

Тестирование по маске устройств USB 2.0 с помощью цифрового осциллографа R&S® RTO

Указания по применению

Изделия:

- I R&S® RTO
- I R&S® RT-ZD30/40

В данном документе приведено подробное описание процедуры тестирования по маске на соответствие спецификациям универсальной последовательной шины USB (документ *Universal Serial Bus Specification*) с помощью цифрового осциллографа R&S® RTO. Тесты по маске, известные так же, как тесты по глазковой диаграмме, определены в указанном выше документе в отдельном разделе с описанием испытаний электрических характеристик для высокоскоростного режима HS на скорости 480 Мбит/с. Для анализа глазковой диаграммы полученных на RTO сигнальных данных использовалось официальное средство тестирования Electrical Test Tool с Форума по внедрению USB (USB-IF).

Содержание

1	Введение	3
1.1	Описание тестов качества сигналов USB 2.0.....	3
1.2	Основные сведения о глазковых диаграммах и тестах по маске	4
1.3	Тесты по маске для передатчика USB 2.0	5
2	Тестирование по маске передатчика USB 2.0 с помощью осциллографа RTO	10
2.1	Обзор	10
2.1.1	ПО от USB.org и конвертер файлов R&S RTO.csv	11
2.1.2	Обзор последовательности тестирования	11
2.2	Тестирование восходящих портов (тест качества сигнала устройства в режиме HS).....	12
2.2.1	Схема измерения для тестирования восходящей передачи.....	12
2.2.2	Процедура измерения для тестирования восходящей передачи	13
2.3	Тестирование нисходящих портов (тест качества сигнала хоста в режиме HS)	23
2.3.1	Схема измерения для тестирования нисходящей передачи.....	23
2.3.2	Процедура измерения для тестирования нисходящей передачи	24
3	Заключение	27
4	Приложения	28
4.1	Команды дистанционного управления	28
4.2	Литература	29
4.3	Дополнительная информация	29
4.4	Информация для заказа	29

В настоящем документе используются следующие обозначения для измерительного оборудования фирмы Rohde & Schwarz:

- Цифровой осциллограф R&S®RTO обозначается как RTO.

1 Введение

Примечание – Компания Rohde & Schwarz также предлагает решение для автоматического проведения испытаний на соответствие стандарту USB 2.0 в виде опции *RTO-K21*. В сочетании со специальным набором приспособлений для тестирования *RT-ZF1* данное решение обеспечивает быструю и удобную настройку *автоматизированных тестов на соответствие стандарту USB* в соответствии с программой соблюдения норм и актов форума USB-IF.

1.1 Описание тестов качества сигналов USB 2.0

В спецификации 2.0 универсальной последовательной шины (USB 2.0 Spec) описаны три режима работы, отличающиеся по скорости передачи данных:

- низкоскоростной Low Speed (LS): 1,5 Мбит/с (USB 1.0)
- полноскоростной Full Speed (FS): 12 Мбит/с (USB 1.1)
- высокоскоростной High Speed (HS): 480 Мбит/с (USB 2.0)

Для каждой скорости передачи установлены собственные испытания (тесты). Тесты и параметры высокоскоростного режима изложены в документе *USB-IF USB 2.0 Electrical Test Specification [5]* и вкратце описаны ниже:

- Тесты передатчика
 - Скорость передачи данных должна составлять 480 Мбит/с $\pm 0,05\%$.
 - Соответствие различным шаблонам тестирования по маске
 - Время нарастания и спада должно превышать 500 пс
 - Переходы монотонных данных по вертикальному раскрытию
 - Выходное напряжение должно составлять 400 мВ $\pm 10\%$, если на линию D+ или линию D- подается высокий уровень
 - Выходное напряжение должно составлять 0 В ± 10 мВ, если на линию D+ или на линию D- питание не подается
 - Дифференциальный выходной импеданс должен быть равен 90 Ом $\pm 10\%$.

Тестирование передатчика выполняется с помощью высокоскоростного осциллографа с полосой пропускания не менее 2 ГГц.

- Тесты приемника
 - Скорость передачи данных должна составлять 480 Мбит/с $\pm 0,05\%$.
 - Соответствие различным шаблонам тестирования по маске
 - Надежный прием данных в присутствии синфазной составляющей напряжения в диапазоне от 0,50 до 500 мВ.
 - Должен содержать детектор амплитуды сигнала, который индицирует шумовой порог (т.е. не может принимать пакеты), когда амплитуда дифференциального сигнала на входе приемника падает ниже 100 мВ
 - Должен содержать детектор амплитуды сигнала, который не индицирует шумовой порог (т.е. надежно принимает пакеты), когда амплитуда дифференциального сигнала превышает 150 мВ
 - Должен содержать детектор амплитуды сигнала с характеристиками, достаточными, чтобы HS-приемник обнаруживал передачу данных, работать с системой автоподстройки по задержке и обнаруживать конец поля синхронизации SYNC длиной 12 бит.

Для тестирования приемника требуется генератор, способный формировать специализированные тестовые сигналы с заданными амплитудами, которые будут подаваться на испытуемое USB устройство (ИУ).

Тестирование по маске необходимо проводить только для высокоскоростного режима High Speed (HS). В разделе 7.1.2.2 спецификации USB 2.0 Сpec. даны определения нескольких тестов по маске для режима HS. В настоящих указаниях по применению содержится краткое описание тестов по маске передатчика USB 2.0 и показывается способ их выполнения с помощью осциллографа RTO.

1.2 Основные сведения о глазковых диаграммах и тестах по маске

Глазковые диаграммы используются для определения качества сигнала во временной области. С этой целью поток данных непрерывно повторяется, идущий сигнал разделяется на интервалы (длиной в бит или символ) на базе единичного интервала, см. рисунок 1. Осциллограммы от отдельных битов накладываются в пределах одной диаграммы, так называемой глазковой диаграммы.

Такие показатели качества, как раскрыв глазка (снижение амплитуды за счет шума и спада) и ширина глазка (уменьшенное время раскрытия за счет джиттера) сразу же видны на глазковой диаграмме.

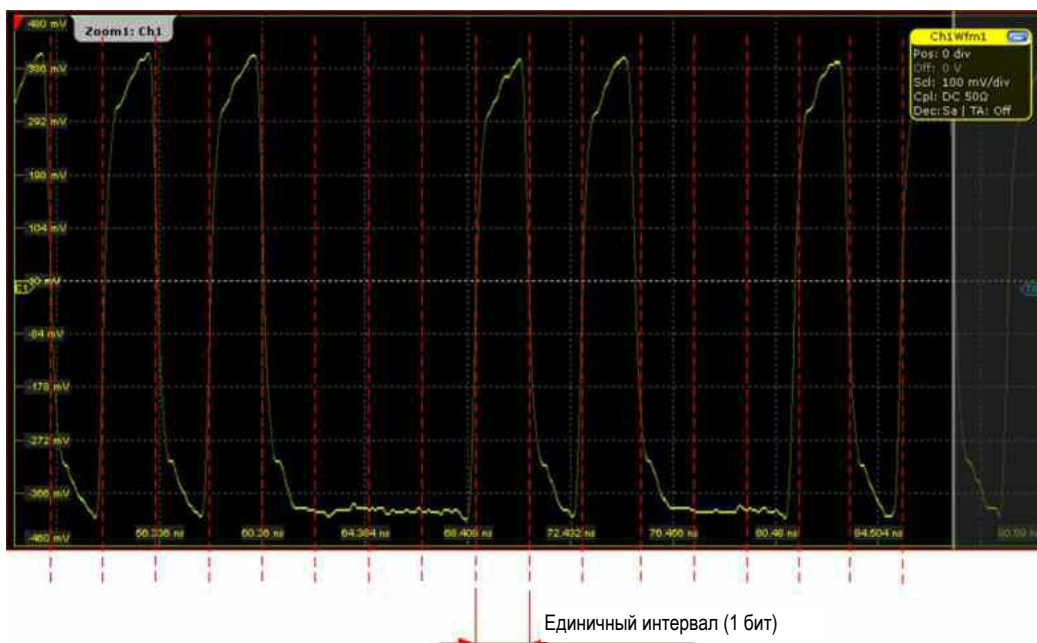


Рисунок 1 – Пример для битовых интервалов. Деление сигнала данных (желтая кривая) на интервалы иллюстрируется с помощью красных линий. Расстояние между красными линиями соответствует одному единичному интервалу (или одному биту). Наложение всех интервалов формирует глазковую диаграмму, показанную на рисунке 2.

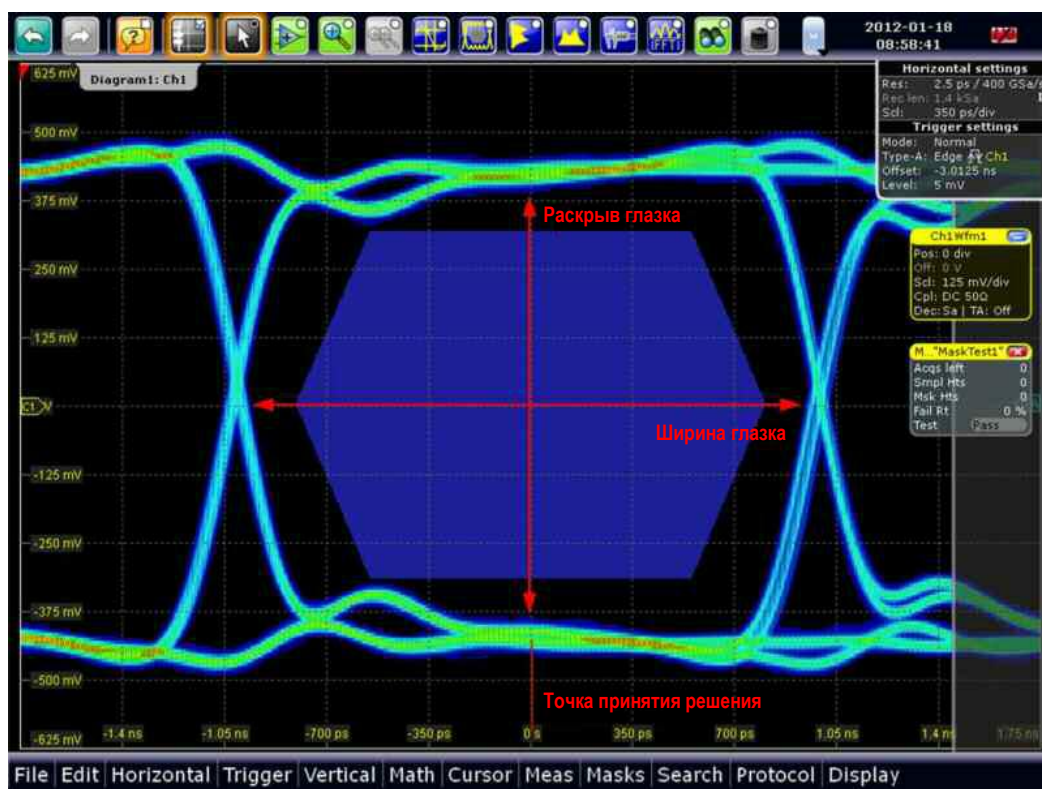


Рисунок 2 – Пример глазковой диаграммы с указанием параметров ширины и раскрытия глазка. Темно-синяя область показывает шаблон, заданный стандартом интерфейса.

