

УПРАВЛЕНИЕ ЦВЕТОМ RGB-СВЕТОДИОДА ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕРФЕЙСА UART НА FPGA

Крагель В.А., Бобрик А.Ю.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Скиба И.Г. – ассистент

В работе рассмотрены особенности управления цветом трехканального светодиода посредством модуля UART на программируемой логической интегральной схеме. Предложены способы управления яркостью отдельных каналов светодиода с использованием широтно-импульсной модуляции и получения данных о цвете с персонального компьютера.

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) предоставляют широкие возможности для разработки и реализации разнообразных цифровых систем за счёт своей гибкой архитектуры и возможности динамической конфигурации логических схем. Одним из наиболее известных типов ПЛИС являются Field-Programmable Gate Arrays (FPGA), позволяющие программировать и оптимизировать схемы для решения специфических задач в области цифровой обработки сигналов, управления периферийными устройствами и прототипирования сложных систем [1].

В данной работе рассматривается реализация управления цветом RGB-светодиода посредством передачи данных с персонального компьютера (ПК) по интерфейсу UART. Протокол асинхронной последовательной передачи данных используется для обмена информацией между различными электронными устройствами, включая микроконтроллеры, FPGA и персональные компьютеры. Использование UART в качестве средства передачи данных обеспечивает эффективную коммуникацию между ПК и FPGA, позволяя управлять светодиодом в реальном времени.

Для управления яркостью отдельных цветовых компонент RGB-светодиода на FPGA применяется метод широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ШИМ основывается на генерации последовательности импульсов фиксированной частоты, ширина которых изменяется в зависимости от требуемого уровня яркости светодиода. Основной принцип работы метода заключается в изменении среднего значения управляющего сигнала пропорционально изменению длительности сигнала при подаче на светодиод импульсного сигнала с переменным коэффициентом заполнения. Коэффициент заполнения определяется отношением длительности высокоуровневого состояния (t) к общему периоду сигнала (T):

$$\gamma = \frac{t}{T} \quad (1)$$

Кроме того, широтно-импульсная модуляция позволяет аппроксимировать аналоговый сигнал. На рисунке 1 представлен пример аппроксимации аналогового сигнала с использованием ШИМ. Изменяя коэффициент заполнения, можно добиться уровня средней мощности, эквивалентного определённому аналоговому напряжению. При высоком коэффициенте заполнения светодиод получает больше энергии за период времени, что приводит к увеличению его яркости, при низком коэффициенте заполнения яркость светодиода уменьшается.

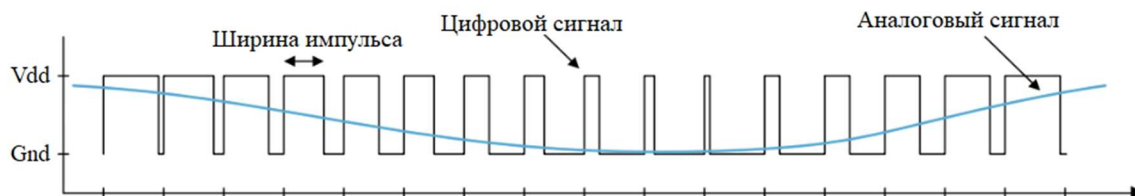


Рисунок 1 – Аппроксимация аналогового сигнала посредством широтно-импульсной модуляции

Для управления цветом светодиода формируется несколько независимых ШИМ-каналов, каждый из которых управляет соответствующей красной, зелёной или синей цветовой компонентой. Дополнительно для хранения текущего состояния цвета используются регистры с разрешением, разрядность которых соответствует разрядности отдельных каналов цвета [2].

Получение данных о цвете осуществляется посредством приема последовательной информации по интерфейсу UART. Протокол UART характеризуется передачей каждого байта данных в виде пакета, состоящего из стартового бита, определённого числа информационных бит, стопового бита и, при

необходимости, контрольного бита. На рисунке 2 представлена используемая в разработанном решении схема получения данных, в которой пакет состоит из стартового бита, 8 информационных бит и стопового бита.

