

ТЕСТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ USB 2.0 С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ R&S®RTO

USB 2.0 COMPLIANCE TEST WITH R&S®RTO DIGITAL OSCILLOSCOPES

Бернард Шульц (Bernhard Schulz), Гuido Шульце (Guido Schulze)

ВВЕДЕНИЕ

Протокол USB является одним из наиболее распространенных. Он предполагает три режима работы, отличающиеся скоростями передачи данных, составляющими 1,5, 12 или 480 Мбит/с. Для каждой скорости передачи установлены собственные испытания, совокупность которых обеспечивает качественный обмен данными между взаимодействующими устройствами. Для USB 2.0 разделяют тесты для режимов приема и передачи, которые подробно описаны в [1]. Тестирование передатчика выполняется с помощью осциллографа с полосой пропускания не менее 2 ГГц. Для тестирования приемника требуется генератор, способный формировать специализированные тестовые сигналы с заданными амплитудами, которые подаются на испытуемое устройство USB.

Среди всех аспектов тестирования одним из важнейших является тестирование по маске. Его необходимо проводить только для высокоскоростного режима High Speed (HS). В разделе 7.1.2.2 спецификации [1] даны определения нескольких тестов по маске для режима HS. В настоящей работе кратко рассматривается тест по маске передатчика USB 2.0 и показывается способ его выполнения с помощью осциллографов R&S RTO.

ГЛАЗКОВЫЕ ДИАГРАММЫ И ТЕСТИРОВАНИЕ ПО МАСКЕ

Глазковые диаграммы используются для определения качества сигнала во временной области. С этой целью поток данных непрерывно повторяется, идущий сигнал разделяется на единичные интервалы. Осциллограммы от отдельных битов накладываются в пределах одного отображения, что и формирует глазковую диаграмму. Такие показатели качества, как раскрытие глазка (сни-



RONDE & SCHWARZ

жение амплитуды за счет шума и спада) и ширина глазка (уменьшенное время раскрытия за счет джиттера) оцениваются по ее виду. Раскрыв глазковой диаграммы тестируется на соответствие маске конкретного стандарта. Части сигнала не должны нарушать границ маски.

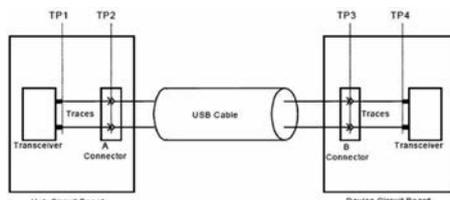


Рис. 2. Сечения тестирования по маске

При тестировании рассматривают режим нисходящей передачи и режим восходящей передачи. В первом случае тестируется передатчик USB-хоста, во втором — подключаемого устройства. Для проведения измерений средство измерений (например, осциллограф) необходимо подключить через оконечные резисторы. На рис. 1 показана схема измерений, реализованная с помощью приспособлений для тестирования USB. В продаже имеются готовые средства тестирования, например, [2]. Измерения проводятся на дифференциальных линиях данных D+ и D-.

Для тестов по маске в спецификации стандарта USB 2.0 определен тестовый пакет, который имеет длину 488 битов и длительность 1,0166 мкс; он непрерывно повторяется с заданной циклическостью. Тестовый пакет включает заголовок (Sync + Data0 PID), полезные данные (различные битовые шаблоны), циклический кон-

троль избыточности (CRC) и данные конца пакета (EOP).

Для отдельных плоскостей тестирования (TP), показанных на рис. 2, заданы различные шаблоны масок. Обычно тесты по маске проводят в плоскостях TP2 и TP3. Точки TP1 и TP4 расположены прямо на микросхемах приемопередатчиков, и тестирование в них необязательно.

Стандарт USB 2.0 предусматривает тестирование по шести шаблонам, отличающимися направлением передачи и типом тестируемого устройства. Среди этих шаблонов предусмотрено два вспомогательных, предназначенных для инженерной отработки передачи данных.

Шаблоны USB-передачи определяют минимальные и максимальные пределы амплитуды, а также пределы для открытого «глаза», а также охватывают тестирование динамических характеристик сигнала на выходе передатчика (уровни выходного напряжения, прямые/обратные выбросы, спады, время нарастания/спада и дрожание фазы). Целью отработки функций передатчика является получение сигнала с широко открытым «глазом», чтобы гарантировать надежную передачу данных.