Раскрыв глазковой диаграммы тестируется на соответствие маске конкретного стандарта. Части сигнала не должны нарушать границ маски. Таким образом, обнаруживать выход параметров за заданные пределы становится достаточно просто.

1.3 Тесты по маске для передатчика USB 2.0

Для тестирования передачи данных по USB между USB-хостом и USB-устройством необходимо провести два разных вида тестов передатчика (см. рисунок 3):

- Режим нисходящей передачи (Downstream): USB-хост (например, порт USB в ПК) передает данные в устройство. В этом случае тестируется передающий USB-порт хоста.
Данный тест называется **HS Host Signal Quality (SQ) Test** (тест качества сигнала хоста в высокоскоростном режиме).
- Режим восходящей передачи (Upstream): USB-устройство (например, USB-накопитель) передает данные на хост. В этом случае тестируется передающий USB-порт устройства.
Данный тест называется **HS Device Signal Quality (SQ) Test** (тест качества сигнала устройства в высокоскоростном режиме).



Рисунок 3 – Тестирование режимов нисходящей и восходящей передачи

USB-хаб объединяет в себе функции хоста и устройства, так что для него необходимо протестировать оба вида передающих портов, см. рисунок 4. Вследствие этого тест нисходящих портов хаба идентичен тесту нисходящих портов хоста, а тест восходящих портов хаба идентичен тесту восходящих портов устройства.

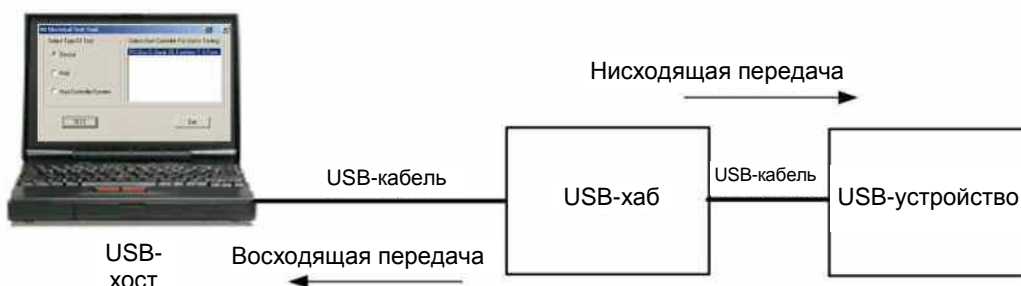


Рисунок 4 – Тестирование режимов нисходящей и восходящей передачи USB-хаба

Приспособление для тестирования

Для проведения измерений на USB-интерфейсе измерительный прибор (например, осциллограф) необходимо подключить через заданные оконечные резисторы.

На рисунке 5 показана схема испытательной установки, реализованная из так называемых приспособлений для тестирования USB. Готовые приспособления для тестирования предлагают различные производители. Для данных указаний по применению используется набор тестовых приспособлений фирмы Allion [3].

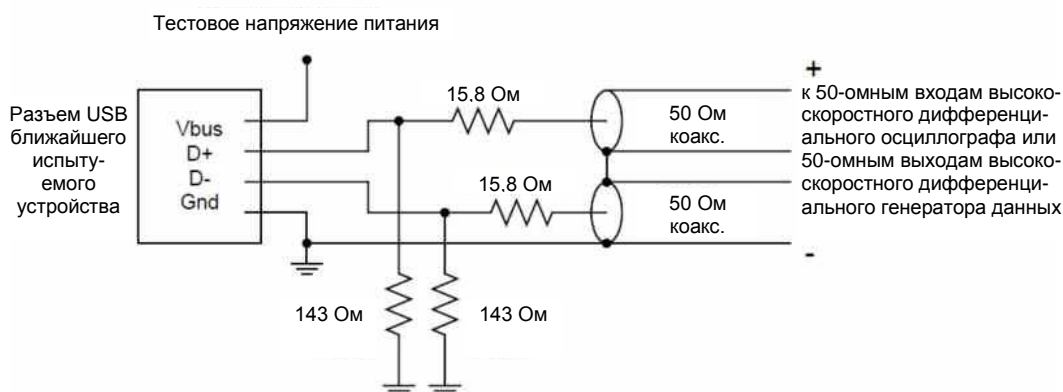


Рисунок 5 – Схема испытательной установки для тестирования по маске протокола USB 2.0 [1]

Измерения проводятся на дифференциальных линиях данных D+ и D-.

Тестовый шаблон USB 2.0

Для тестов по маске в спецификации стандарта USB 2.0 задан тестовый пакет высокоскоростного режима. Пакет имеет длину 488 битов и длительность 1,0166 мкс; он непрерывно повторяется с заданным временем простоя между пакетами, см. рисунок 6. Тестовый пакет состоит из следующих предварительно заданных битовых настроек в различных секциях:

- Заголовок (Sync + Data0 PID)
- Полезные данные (различные битовые шаблоны)
- Циклический контроль избыточности (CRC)
- Конец пакета (EOP)

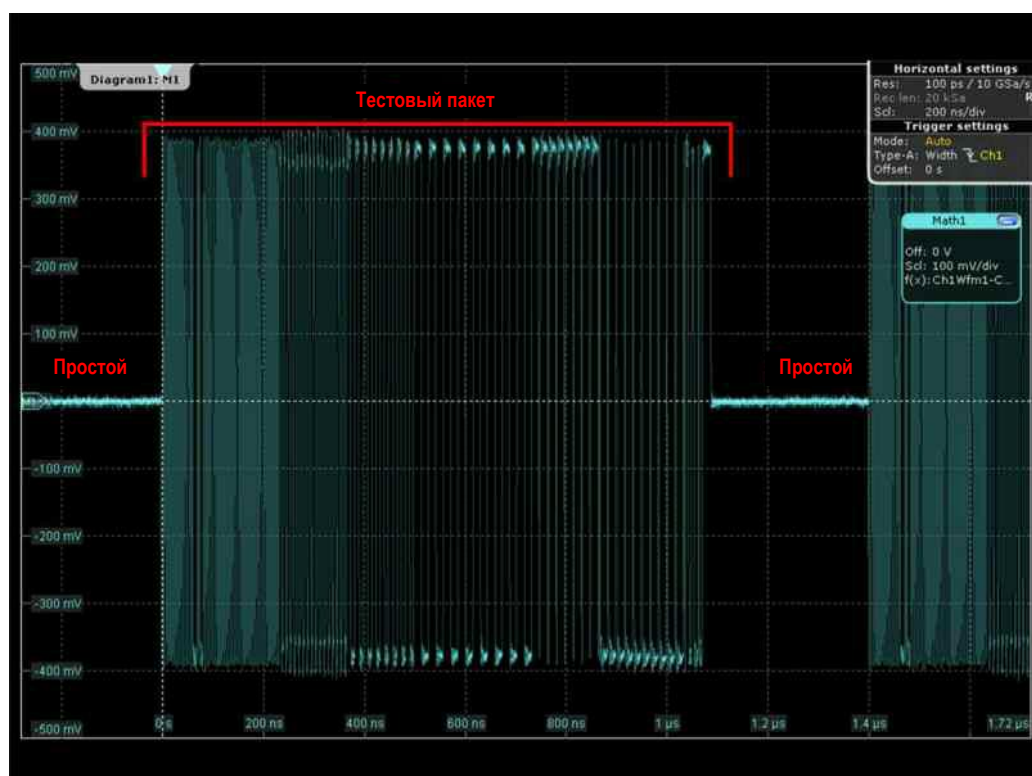


Рисунок 6 – Тестовый пакет высокоскоростного режима USB 2.0, захваченный осциллографом RTO. Тестовый пакет содержит 488 битов, соответствующих длительности 1,0166 мкс. Временная разница между двумя тестовыми пакетами называется временем простоя.

Шаблоны масок

Для отдельных точек измерений, так называемых плоскостей тестирования (TP), заданы различные шаблоны масок, см. рисунок 7. Для проверки на соответствие спецификации USB необходимо провести тесты по маске в плоскостях TP2 и TP3. Измерения в плоскостях TP1 и TP4, расположенных прямо на микросхемах приемопередатчика на печатной плате (PCB), необязательны.

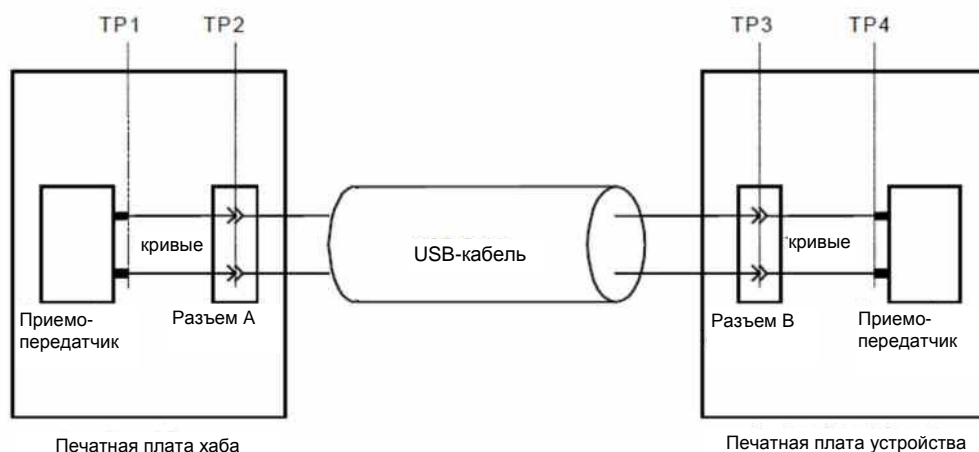


Рисунок 7 – Обзор точек измерения для тестирования по глазковой маске стандарта USB 2.0 [1]: тестовые плоскости (TP) с 1 по 4

В таблице 1 дается обзор шести различных шаблонов, определенных в спецификации стандарта USB 2.0. Тесты различаются по направлению (передача или прием), а также по типу испытываемого устройства (хаб или устройство). Шаблоны 1..4 являются обязательными для тестирования на соответствие стандарту, шаблоны 5 и 6 предназначены для инженеров-разработчиков:

Таблица 1 – Обзор шести шаблонов глазковых масок в соответствии со спецификацией стандарта USB 2.0

Обзор шаблонов			
Шаблон	Описание		Обязательный
1	Передача	Хаб, измеряется в плоскости TP2 Устройство, измеряется в плоскости TP3 (без присоединенного кабеля, "ближний конец")	да
2	Передача	Устройство, измеряется в плоскости TP2 (с присоединенным кабелем, "дальний конец")	да
3	Прием	Устройство, сигнал подается в плоскость TP2	да
4	Прием	Хаб, сигнал подается в плоскость TP2 Устройство, сигнал подается в плоскость TP3	да
5	Передача	Хаб, измеряется в плоскости TP1 Устройство, измеряется в плоскости TP4	необязательный
6	Прием	Хаб, сигнал подается в плоскость TP1 Устройство, сигнал подается в плоскость TP4	необязательный

Шаблоны USB-передачи определяют минимальные и максимальные пределы амплитуды, а также пределы для открытого "глаза". Определение шаблона охватывает тестирование динамических характеристик сигнала на выходе передатчика (уровни выходного напряжения, прямые/обратные выбросы, спады, время нарастания/спада и дрожание фазы). Целью разработки передатчика является получение сигнала с широко открытым "глазом", чтобы гарантировать надежную передачу данных через ограниченный по полосе пропускания тракт сигнала, включая разъемы, дорожки на печатной плате и кабели.

