

УДК 629.331

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НА КУЗОВЕ АВТОМОБИЛЯ

Д. О. Варламов / А. Н. Галенков / А. А. Скворцов, д. ф.-м. н., проф.
Московский политехнический университет

Светодиоды RGB, в корпус которых встроены три светодиода (красный, зелёный и синий), известны достаточно давно. Они позволяют сформировать любой цвет, который пожелает пользователь. Для того чтобы сформировать белый цвет, зажигаются все светодиоды, для формирования жёлтого включаются красный и зелёный, для фиолетового — красный и синий, для голубого — зелёный и синий. Однако для того, чтобы получить, например, оранжевый цвет, уже используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ) питания светодиодов, управляемая с помощью микроконтроллера: на красный светодиод питание подаётся с коэффициентом заполнения, равным 1, а на зелёный — 0,5. Таким образом могут быть сформированы различные оттенки.

RGB-светодиоды уже получили своё распространение в автомобильном тюнинге: ими подсвечиваются приборные панели, салон автомобиля, повторители поворотов и автомобильные фары.

Возможно ли с помощью таких RGB-светодиодов сделать из кузова автомобиля один сплошной информационный экран, где каждый светодиод — пиксель будет выдавать свой индивидуальный оттенок, как это реализовано на рис. 1 и 2? К сожалению, невозможно. Однако на помощь приходят интеллектуальные свето-

диоды, которые с лёгкостью справляются с поставленной задачей.

В 2016 году были выпущены интеллектуальные светодиоды WS2813 (рис. 3). В стандартном корпусе 5050 размером 5 × 5 мм для поверхностного монтажа располагаются зелёный, синий, красный светодиоды и чип управления. Чтобы пульсации напряжения питания не влияли на работу чипа, в корпус также встроена фильтрующая цепочка, состоящая из последовательно резистора и блокирующего конденсатора.

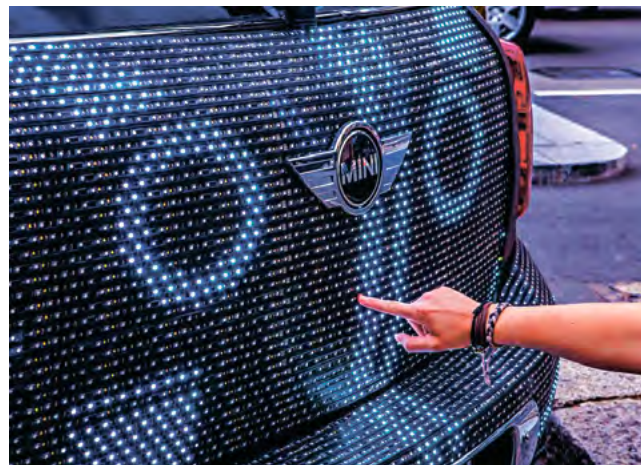


Рисунок 1. В сентябре 2016 года компания MINI в рекламных целях запустила на улицы Лондона MINI Countryman, по всей площади украшенный 48 000 интеллектуальных светодиодов. На его поверхность транслируются анимация и видеоролики



Рисунок 2. В декабре 2016 года компания Lexus представила прототип автомобиля LIT IS, покрытый 41 999 интеллектуальными светодиодами, которые превращают корпус автомобиля в интерактивный светодиодный экран, способный отображать динамическую графику и видео

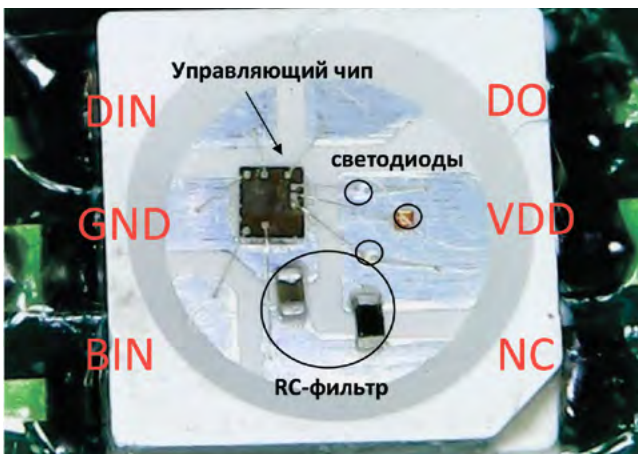


Рисунок 3. Внутренняя структура интеллектуального светодиода под микроскопом

Отображаемый цвет интеллектуального светодиода задаётся цифровым кодом, который формируется микроконтроллером. При этом данные передаются только по одному проводу. Сигнал управления проходит сквозь WS2813, поэтому светодиоды могут быть объединены в длинную цепочку с сохранением возможности управлять каждым светодиодом в цепочке по отдельности.