Шаблоны USB-приема определяют минимальные и максимальные пределы амплитуды и область открытого «глаза». Для тестирования приемника, тем не менее, тестовый сигнал имеет меньшие пределы открытого «глаза», для проверки возможности восстановления переданных данных.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАТЧИКА USB 2.0 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСЦИЛЛОГРАФА R&S RTO

Для выполнения тестирования воспользуемся осциллографом R&S RTO. Он обладает высокими динамическими характеристиками за счет малошумящего входного каскада и аналого-цифрового преобразователя с эффективным числом битов более 7. Другим важным свойством R&S RTO является поддержка во всей полосе частот диапазонов чувствительности, лежащих ниже 10 мВ/дел. Система синхронизации функционирует в режиме реального времени, что значительно снижает джиттер запуска и повышает чувствительность.

Для примера рассмотрим тестирование восходящих каналов передачи. Схема измерений приведена на рис. 3, в которой использована вспомогательная плата. Внешний ПК, с установленной

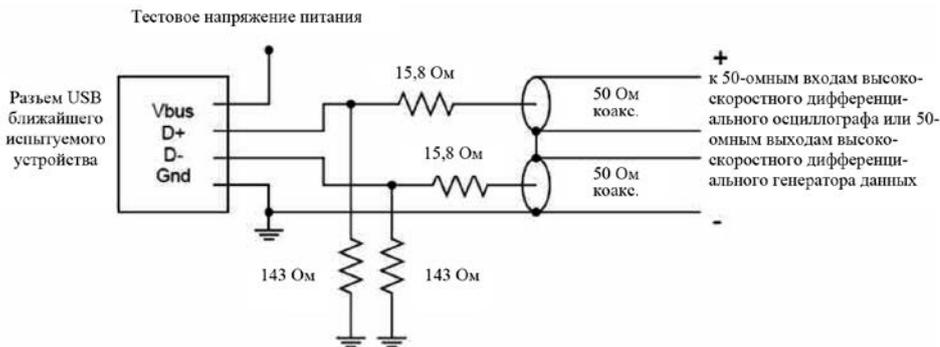


Рис. 1. Схема испытательной установки для тестирования по маске протокола USB 2.0

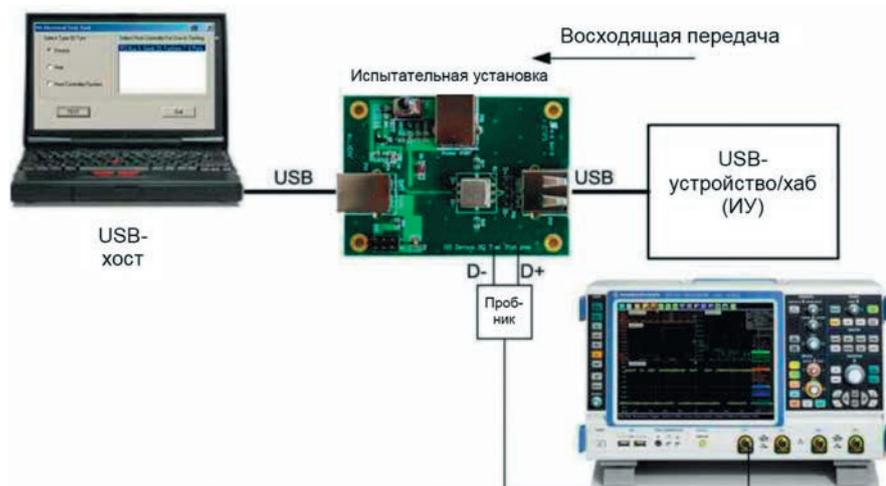


Рис. 3. Схема измерительной установки

программой HS-Electrical Test Tool, предназначенной для тестирования, подсоединяется к порту IN1T. Осциллограф RTO, посредством дифференциального пробника, подсоединяется к плоскости тестирования с соответствующими линиями данных D+ и D-, а испытуемое устройство (ИУ) подсоединяется к порту TEST.