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", чтобы нагрузить приемник и проверить возможность надежного восстановления переданных данных.

На рисунке 8 показана структура для шаблонов масок для USB 2.0. Внутренняя маска задается точками P1...P6. Маски для максимального и минимального амплитудных пределов задаются значениями уровня Level 1 и Level 2. Временной масштаб для точек внутренней маски P1 ... P6 указан в виде процентного значения от единичного интервала (UI). Битовая длина, также называемая единичным интервалом, в режиме HS соответствует скорости 1/480 Мбит/с (2,08333 нс). Номинальное значение дифференциального напряжения USB 2.0 составляет ± 400 мВ.

Все биты тестового сигнала должны проходить в пределах "белой области" шаблона и не нарушать "красную область" шаблона.

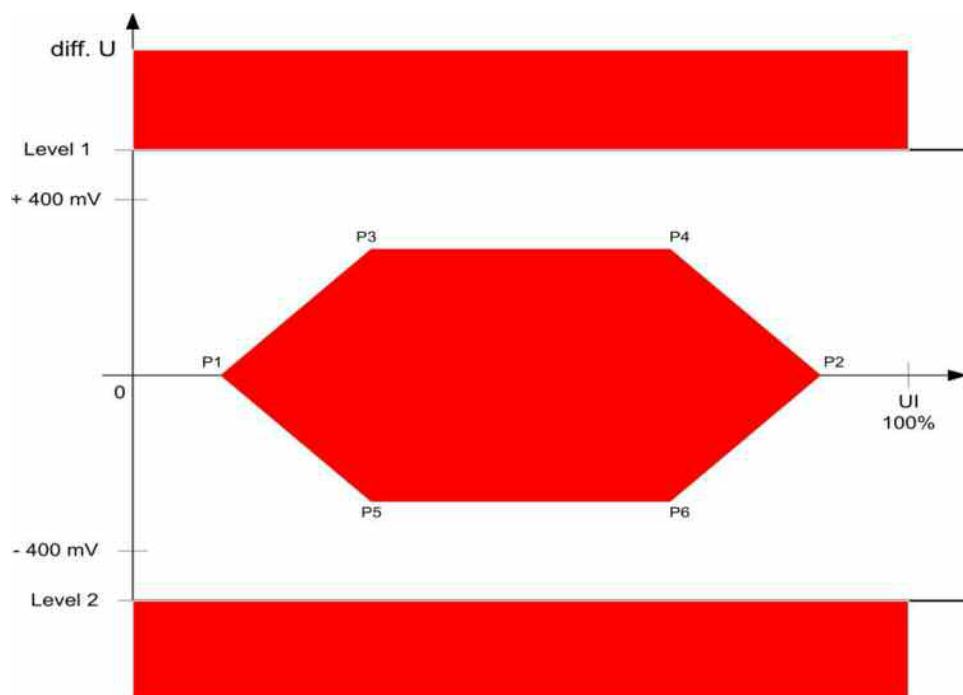


Рисунок 8 – Схематическое представление шаблона маски USB 2.0. Как уровни верхней и нижней (максимальной и минимальной) масок, так и уровни и временные координаты внутренней маски (P1...P6) имеют различные значения для шаблонов, приведенных в таблице 1. Все биты тестовой последовательности не должны нарушать область считывания шаблона. Длительность единичного интервала UI соответствует длине одного бита (номинально 2,08333 нс).

2 Тестирование по маске передатчика USB 2.0 с помощью осциллографа RTO

Цифровой осциллограф R&S® RTO является подходящим прибором для проведения надежных измерений целостности сигнала. Он обладает высокими динамическими характеристиками за счет малошумящего входного каскада и аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с эффективным числом битов (ENOB) более 7.

Другим выдающимся свойством осциллографа RTO является поддержка во всей полосе частот всех входных диапазонов чувствительности, лежащих даже ниже 10 мВ/дел.

Цифровая система запуска осциллографа RTO функционирует в масштабе реального времени, тем самым значительно снижая джиттер запуска и улучшая чувствительность запуска.

Осциллограф RTO захватывает и анализирует до одного миллиона осциллограмм в секунду, что является уникальным качеством среди цифровых осциллографов, и поэтому позволяет выполнять быстрое обнаружение редких отклонений сигналов. Более подробную информацию см. в брошюре об осциллографе RTO [4].

2.1 Обзор

В данном разделе иллюстрируются следующие тесты по маске передатчика.

Таблица 2 – Тесты по маске с помощью RTO

Тесты по маске с помощью RTO			
ИУ	Тестовая плоскость	Шаблон	Примечание
Нисходящая передача			
Хост / Хаб	TP 2	1	
Восходящая передача			
Устройство / хаб	TP 3	1	без кабеля, ближний конец
Устройство / хаб	TP 2	2	с кабелем, дальний конец

Для выполнения тестов по маске передатчика USB 2.0 необходимы различные аппаратные и программные средства. Для измерений используются следующие приборы и инструменты:

Аппаратные средства

- Осциллограф RTO (RTO1044, RTO1022 или RTO1024)
- Дифференциальный пробник (RT-ZD40 или RT-ZD30)
- Приспособление для тестирования (согласно разделу 1, например, Allion [3])
- Внешний ПК (для запуска программы *HS-Electrical Test Tool* от USB.org)

2.1.1 ПО от USB.org и конвертер файлов R&S RTO.csv

- Программа **HS-Electrical Test Tool** – это программный инструмент для инициации тестовых режимов в испытываемых USB-портах.
- Программа **USB-IF Electrical Test Tool**, USBET20, – это официальный программный инструмент для анализа электрических характеристик, который проводит оценку соответствия вида "годен/не годен" по тестовому сигналу USB, захваченному осциллографом.

Оба программных инструмента доступны для скачивания с форума по внедрению USB (USB-IF) по адресу <http://www.usb.org/developers/tools>.

- **Конвертер файлов R&S RTO.csv** преобразует сохраненные в RTO файлы осциллограмм в файлы, подходящие для импорта в программу *USB-IF Electrical Test Tool*. Конвертер прилагается к данному документу.



Обратите внимание, что в случае установки ПО *HS-Electrical Test Tool* на внешний ПК:

Данный программный инструмент заменяет USB-драйвера. В результате, внешние USB-устройства, например, мышь и клавиатура, будут временно недоступны на время проведения тестирования. Ознакомьтесь с инструкциями для всех программ, которые будут скачаны по приведенной выше ссылке.

Конвертер RTO.csv и программа *USB-IF Electrical Test Tool* должны быть установлены на приборе RTO или на дополнительном внешнем компьютере (ПК).

2.1.2 Обзор последовательности тестирования

Измерение параметров USB по маске выполняется в следующем порядке:

1. Подсоединить хост-компьютер, приспособление для тестирования, ИУ и осциллограф RTO согласно схеме измерений (см. раздел 2.2.1 и 2.3.1)
2. Настроить ИУ на передачу заданных тестовых шаблонов (все этапы настройки см. в разделах 2.2.2 и 2.3.2)
3. Записать и сохранить осциллограммы с помощью RTO
4. Преобразовать данные об осциллограммах в подходящий формат с помощью *конвертера R&S RTO.csv*
5. Выполнить анализ сохраненных осциллограмм и отобразить результаты с помощью программы *USB-IF Electrical test tool*

2.2 Тестирование восходящих портов (тест качества сигнала устройства в режиме HS)

2.2.1 Схема измерения для тестирования восходящей передачи

Для описанного ниже тестирования восходящей передачи используется приспособление для тестирования *HS Device SQ Test Fixture* фирмы Allion [3]. На рисунке 9 подробно показано расположение элементов данной установки.

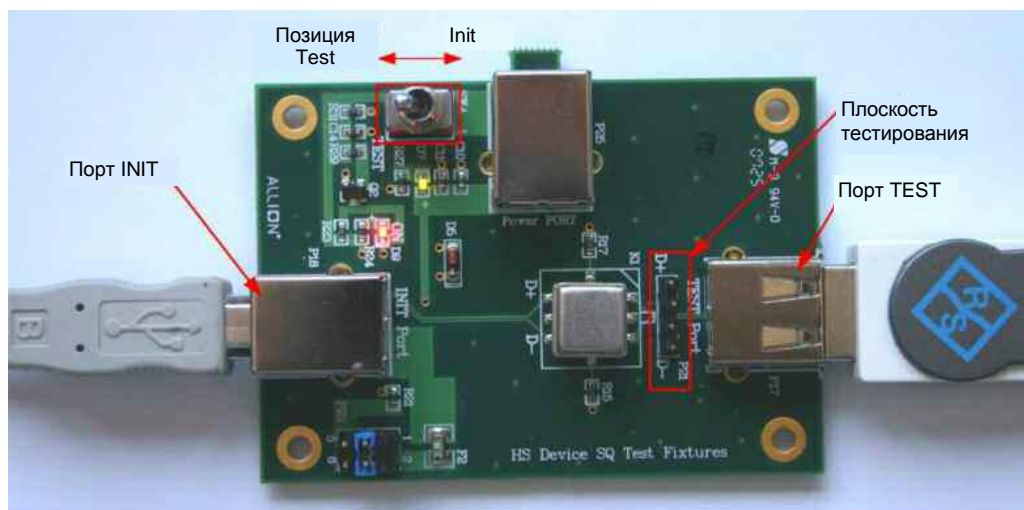


Рисунок 9 – Приспособление для тестирования качества сигналов высокоскоростного устройства *HS Device SQ Test Fixture*. Оно подключается к внешнему ПК через порт *INIT* с помощью *USB*-кабеля. В качестве примера ИУ выбран *USB*-носитель, который подключен к порту *TEST* приспособления.

Внешний ПК с установленной программой *HS-Electrical Test Tool* напрямую подсоединяется к порту *INIT* приспособления для тестирования. Осциллограф RTO посредством дифференциального пробника подсоединяется к плоскости тестирования с соответствующими линиями данных *D+* и *D-*, а ИУ подсоединяется к порту *TEST*.

На рисунке 10 показан полный вид схемы измерения для тестирования восходящей передачи. ИУ подсоединяется к приспособлению для тестирования без кабеля, для тестирования ближнего конца, и подсоединяется с помощью дополнительного *USB*-кабеля для тестирования дальнего конца.