Однопроводной интерфейс в чипе интеллектуального светодиода функционирует следующим образом (рис. 4): вывод DIN принимает данные от управляющего микроконтроллера, при этом первый чип в последовательной цепи собирает первые 24 бита данных и передаёт их во внутренний регистр — защёлку. Сигналы данных, не относящиеся к конкретному чипу, проходят через встроенный узел восстановления и усиления, после чего они передаются следующему в цепочке чипу через вывод DO. После прохождения каждого чипа количество бит в общем потоке данных уменьшается каждый раз на 24 бита. У каждого интеллектуального свето-

диода имеется также вывод BIN, который подключается параллельно входу предыдущего интеллектуального светодиода таким образом, что если один интеллектуальный светодиод выходит из строя, то цепочка за ним продолжает работать. Вывод NC не используется. Количество последовательно соединяемых интеллектуальных светодиодов ограничивается только скоростью передачи данных и требуемой частотой обновления яркости, которая достигает 2 кГц.

Таблица и рисунок поясняют принцип побитной передачи данных в применяемом однопроводном интерфейсе (рис. 5). Каждый бит кодируется длительностью импульса. Передача лог. 0 осуществляется коротким импульсом, а единицы — более длинным. Сигналом сброса и началом нового цикла обновления данных считается наличие низкого уровня на линии в течение 300 мкс. Рекомендуемое производителем время передачи одного бита составляет $1,25 \text{ мкс} \pm 300 \text{ нс}$ (соответственно, скорость передачи данных составляет 800 Кбит/с), однако пауза у последних битов в каждом передаваемом байте может быть значительно увеличена (вплоть до 100 мкс) для удобства анализа пакетов данных с помощью логического анализатора.

После прихода сигнала сброса чип интеллектуального светодиода определяет требуемый коэффициент заполнения ШИМ выходных каналов на красный, зелёный и синий светодиоды в соответствии с полученными 24 битами. Первые 8 бит кодируют яркость красного цвета, вторые — зелёного, третьи — синего (рис. 6). Таким образом, каждый из трёх встроенных светодиодов имеет $2^8 = 256$ градаций яркости. В результате данные светодиоды выдают $256^3 = 16\,777\,216$ различных оттенков.

Подобные интеллектуальные светодиоды существовали и ранее (рис. 7). Так, в 2008 году появились чипы WS2801, которые управляли RGB-светодиодом, расположенным в корпусе 5050. RC-фильтр и согласующие

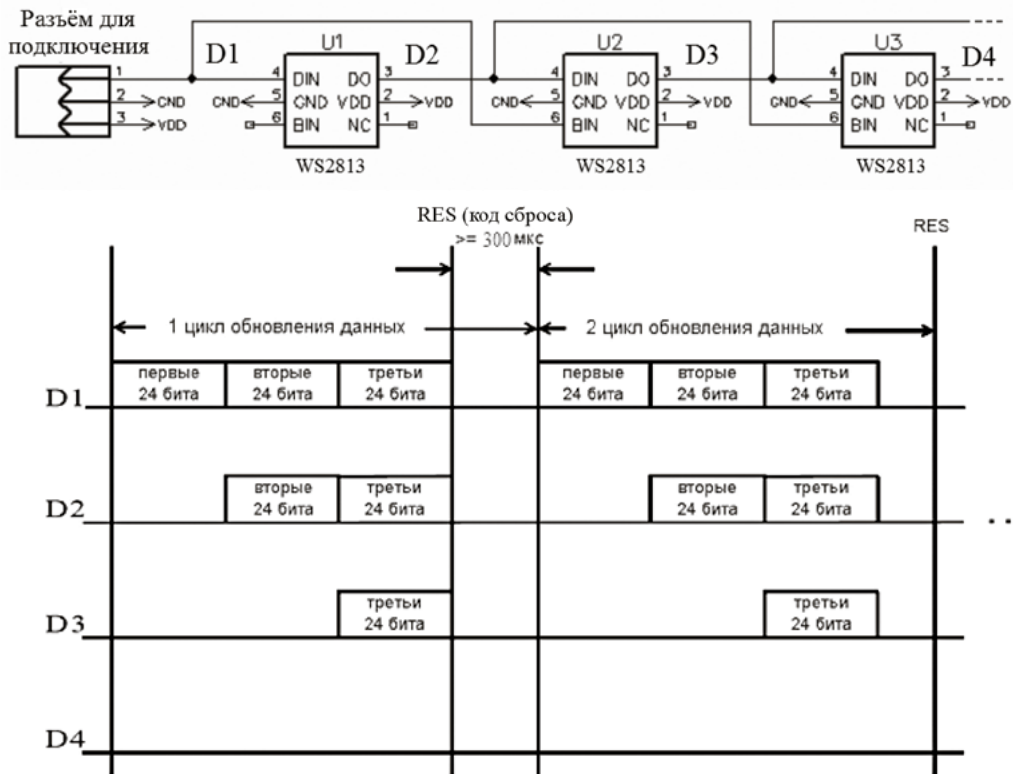


Рисунок 4. Схема соединения интеллектуальных светодиодов в последовательную цепь и диаграмма передачи и обновления данных