Рис. 4. Настройка запуска для тестового пакета USB 2.0

Инициация передачи обеспечивается соответствующими настройками и выбором тестового пакета в программе HS-Electrical Test Tool. После этого, заданный пакет для тестирования USB 2.0 длиной 488 битов и длительностью 1,0166 мкс должен быть сформирован в ИУ. В спецификации тестирования [1] определено, что для тестирования качества сигналов в режиме HS необходимо использовать дифференциальный пробник, например, R&S RT-ZD30 или R&S RT-ZD40, подключив его к разъемам D+ и D-. Для проведения анализа

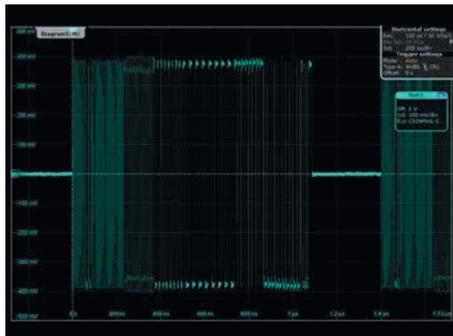


Рис. 5. Вид тестового пакета USB 2.0

необходимо захватить, по крайней мере, один полный тестовый пакет. Для этого устанавливается запуск по временной простоте между пакетами (см. установку и режимы на рис. 4).

После захвата сигнала и подстройки масштаба на экране будет виден, по крайней мере, один тестовый пакет целиком, как показано на рис. 5. Для этого следует установить масштаб по горизонтали 200 нс/дел и изменить позицию запуска на значение 10%. Так как номинальные уровни дифференциального напряжения USB 2.0 составляют ± 400 мВ, установка вертикального масштаба 100 мВ/дел обеспечит наилучшее представление сигнала.

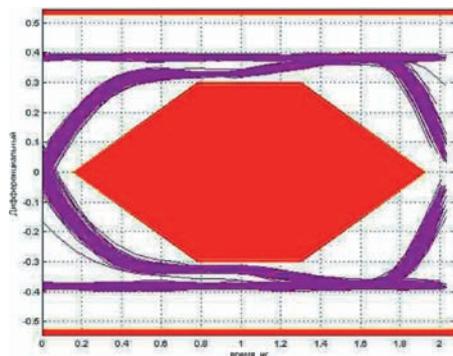


Рис. 6. Соотношение рассчитанной глазковой диаграммы и тестовой маски

Далее, следует сохранить полученную осциллограмму в формате *.csv, в результате чего будут получены файлы с временными и амплитудными параметрами. Для дальнейшей обработки, необходимо объединить их, используя конвертер, выпущенный компанией R&S, в результате чего получается файл с комбинированными данными, который и используется для тестирования по маске.

Для проведения анализа качества сигналов в высокоскоростном режиме на приборе RTO или на любом другом компьютере используется программа USB-IF Electrical Test Tool. В настройках программы указывают текущий тип тестирования. На основе сохраненных

данных она вычисляет глазковую диаграмму и выполняет тестирование по маске с помощью соответствующего шаблона. Результаты тестирования выводятся в html-файл. В нем приводится отчет с численными характеристиками джиттера и другими параметрами, а также с заключением о годности ИУ.

Кроме того, результаты тестирования представляются в графической форме (рис. 6). На глазковой диаграмме в шаблоне маски можно видеть номинальные уровни ± 400 мВ и нарастающие и спадающие битовые переходы. В данном примере, границы внутренней маски и максимальные пределы не нарушаются. Если граница маски нарушена, соответствующие точки данных будут помечены. Аналогично проводится тестирование нисходящего канала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящей статье показан простой и экономически эффективный способ тестирования сигналов стандарта USB 2.0 по маске с помощью осциллографов R&S RTO, оснащенных активными дифференциальными пробниками. Тесты по маске являются эффективным средством проверки целостности сигналов при проведении отладки и тестирования. Возможные нарушения в виде недостаточных значений времени нарастания/спада, выбросов, джиттера или шума определяются без особых затруднений.

Цифровой осциллограф R&S RTO зарекомендовал себя в качестве подходящего прибора для захвата сигналов для получения надежных результатов измерений. Официальные программные средства, предоставляемые Форумом по внедрению USB на сайте usb.org, позволяют провести скоростной анализ и отобразить все результаты в одном отчете. Помимо анализа тестов по маске, программа USB-IF Electrical Test Tool выполняет дополнительное тестирование качества сигнала, например, определяет скорость передачи данных, монотонность фронтов, скорость нарастания/спада и дополнительную информацию о джиттере.

ЛИТЕРАТУРА

1. USB-IF: USB 2.0 Electrical Test Specification, Revision 1.03, January 2005.
2. Интернет-ресурс www.allion.com.

The R&S USB 2.0 compliance test software provides an automated solution for performing physical layer tests on USB 2.0/1.1/1.0 interfaces. It covers devices, hubs and hosts. Integrated into the R&S® ScopeSuite software, the solution allows experts and novices alike to complete their tests quickly.