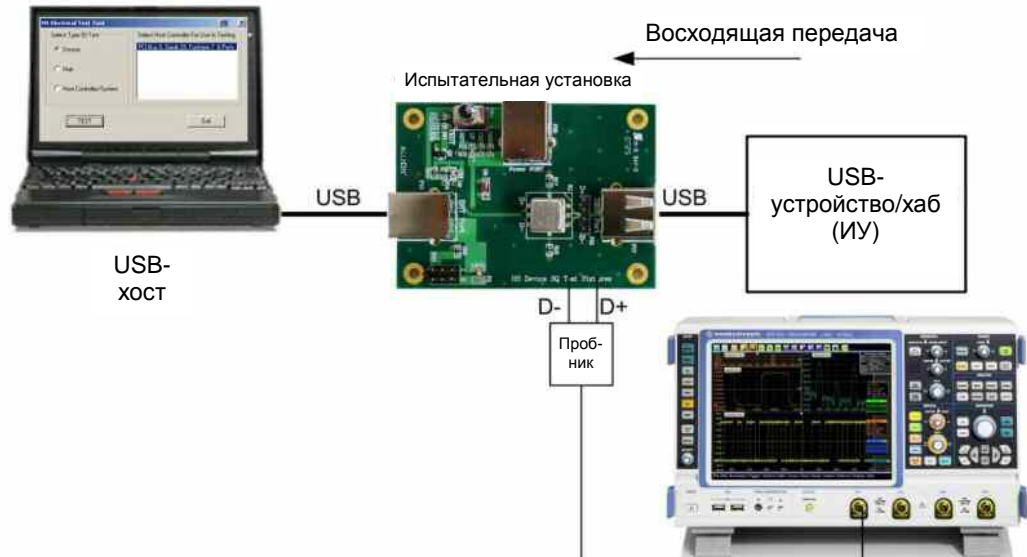


Рисунок 10 – Схема измерения для тестирования качества сигналов устройства/хаба в режиме HS

2.2.2 Процедура измерения для тестирования восходящей передачи

Шаг 1: Настроить ИУ посредством программы HS-Electrical Test Tool:

Установить переключатель приспособления для тестирования в позицию *Init* (правое положение), см. рисунок 9.

Запустить программу **HS Electrical Test Tool** на внешнем ПК. Программа используется для конфигурирования ИУ – инициализации тестовых режимов для генерации заданных тестовых пакетов. На рисунке 11 показано главное окно программы тестирования.

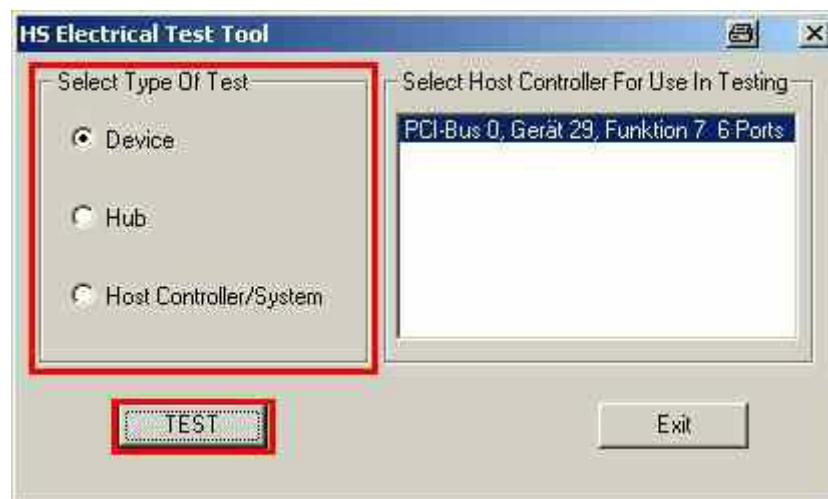


Рисунок 11 – Главное окно программы тестирования. Хост-контроллер ПК указан в правом поле вывода

В разделе выбора вида теста **Select Type Of Test** выбрать выполняемый тест (устройства Device или хаба Hub).

Нажать кнопку **TEST**. Откроется диалоговое окно для выбранного вида теста (рисунки 12 и 13):

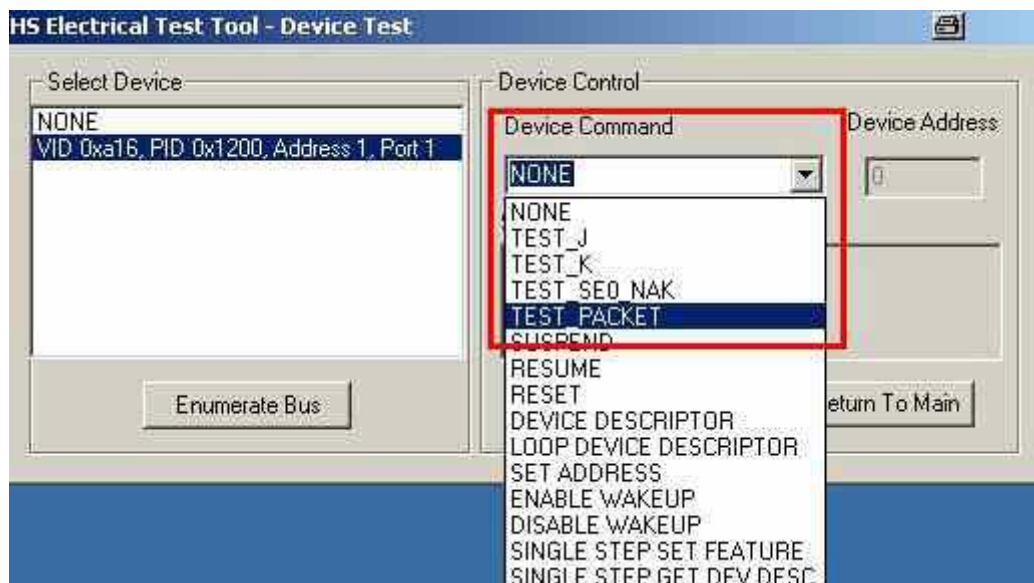


Рисунок 12 – Выбор команды TEST_PACKET для тестирования устройства

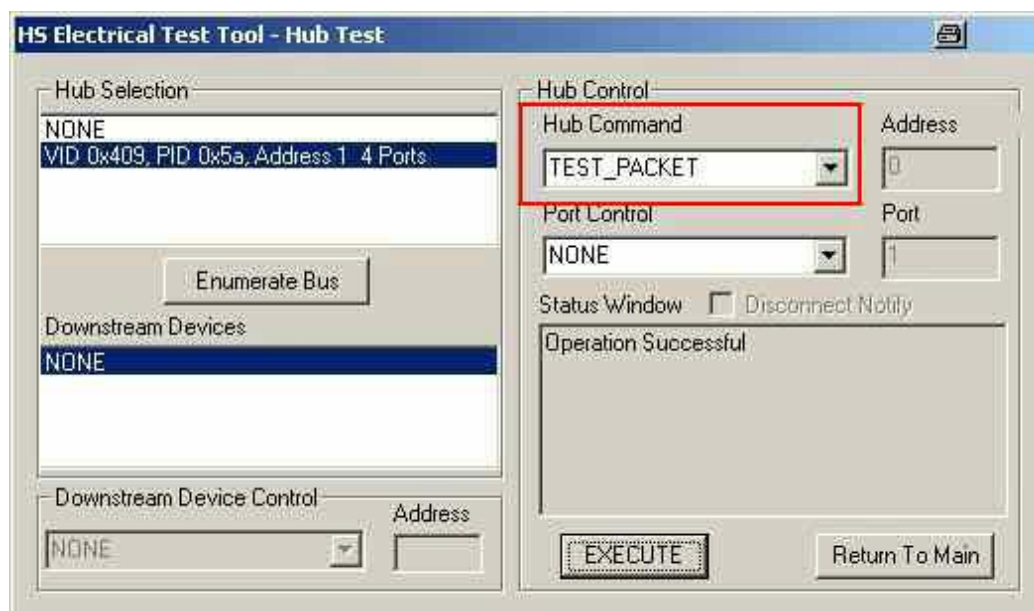


Рисунок 13 – Выбор команды TEST_PACKET для тестирования хаба

В поле **Command** выбрать команду TEST_PACKET и нажать кнопку EXECUTE. Через несколько секунд в окне состояния **Status Window** будет выведено сообщение об успешном завершении операции **Operation Successful** (рисунок 14).

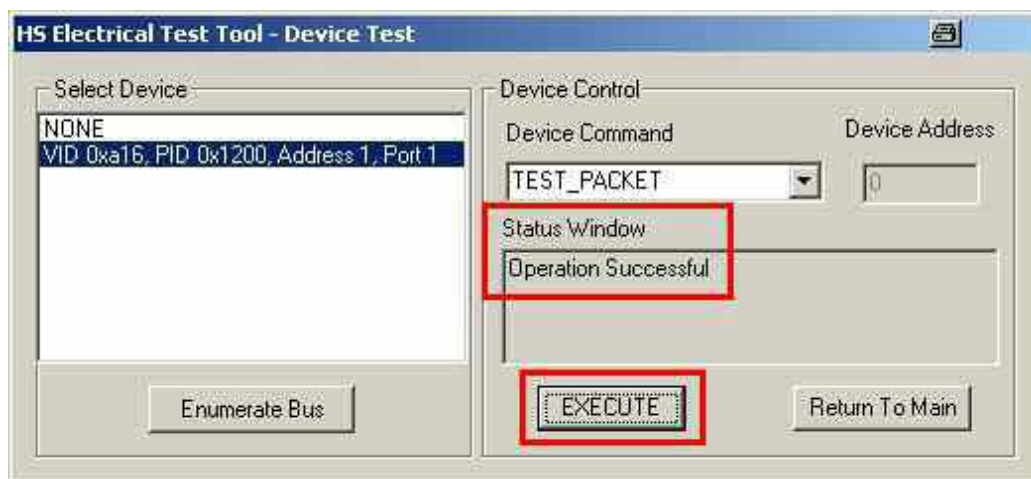


Рисунок 14 – Формирование команды TEST_PACKET

Заданный пакет для тестирования USB 2.0 длиной 488 битов и длительностью 1,0166 мкс должен быть сформирован в ИУ.

Теперь следует установить переключатель приспособления для тестирования в позицию *Test* (левое положение), см. рисунок 9.

Внешний ПК будет электрически отсоединен от ИУ. Тестовые пакеты, сформированные ИУ, теперь будут измеряться с помощью осциллографа RTO согласно следующему описанию.

Шаг 2: Измерения с помощью осциллографа RTO:

В спецификации тестирования USB [5] определено, что для тестирования качества сигналов в режиме HS к дифференциальному сигналу необходимо подключить дифференциальный пробник:

Подсоединить дифференциальный пробник компании R&S (RT-ZD30 или RT-ZD40) к разъемам D+ и D- приспособления для тестирования и к каналу 1 в осциллографе RTO.

Для проведения анализа необходимо захватить, по крайней мере, один полный тестовый пакет. Для этого измерение запускается по времени простоя между пакетами (см. рисунок 6). Нажать аппаратную клавишу **Trigger** и на вкладке **Events** установить тип запуска **Type** в значение **WIDTH**, а полярность **Polarity** в значение **Negative**. При установленном диапазоне **Range** в значение **Longer** подстраивать длительность **Width** до значения выше 100 нс, до тех пор, пока на экране RTO не появится стабильное изображение осциллограммы (что можно наблюдать через полупрозрачное диалоговое окно), как показано на рисунке 15.

