некоторое время светодиоды начинают мерцать, экономя расход энергии батареи. Потенциометр, установленный на краю платы, помогает выбрать цвет, отображаемый на дисплее. На рис. 3 показан принцип работы цветового колеса, в котором используется также белый цвет.

В первом из двух режимов выводы RA0 и RA1 (рис. 2) работают с емкостным сенсорным потенциометром — при нажатии и скользящем движении пальца он позволяет выбирать разные значения цвета при изменении значений одной цветовой координаты. Во втором режиме требуемый цвет выбирается с помощью хроматической диаграммы (рис. 1). В этом случае выводы RA0 и RA1 конфигурируются как последовательные интерфейсы EUSART, через которые значения цвета передаются на плату по последовательному USB-соединению. Микроконтроллер PIC16F1455 преобразует данные, поступившие через USB-интерфейс, в формат EUSART со скоростью 9600 бод. Структурная

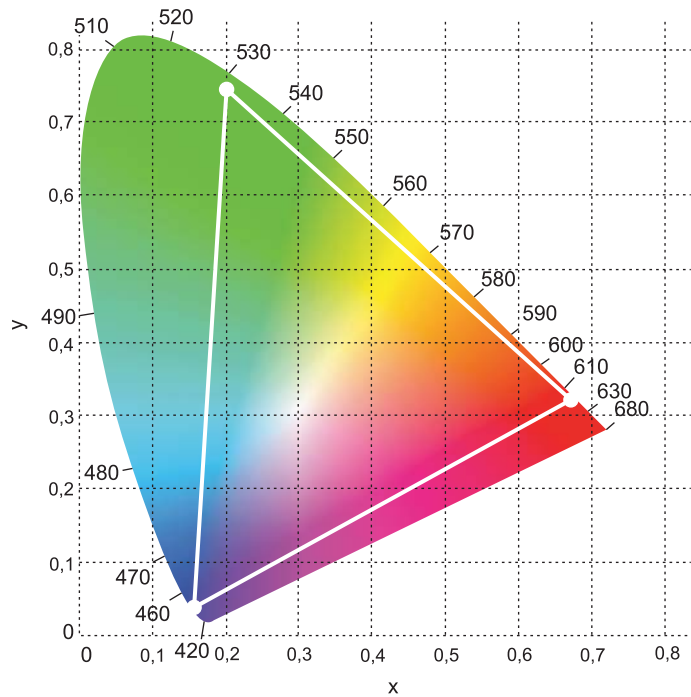


Рис. 1. Диаграмма цветности CIE 1931

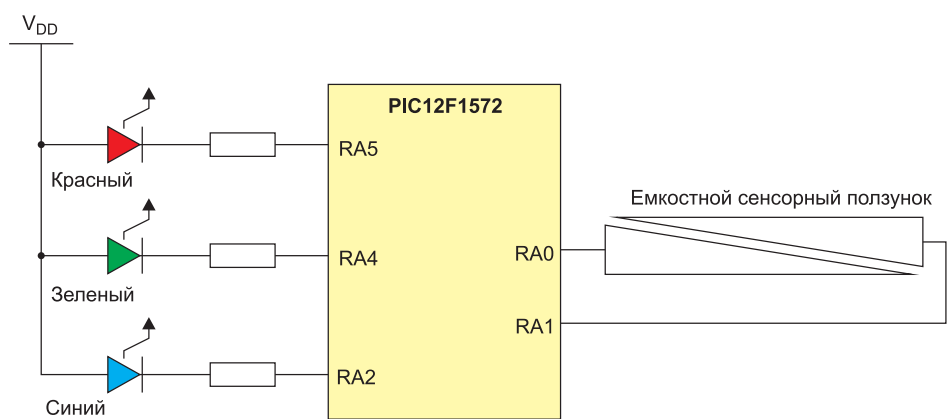


Рис. 2. Демонстрационная плата для смешивания цветов с использованием ползункового потенциометра HSVW