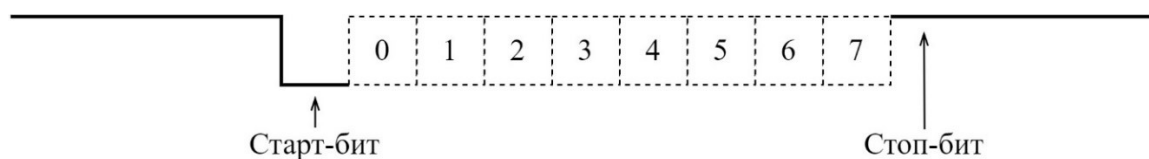


Рисунок 2 – Схема получения байта данных по UART

Для конфигурации UART используется параметр Baud Rate, определяющий скорость передачи данных в битах в секунду. Его значение влияет на преобразование тактового сигнала так, что входной тактовый сигнал делится на данное значение для формирования тактов, соответствующих выбранной скорости передачи.

В выполненной работе используется функция приема данных по UART. Обработка сигнала осуществляется посредством конечного автомата, схема которого изображена на рисунке 3. Данный конечный автомат обеспечивает последовательное считывание одного байта за цикл своей работы [3]. После стопового бита полученный байт выводится на шину и устанавливается флаг завершения чтения данных, который сбрасывается при переходе конечного автомата в состояние старт-бита. Такой подход позволяет интегрировать компонент в цифровую схему для формирования сигналов, управляющих регистрами каналов светодиода.

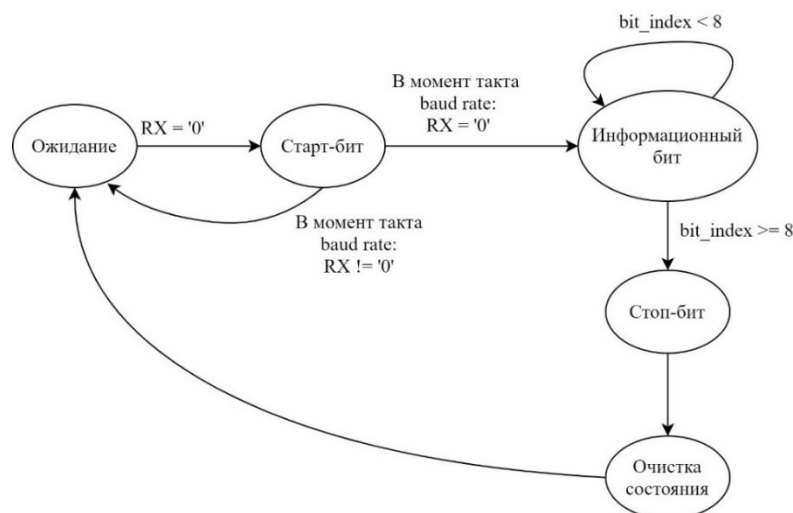


Рисунок 3 – Конечный автомат получения байта данных по UART

Работа компонента, связывающего полученные байты с регистрами цветовых компонент, основана на поиске определённого префикса в потоке данных, служащего признаком начала последовательности управляющих цветом байтов. После обнаружения данного префикса модуль принимает последовательно три байта, каждый из которых соответствует значению яркости для красной, зелёной и синей компонент цвета. Полученные значения записываются в соответствующие регистры, что позволяет в дальнейшем применять их для формирования аналоговых уровней яркости посредством ШИМ.

В данной работе было реализовано управление цветом RGB-светодиода на FPGA с использованием UART для асинхронного приёма данных и их последующей обработки. Это позволило осуществить управление цветом светодиода с ПК посредством передачи управляющих последовательностей по UART на FPGA, где полученные данные преобразуются в сигналы, определяющие яркость каждой из цветовых компонент. В ходе тестирования схемы было обнаружено, что яркость светодиода может быть некомфортна для глаз. Для устранения данной проблемы авторами работы предлагается увеличить период широтно-импульсной модуляции, что приведёт к ограничению максимального значения коэффициента заполнения и снижению яркости светодиода.

Список использованных источников:

1. Уэйкерли, Дж. Проектирование цифровых устройств, том 1 / Уэйкерли, Дж. – Москва : Постмаркет, 2002 – 544 с.
2. FPGA Prototyping by VHDL Examples: Xilinx Spartan-3 Version / Pong P. Chu // John Wiley & Sons, 2008.
3. VHDL for Engineers / Kenneth L. Short // Pearson, 2020.