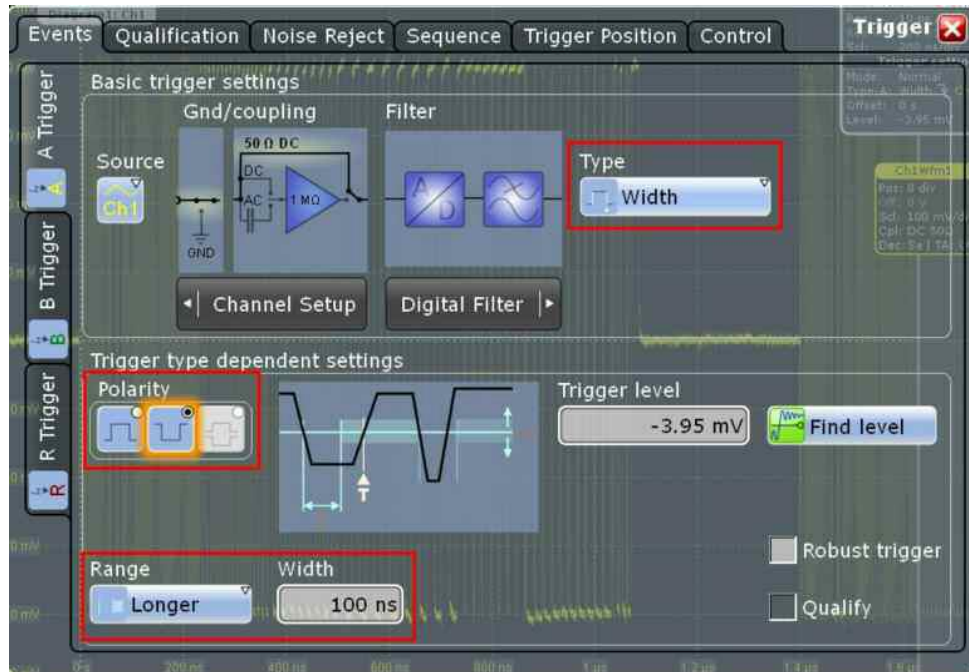


Рисунок 15 – Настройка запуска для тестового пакета USB 2.0

Подстроить масштаб по горизонтали так, чтобы на экране был виден, по крайней мере, один тестовый пакет целиком, как показано на рисунке 16. Для этого установить масштаб по горизонтали 200 нс/дел и изменить позицию запуска на значение 10%. Так как номинальные уровни дифференциального напряжения USB составляют ± 400 мВ, установка вертикального масштаба 100 мВ/дел обеспечит наилучшее представление сигнала.

Перед сохранением осциллограммы запустить запись однократного запуска с помощью функции "RunSingle".

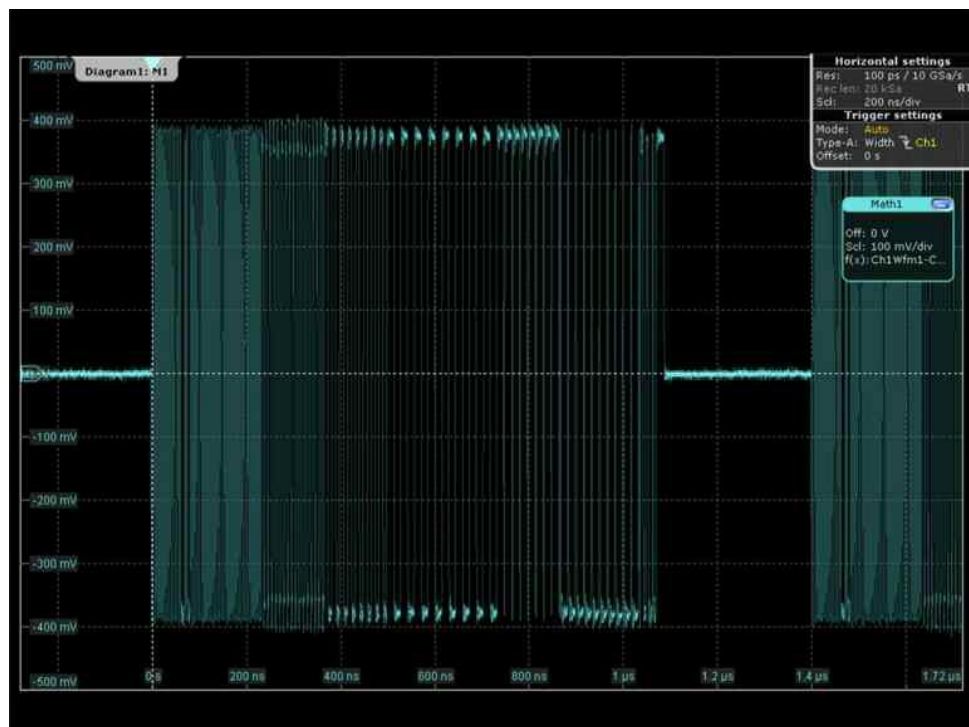


Рисунок 16 – Вид тестового пакета USB 2.0 на экране осциллографа RTO

Чтобы сохранить данные для дальнейшей обработки, выбрать меню **File** (File/File).

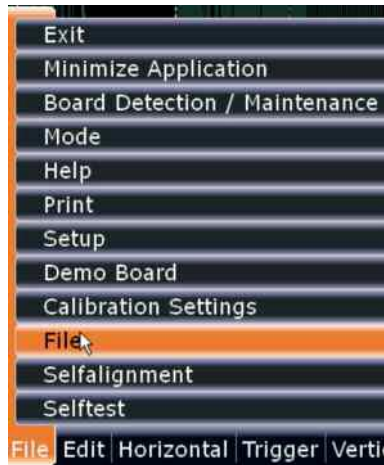


Рисунок 17 – Меню File

На вкладке **Waveforms** выбрать источник (канал дифференциального пробника) и нажать кнопку **Save As** (рисунок 18).

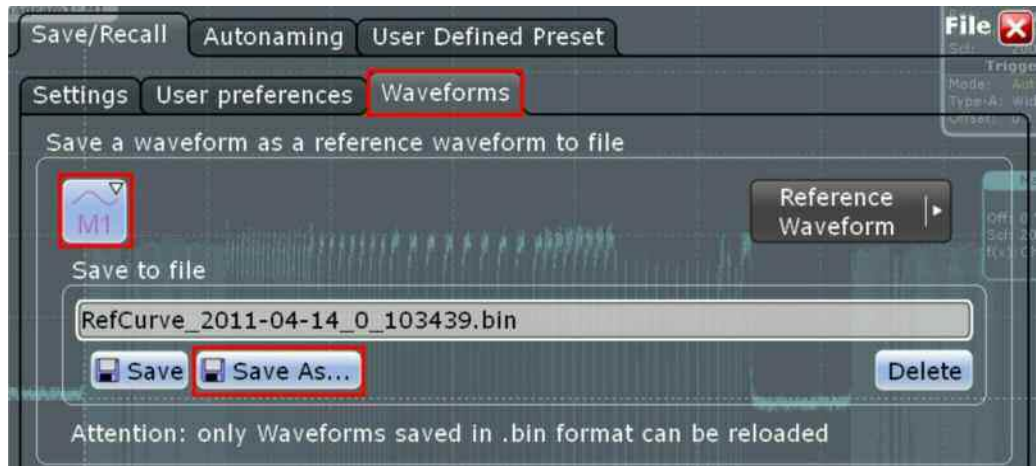


Рисунок 18 – Сохранение записанной осциллограммы

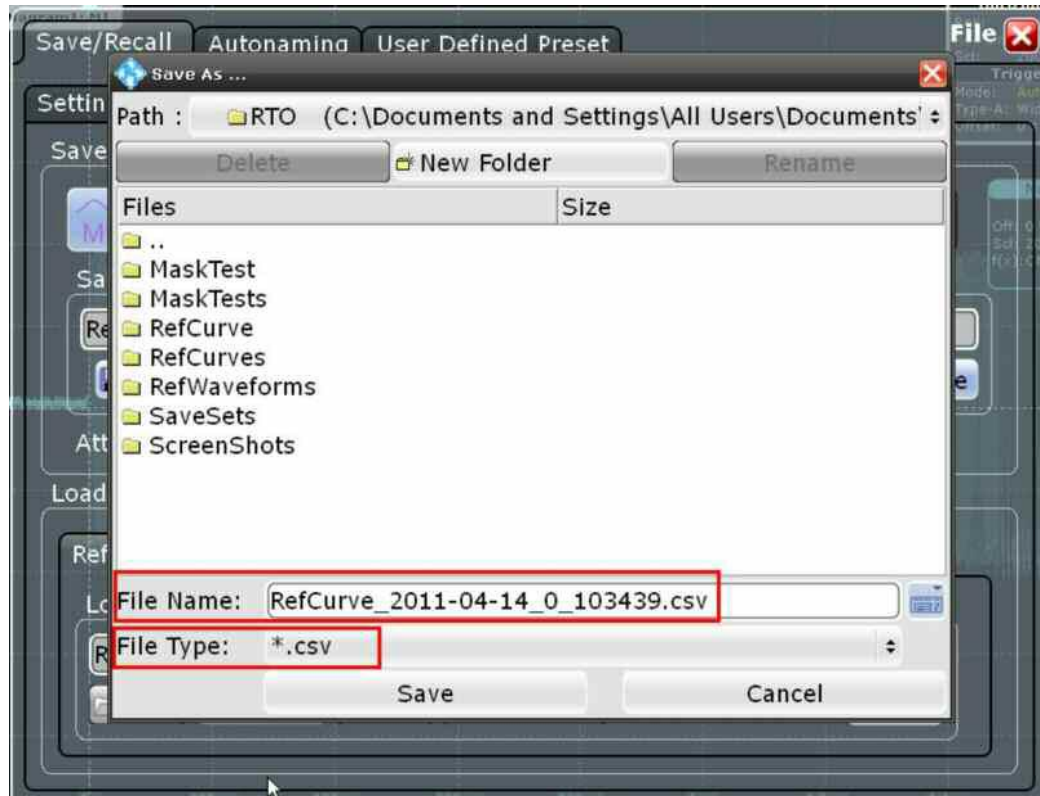


Рисунок 19 – Сохранение осциллограммы в виде csv-файла в выбранном каталоге

Выбрать каталог в поле **Path** и задать имя файла. Убедиться, что тип файла **File Type** установлен в значение *.csv, затем нажать кнопку **Save**, чтобы сохранить файл (см. рисунок 19). Чтобы уменьшить размер файла осциллограммы, RTO сохраняет два файла:

- <имя>.csv (содержит информацию о дискретизации, т.е. длину записи и временные параметры)
- <имя>.wfm.csv (содержит амплитудные значения)

Шаг 3: Преобразование сохраненных файлов осциллограмм с помощью конвертера R&S RTO.csv:

Сохраненные данные об осциллограммах (два файла, указанные выше) должны быть преобразованы в формат, который может быть использован официальным средством анализа USB-IF Electrical Test Tool от USB.org. Для этой цели компания Rohde & Schwarz предоставляет **конвертер RTO.csv**. Запустить конвертер на приборе RTO или, вместо прибора, воспользоваться компьютером под управлением операционной системы Windows.