сопротивления также находились вне корпуса 5050. Для передачи данных между чипами использовался SPI-интерфейс. В появившихся в 2014 году WS2812 в корпус 5050 уместили управляющий чип и все необходимые компоненты, за исключением конденсатора RC-фильтра. Двухпроводной интерфейс SPI заменили однопроводным, как в WS2813, только с более строгими требованиями к длительности низкого уровня сигнала, что затрудняло распознавание отдельных байтов в пакете передаваемых данных с помощью логического анализатора. Однако, как и в случае с WS2801, при выходе одного из интеллектуальных светодиодов из строя гасли все следующие за ним в последовательной цепи.

Разобрав устройство и принцип работы интеллектуального светодиода, снова обратимся к автомобилям, фотографии которых представлены на рис. 1 и 2.

Если разделить скорость передачи данных на количество бит, необходимое для каждого светодиода, по-

лучим количество светодиодов, которые можно обновлять одновременно в одной линии один раз в секунду: $800\,000 / 24 = 33\,333$ светодиода. Теперь определим количество светодиодов, на которые можно выводить анимацию с частотой 30 Гц: $33\,333 / 30 = 1\,111$ шт. Очевидно, что для автомобилей, представленных на рис. 1 и 2, для отображения на них анимации приходится использовать как минимум 40 таких последовательных цепочек из интеллектуальных светодиодов.

Попробуем определить минимальную стоимость покрытия автомобиля таким светодиодным экраном: при средней цене 6 400 рублей за тысячу таких светодиодов в известном китайском интернет-магазине она составит: $40 \times 6\,400 = 256\,000$ рублей (без учёта стоимости управляющей электроники и установки).

Обратимся к техническому описанию и определим потребляемую мощность автомобильного светодиодного экрана при оптимальной для воспроизведения ви-

Кодирование бита	Параметр	Длительность
Логический 0	T0H	300–450 нс
	T0L	300 нс — 100 мкс
Логическая 1	T1H	750–1 000 нс
	T1L	300 нс — 100 мкс
Сброс		>300 мкс



Рисунок 5. Принцип побитной передачи данных, используемый интеллектуальными светодиодами

R	R	R	R	R	R	R	R	G	G	G	G	G	G	G	G	B	B	B	B	B	B	B	B
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0

Рисунок 6. Пакет данных из 24 бит, который передаётся для каждого интеллектуального светодиода в последовательной цепи



Рисунок 7. Сегменты светодиодной ленты с интеллектуальными светодиодами (слева направо): WS2801, WS2812, WS2813

део яркости: $0,018 \text{ A} \times 5 \text{ В} \times 40\,000 \text{ шт.} = 3,6 \text{ кВт}$. При этом максимальное пиковое потребление может достигать $0,054 \text{ A} \times 5 \text{ В} \times 40\,000 \text{ шт.} = 10,8 \text{ кВт}$!

Очевидно, что при использовании такого автомобиля для компенсации пикового потребления потребуется установка генератора повышенной мощности и высокоёмкого аккумулятора.

В заключение следует отметить, что из-за высокой стоимости подобных светодиодных экранов и их высокого энергопотребления об их установке на автомобили массового производства пока не может идти речи, однако они могут быть востребованы при проведении рекламных акций и при тюнинге автомобилей премиум-класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Lingeman J. Lexus wants you to get lit with LED-equipped IS sedan // Autoweek. — 2016. — December 5 [Электронный ресурс]. URL: <http://autoweek.com/article/wait-theres-more/lexus-wants-you-get-lit-led-equipped-sedan> (дата обращения: 17.03.2017).
2. Светодиодные автомобили — впервые в мире весь MINI Art Beat был покрыт светодиодами // LEDNEWS. — 2016. — 25 сентября [Электронный ресурс]. URL: <http://lednews.ru/vpervyie-v-mire-svetodiodnyie-avtomobi/> (дата обращения: 17.03.2017).
3. WS2813. Intelligent control integrated LED light source // Shenzhen LED Color Optoelectronic Co. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. — URL: <http://szledcolor.com/download/WS2813%20LED.pdf> (дата обращения: 17.03.2017).
4. WS2812B. Intelligent control integrated LED light source // ЧИП и ДИП: техническая документация [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. — URL: <https://lib.chipdip.ru/554/DOC001554925.pdf> (дата обращения: 17.03.2017).
5. WS2811 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. — URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2811.pdf> (дата обращения: 17.03.2017).