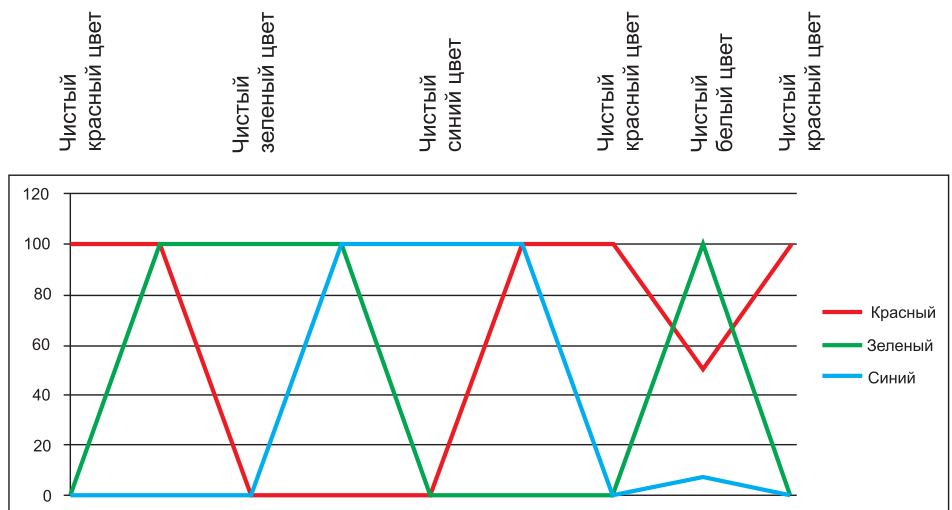


Рис. 3. Принцип работы сенсорного ползункового потенциометра HSVW

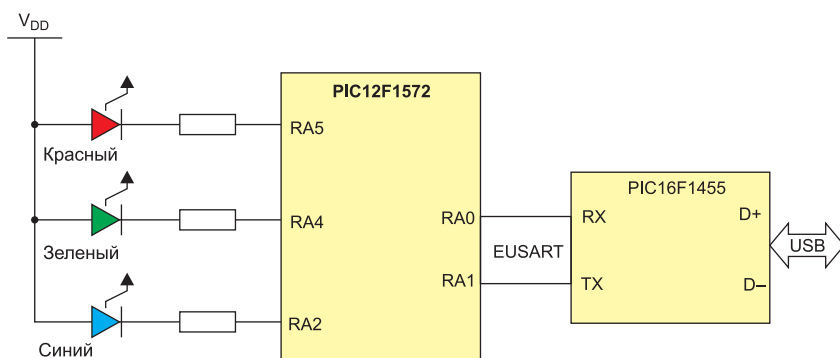


Рис. 4. Демонстрационная плата для смешения цвета, сконфигурированная для работы с селектором диаграммы цветности

схема платы для работы с переключателем цвета представлена на рис. 4.

При выборе цвета вне пределов цветового треугольника светодиодов выдается сообщение об ошибке, и отображаемый цвет не изменяется. В тех случаях, когда указанное значение соответствует цветовой гамме источников света, цвет меняется.

Настройка

Значения резисторов выбирают таким образом, чтобы установить одинаковый световой поток для каждого цвета. В рассматриваемом случае для светодиода с красным свечением величина сопротивления составила 202 Ом, для зеленого цвета — 325 Ом, а для синего — 61 Ом. Все значения интенсивности излучения каждого цвета этих светодиодов измерялись с помощью хромометра.

При изменении температуры интенсивность света тоже меняется. Такой диапазон может быть достаточно широким, что зависит от типа светодиодов. Это обстоятельство необходимо учитывать при создании конечного изделия, особенно если оно предназначено для наружного освещения.

Глаза человека фиксируют, а мозг распознаёт мерцания света с частотой около

200 Гц. Кроме того, при эксплуатации систем освещения происходят нелинейные искажения на частоте 50 и 60 Гц. Таким образом, рекомендуется, чтобы переключатели светодиодного освещения работали на частотах выше 200 Гц. Рабочая частота периферийного ШИМ в случае его применения с микроконтроллером PIC12F1572 также должна существенно превышать 200 Гц. При использовании ШИМ-метода коэффициент заполнения соответствует той доле мощности, которая поступает на нагрузку. Данный метод является достаточно точным и эффективным способом регулирования выходной мощности.

Хроматическая диаграмма

Для определения диапазона цветов, соответствующих хроматической диаграмме, была разработана демонстрационная плата. Их значения преобразуются в RGB-величины, которые смешиваются для создания определенного цвета. Яркость отдельных светодиодов с красным, зеленым и синим свечением управляется с помощью периферийного ШИМ. Разрешение каждого модулятора составляет 16 бит, что обеспечивает плавное изменение цвета даже при очень малых значениях коэффициента заполнения.

Программное обеспечение формирует последовательные команды, предназначенные для вызова подпрограммы ColorMix. Для выполнения этих операций требуются большие вычислительные ресурсы: например, для вычисления ШИМ-значений необходимо около 7,7 мс (при тактовой частоте 16 МГц). Если бы эта подпрограмма использовалась для вычисления непрерывно изменяющихся цветов, частота обновления уменьшилась бы до 130 Гц, а плавность переходов ухудшилась.

Подпрограмма ColorMix написана на языке С. Микроконтроллер PIC выполняет инверсию матриц, перемножение и масштабирование для получения требуемого цвета. Все расчеты выполняются с целочисленными значениями. Поскольку переполнения не происходит благодаря масштабированию, все переменные укладываются в 32-бит формат.

Аппаратная конфигурация

Демонстрационная плата сконфигурирована и запрограммирована на заводе-изготовителе для работы с ползунковым потенциометром. С этой целью МК PIC12F1572 программируется с помощью ПО RGBSlider, а программное обеспечение PIC16F1455 должно быть удалено. Для работы с платой в режиме схемы по выбору цветности микроконтроллер PIC12F1572 программируется посредством ПО RGBChroma, и PIC16F1455 — с применением RGBChroma USB.

Выводы

В результате широкого использования светодиодов в цифровых табло и другой рекламе точность цветового воспроизведения увеличилась. В этой статье мы рассмотрели, как осуществляется смешивание цветов на двух примерах с помощью демонстрационной платы с установленными МК PIC12F1572 и PIC16F1455. ●