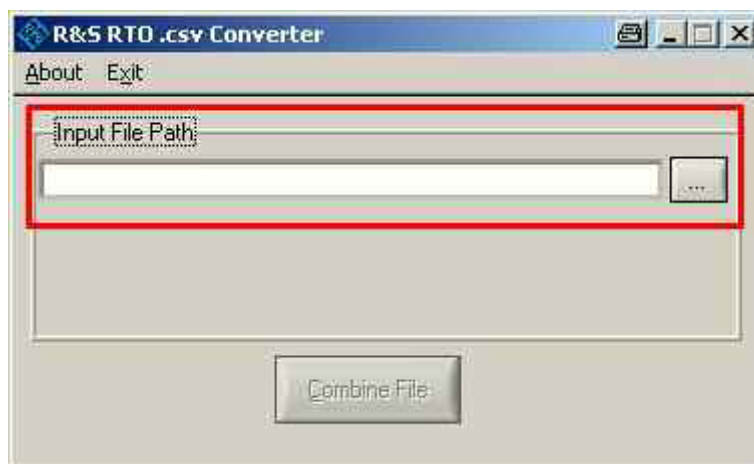


Рисунок 20 – Главное окно конвертера RTO.csv

Нажать кнопку справа от поля **Input File Path** (рисунок 20) и выбрать файлы для конвертации (либо файл <имя>.csv , либо файл <имя>.wfm.csv).

В окне будет показан путь и названия двух файлов (рисунок 21).

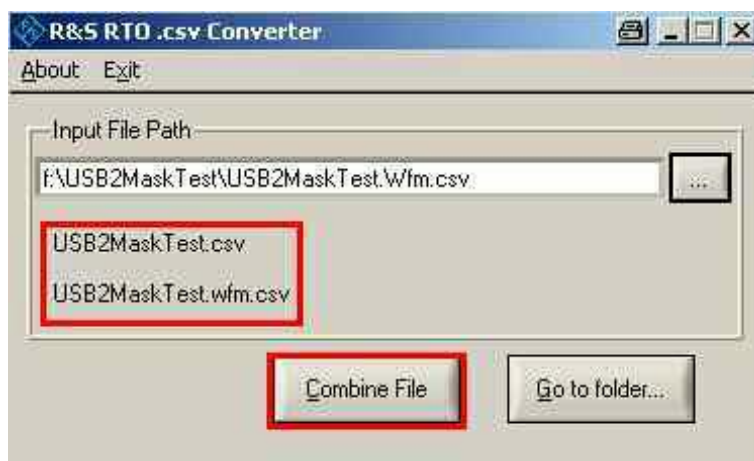


Рисунок 21 – Объединение двух файлов

Нажать кнопку **Combine File**. Будет произведено объединение двух файлов и в том же каталоге будет создан новый файл с окончанием “combine”. Так, в данном примере следующие два файла

USB2MaskTest.csv
USB2MaskTest.wfm.csv

объединяются в один файл

USB2MaskTest_combine.csv

Данный файл содержит информацию в заголовке, за которой следуют амплитудные значения с временными метками. Этот формат может обрабатываться программным инструментом USB-IF.

Шаг 4: Анализ качества сигнала с помощью программы USB-IF Electrical Test Tool:

Для проведения анализа качества сигналов в высокоскоростном режиме на приборе RTO или на любом другом компьютере используется программа **USB-IF Electrical Test Tool**. Программа обрабатывает данные осциллограммы, захваченные осциллографом, и выдает оценку соответствия вида "годен/не годен".

После запуска программы выбрать вкладку **Device/Host SQ** (рисунок 22).

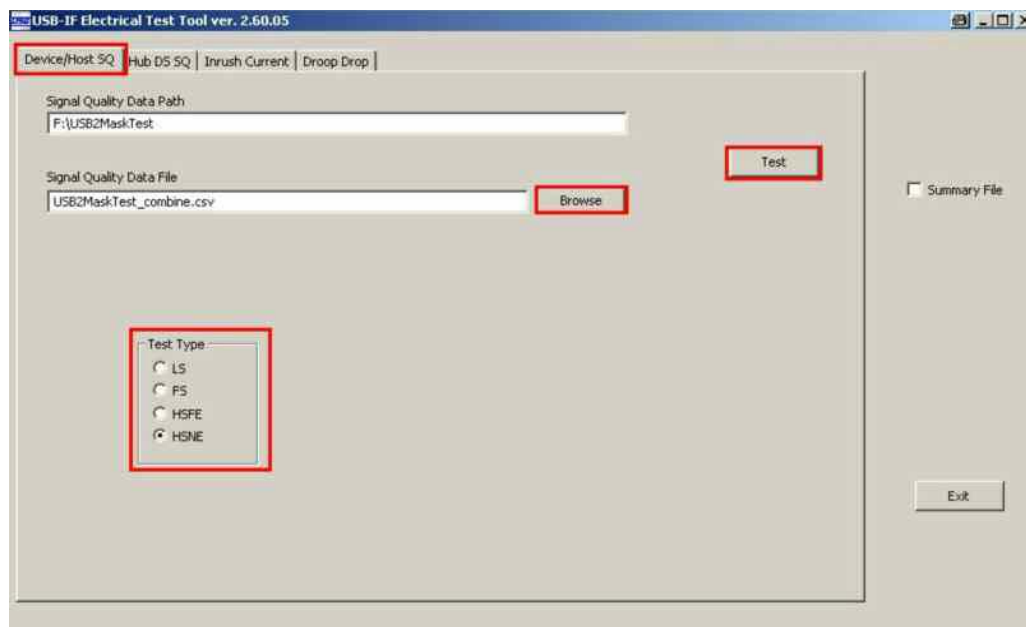


Рисунок 22 – Главное окно программы USB-IF Electrical Test Tool

Загрузить объединенный файл, нажав кнопку **Browse** и выбрав нужный файл (в данном примере используется файл USB2MaskTest_combine.csv).

К данному тесту **Test Type** относится высокоскоростной режим HSFE и HSNE. Эти виды тестов относятся к конкретным тестовым точкам и соответствующим шаблонам масок. **FE** обозначает проведение теста на дальнем конце Far End (т.е. с подключенным USB-кабелем), а **NE** – в плоскости тестирования на ближнем конце Near End (без USB-кабеля, прямое соединение с портом передачи).

Для запуска анализа нажать кнопку **Test**.

Программа обрабатывает данные об осциллограмме, вычисляет глазковую диаграмму и выполняет тестирование по маске с помощью соответствующего шаблона. Результаты тестирования выводятся в html-файл (в данном примере, USB2MaskTest_combine.html).

На рисунке 23 показана первая часть файла отчета с общим результатом теста качества сигнала вида "годен/не годен". Дополнительно выводятся результаты отдельных тестов, например, теста сигнала по шаблону глазковой диаграммы, скорость передачи данных, монотонность фронтов, скорость нарастания и спада.

Ограничения данных видов тестирования описаны в спецификации стандарта USB2.0 (глава 7.1) и спецификации испытаний электрических характеристик USB-IF 2.0 Electrical Test specification (глава 2.2, Критерии соответствия электрических характеристик в высокоскоростном режиме передачи).

Near End High Speed Signal Quality Test
Results for USBMaskTest_combine

For details on test setup, methodology, and performance criteria, please consult the signal quality test description at the [USB-IF Compliance Program](#) web page.

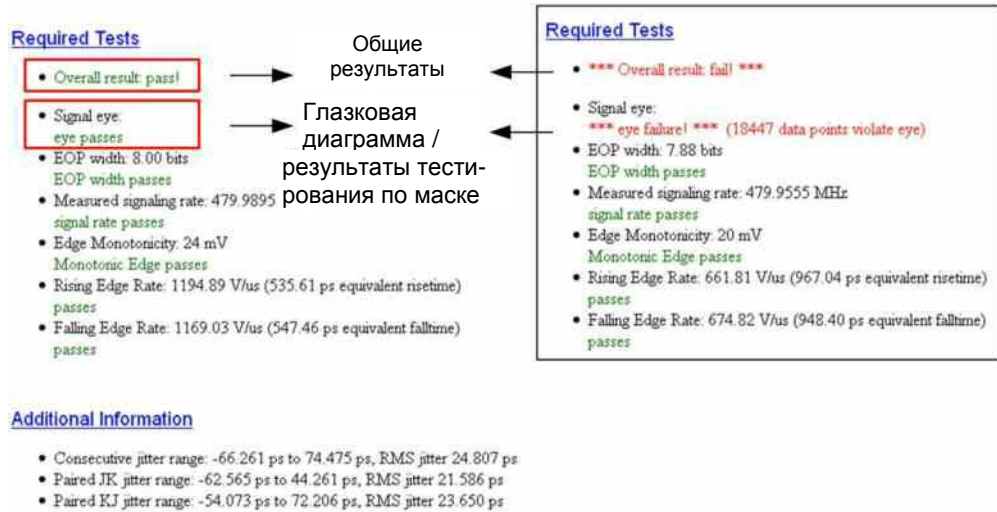


Рисунок 23 – Файл отчета, часть 1; под заголовком “Required Tests” показаны общие результаты тестирования качества сигнала. С правой стороны дается пример отчета о непрохождении тестирования.

Программный инструмент анализа также позволяет выводить графики захваченного тестового пакета и рассчитанного теста по маске, как показано на рисунке 24. Оба графика дополнительно сохраняются в файлах графического формата *.jpg.

На глазковой диаграмме в шаблоне маски можно видеть номинальные уровни ± 400 мВ и нарастающие и спадающие битовые переходы. В данном примере как границы внутренней маски, так и максимальные пределы не нарушаются.

На графике осциллограммы показан захваченный тестовый пакет и времена простоя между пакетами. Если граница маски нарушена, соответствующие точки данных будут помечены.

Signal Data and Eye

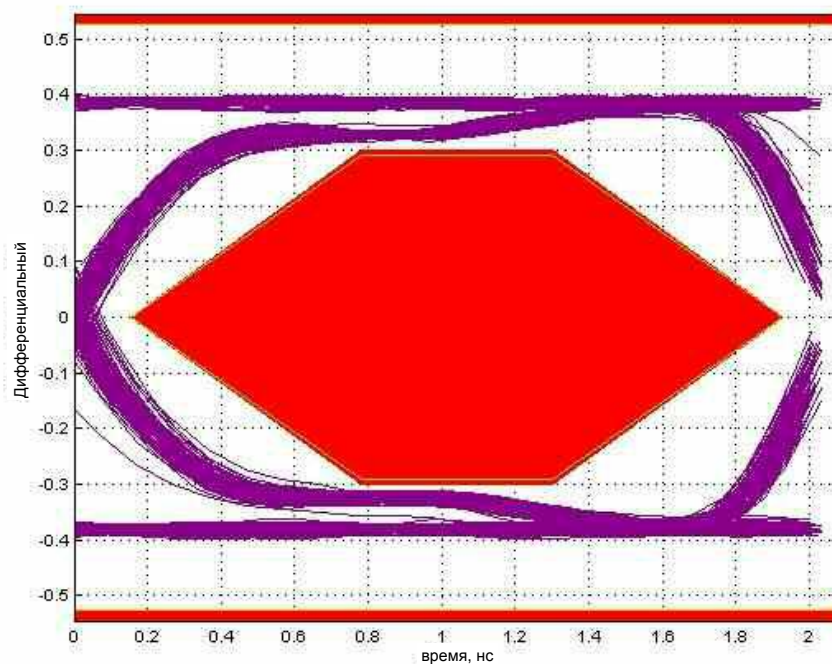
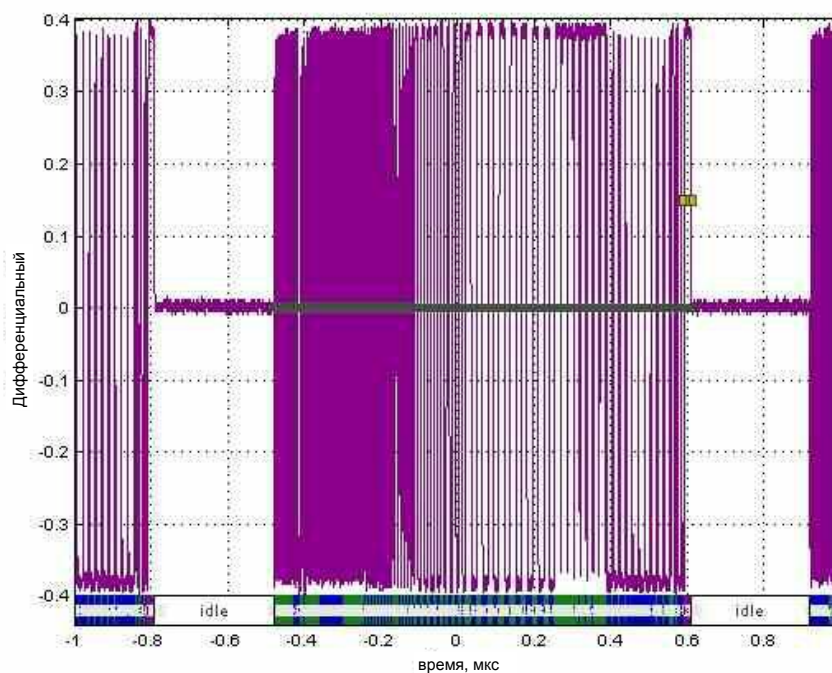


Рисунок 24 – Файл отчета о проведенном анализе, часть 2; в верхней части рисунка показана захваченная осциллограмма с помеченными последовательностями данных протокола; на нижнем графике показана рассчитанная глазковая диаграмма и шаблон маски 1.V в данном примере нарушения границ маски не происходит.

2.3 Тестирование нисходящих портов (тест качества сигнала хоста в режиме HS)

2.3.1 Схема измерения для тестирования нисходящей передачи

Для тестирования нисходящей передачи используется приспособление для тестирования *HS Host SQ Test Fixture* фирмы Allion, показанное на рисунке 25:

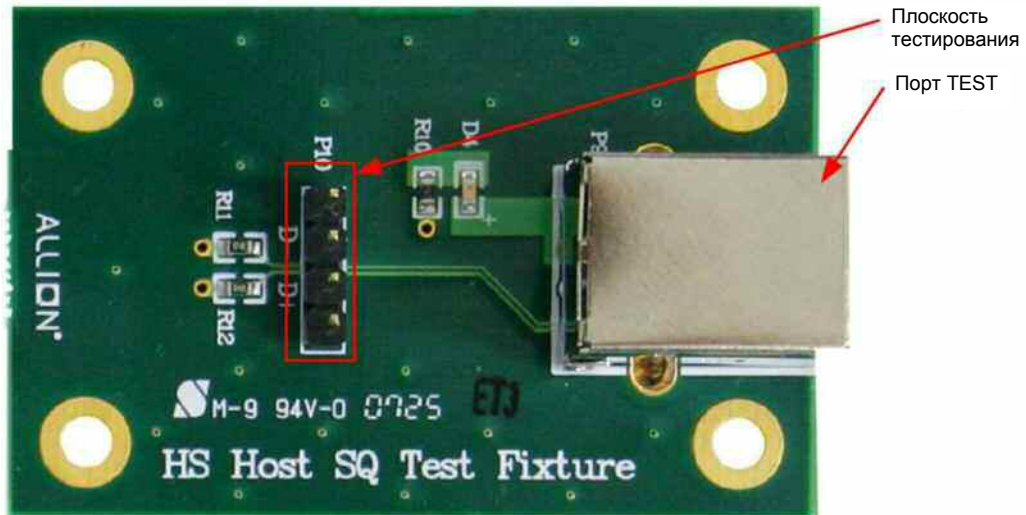


Рисунок 25 – Приспособление для тестирования качества сигналов высокоскоростного устройства HS Device SQ Test Fixture

Осциллограф RTO подсоединяется к соответствующим линиям данных (D+ и D-) посредством дифференциального пробника.

На рисунке 26 показан полный вид схемы измерения для тестирования нисходящей передачи, где ПК в качестве ИУ напрямую подсоединен к тестовому порту USB приспособления для тестирования.

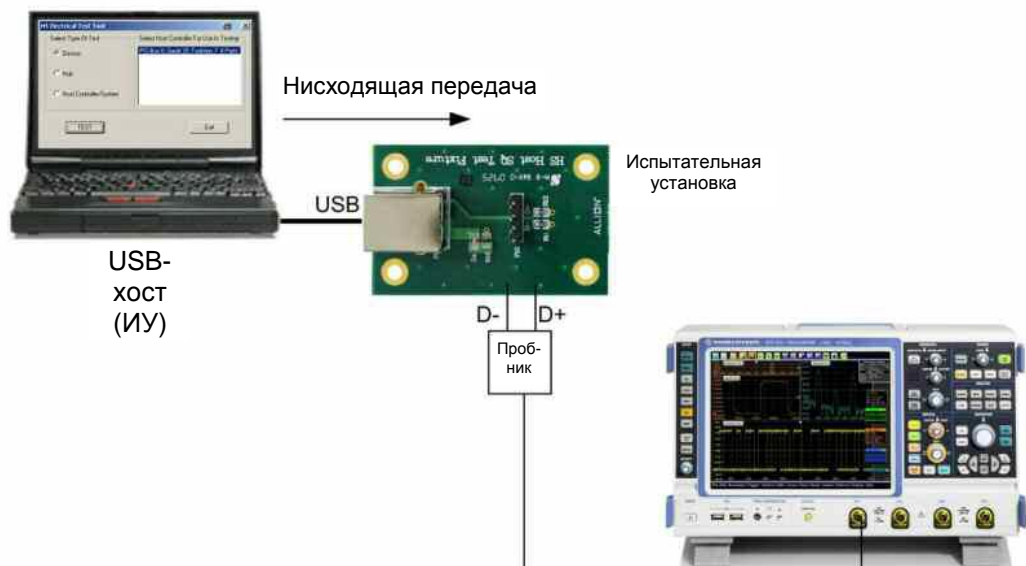


Рисунок 26 – Схема измерения для тестирования качества сигналов хоста в режиме HS.

На рисунке 27 показан полный вид схемы измерения для тестирования нисходящей передачи, где в роли ИУ выступает нисходящий порт хаба, который напрямую соединен с тестовым портом USB приспособления для тестирования, а восходящий порт хаба соединен с хост-компьютером.



Рисунок 27 – Схема измерения для тестирования качества сигналов хоста в режиме HS на нисходящем порте хаба

2.3.2 Процедура измерения для тестирования нисходящей передачи

Шаг 1: Настроить ИУ посредством программы HS-Electrical Test Tool:

Запустить программу **HS Electrical Test Tool** на внешнем ПК. Программа используется для конфигурирования ИУ – инициализации тестовых режимов для генерации заданных тестовых пакетов. На рисунке 28 показано главное окно программы тестирования.

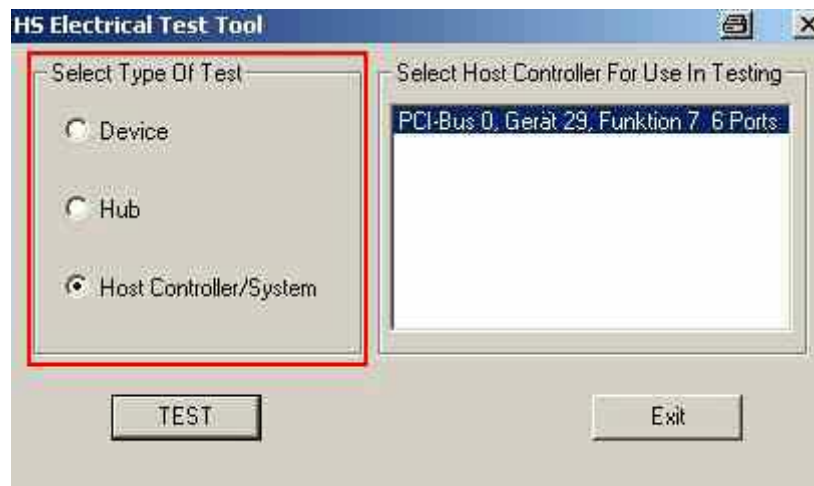


Рисунок 28 – Главное окно программы тестирования. Хост-контроллер ПК указан в правом поле вывода

В разделе выбора вида теста **Select Type Of Test** выбрать выполняемый тест (хаба *Hub* или хост-контроллера *Host Controller*). После нажатия кнопки **TEST**, откроется диалоговое окно для выбранного вида теста. В разделе *Host Port Control* или *Hub Control* выбрать команду **TEST_PACKET**, затем нажать кнопку **EXECUTE**. Через несколько секунд в окне состояния **Status Window** будет выведено сообщение об успешном завершении операции **Operation Successful** (см. рисунки 29 и 30).

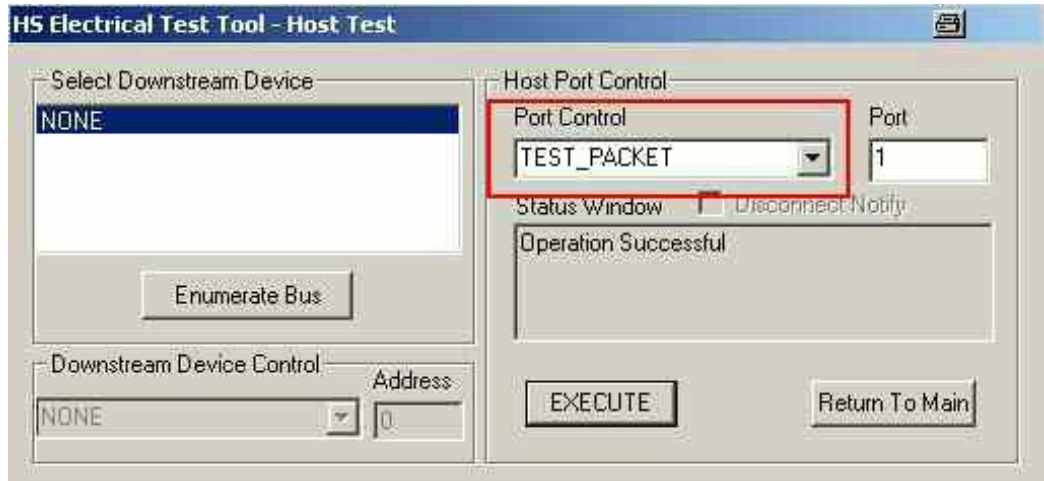


Рисунок 29 – Выбор команды TEST_PACKET (для тестирования хоста)

При тестировании хаба откроются дополнительные области отображения для нисходящих устройств *Downstream Devices* и управления хабом *Hub Control*. Выбрать соответствующий нисходящий порт хаба (в следующем примере используется порт 3)

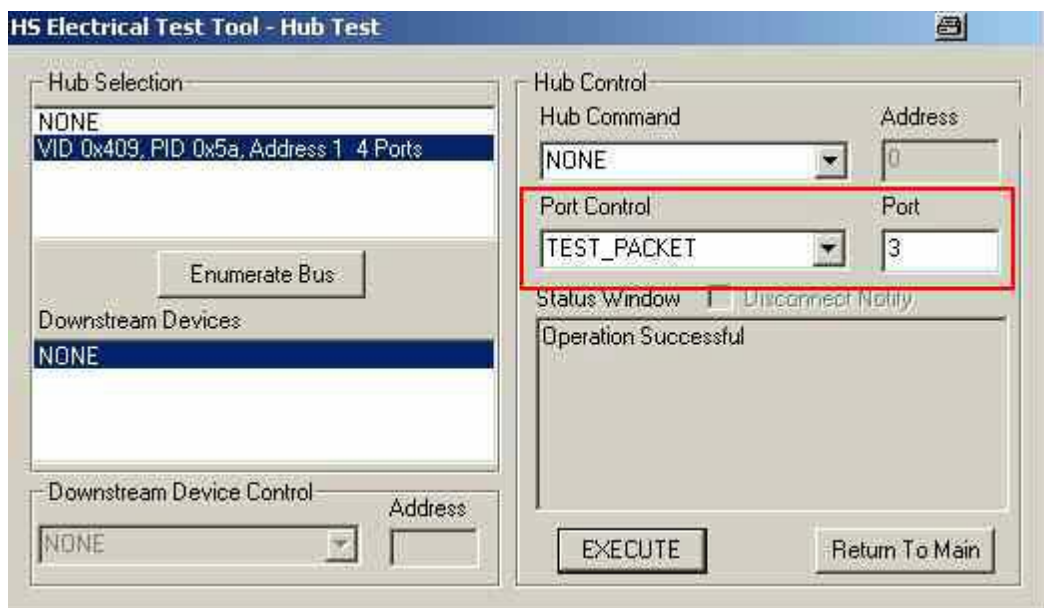


Рисунок 30 – Выбор команды TEST_PACKET (для тестирования хаба)

Теперь пакет для тестирования стандарта USB 2.0 длиной 488 битов и длительностью 1,0166 мкс должен быть сформирован в ИУ. Тестовые пакеты от ИУ будут захватываться с помощью осциллографа RTO, как показано в следующем шаге.

Шаг 2: Измерения с помощью осциллографа RTO:

Захват сигнала с помощью осциллографа RTO идентичен процедуре, описанной в разделе о тестировании восходящей передачи.

См. раздел 2.2.2, шаг 2.

Шаг 3: Преобразование сохраненных файлов осциллограмм с помощью конвертера R&S RTO.csv:

Конвертирование осциллограмм с помощью конвертера RTO.csv идентично процедуре, показанной в разделе о тестировании восходящей передачи. См. раздел 2.2.2, шаг 3.

Шаг 4: Анализ с помощью программы USB-IF Electrical Test Tool:

Для проведения анализа качества сигналов используется программа **USB-IF Electrical Test Tool**. После запуска программы выбрать вкладку **Device/Host SQ** в верхней части диалогового окна (рисунок 31).

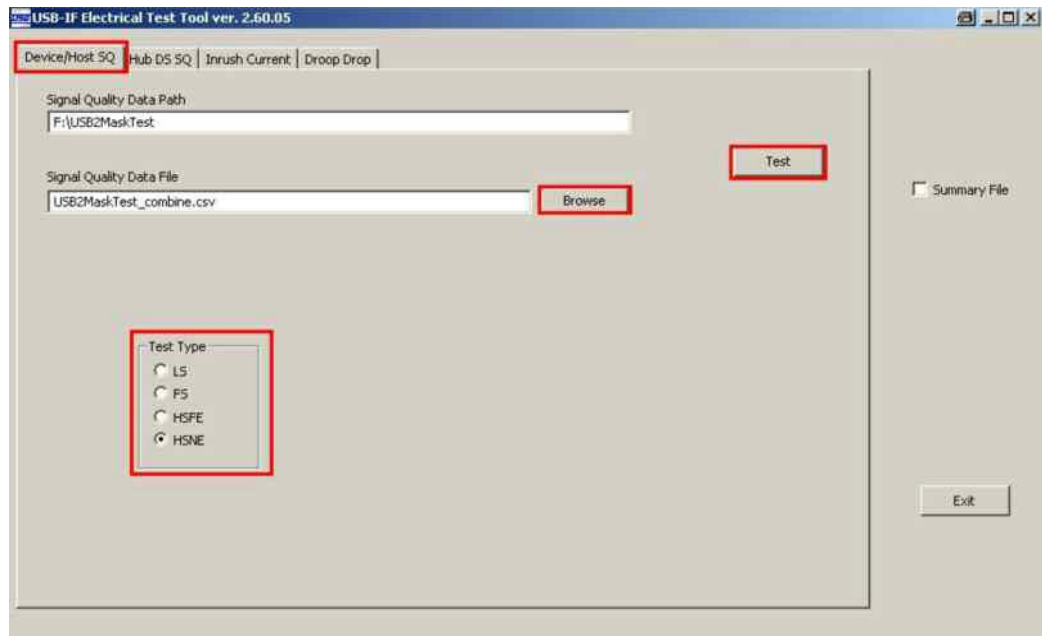


Рисунок 31 – Главное окно программы USB-IF Electrical Test Tool. Анализ тестирования по маске может быть выбран на вкладке Device/Host SQ.

Все последующие шаги идентичны процедуре, описанной в предыдущем разделе о тестировании восходящей передачи. См. раздел 2.2.2, шаг 4.

3 Заключение

В данных указаниях по применению показан простой в использовании и экономически эффективный способ тестирования по маске портов передачи стандарта USB 2.0 с помощью высокопроизводительного цифрового осциллографа R&S®RTO, оснащенного активным дифференциальным пробником компании R&S и приспособлений для тестирования USB 2.0.

Тесты по маске являются эффективным средством проверки целостности сигналов для отладочных целей или для тестирования на соответствие стандарту. Потенциальные проблемы в виде недостаточных значений времени нарастания/спада, выбросов, джиттера или шума обнаруживаются практически с первого взгляда.

Чтобы удовлетворять нормам соответствия высокоскоростного режима USB 2.0 необходимо пройти тестирование по маске с помощью USB 2.0-шаблонов [1], [5].

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

Все необходимые команды дистанционного управления для последовательности измерений с помощью осциллографа RTO приведены в приложении к настоящему документу. Программа-конвертер от компании R&S для преобразования сохраненных осциллограмм в загружаемый входной формат средства анализа USB-IF содержится в настоящих указаниях по применению.

4 Приложения

4.1 Команды дистанционного управления

Ниже показана последовательность измерений осциллографом RTO в виде сценария из команд дистанционного управления.

RTO: обозначает удаленный адрес прибора RTO, знаком # отмечены комментарии.

```
# Сброс осциллографа
RTO: *RST;*CLS;*OPC?
```

```
# Включение канала 1 и автомасштабирования
RTO: CHAN1:STAT ON           # использовать канал 1
RTO: AUToscale;*OPC?        # автомасштабирование
```

```
# Установка развертки для захвата полного пакета и установка разрешения
RTO: TIMEbase:SCALE 200e-9
RTO: ACQ:RES 100e-12
```

```
RTO: stop;*OPC?             # остановка сбора данных
```

```
# Установка такой горизонтальной позиции, при которой на экране виден весь тестовый пакет
RTO: TIMEbase:POSition -0.6e-6
```

```
# Установка правильного типа запуска, используя в качестве начальной точки время простоя сигнала USB.
RTO: trig1:mode norm
RTO: trig1:type width        # запуск по длительности WIDTH
RTO: trig1:width:pol NEG     # с отрицательным наклоном
RTO: trig1:width:rang LONG   # продолжительней
RTO: trig1:width:width 180e-9 # чем 180 нс
```

```
# Установка правильного уровня запуска.
RTO: trig1:source channel1   # запуск по каналу 1
RTO: trig1:lev1 0.1          # в качестве уровня запуска использовать 100 мВ
RTO: *OPC?
```

```
RTO: single;*OPC?          # запуск одного цикла сбора данных
```

```
# Экспорт данных в виде файла осциллограммы
RTO: EXP:WAV:SOUR C1W1       # Установка сигнала в качестве источника
RTO: EXP:WAV:NAME "Test.csv";*OPC? # Установка имени файла с расширением .csv
RTO: EXP:WAV:SAVE           # Сохранение файла
```

4.2 Литература

- [1] **Universal Serial Bus Specification**, Revision 2.0, April 2000
- [2] Rohde & Schwarz: Руководство по эксплуатации цифрового осциллографа RTO
- [3] www.allion.com
- [4] Rohde & Schwarz: Брошюра с описанием цифрового осциллографа RTO
- [5] USB-IF: **USB 2.0 Electrical Test Specification**, Revision 1.03, January 2005

4.3 Дополнительная информация

Комментарии и предложения для данных указаний по применению просим направлять по адресу

TM-Applications@rohde-schwarz.com

Внешние программные средства тестирования **HS-Electrical Test Tool** и **USB-IF Electrical Test Tool** доступны для загрузки на <http://www.usb.org/developers/tools>.

4.4 Информация для заказа

Информация для заказа		
Цифровые осциллографы		
RTO 1044	RTO, 4 ГГц, 4 канала	1316.1000.44
RTO 1024	RTO, 2 ГГц, 4 канала	1304.6002.24
RTO 1022	RTO, 2 ГГц, 2 канала	1304.6002.22
Пробники		
RT-ZD30	Активный пробник, дифференциальный, 3 ГГц	1410.4609.02
RT-ZD40	Активный пробник, дифференциальный, 4,5 ГГц	1410.5205.02

Примечание – Подробное описание доступных опций не приводится.
Дополнительную информацию можно получить, связавшись с местным офисом продаж компании Rohde & Schwarz.

О компании Rohde & Schwarz

Rohde & Schwarz представляет собой независимую группу компаний, специализирующуюся на производстве электронного оборудования. Rohde & Schwarz является ведущим поставщиком контрольно-измерительных систем и приборов, оборудования для теле- и радиовещания, систем радиомониторинга и радиопеленгации, а также систем профессиональной радиосвязи специального назначения. Rohde & Schwarz успешно работает уже 75 лет, представительства и сервисные центры компании находятся в более чем 70 странах. Головной офис компании расположен в Мюнхене, Германия.

Обязательства по охране окружающей среды

- Энергосберегающие изделия
- Постоянное улучшение экологической устойчивости
- Сертифицированная система экологического менеджмента ISO 14001



Контакты в регионах

Европа, Африка, Ближний Восток
+49 89 4129 12345

customersupport@rohde-schwarz.com

Северная Америка

1-888-TEST-RSA (1-888-837-8772)

customer.support@rsa.rohde-schwarz.com

Латинская Америка

+1-410-910-7988

customersupport.la@rohde-schwarz.com

Азия/Тихий океан

+65 65 13 04 88

customersupport.asia@rohde-schwarz.com

Китай

+86-800-810-8228 /+86-400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

Данный документ и поставляемые программы могут применяться только при соблюдении условий, изложенных в области загрузки веб-сайта Rohde & Schwarz.

R&S® является зарегистрированным товарным знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Товарные знаки и торговые марки принадлежат соответствующим владельцам.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstraße 15 | D - 81671 München

Тел. + 49 89 4129 - 0 | Факс + 49 89 4129 - 13777

www.rohde-schwarz.com