

АНАЛИЗ ЦЕЛОСТНОСТИ СИГНАЛОВ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Анализ высокоскоростных интерфейсов передачи данных представляет собой важную задачу в рамках обеспечения целостности сигналов. Одной из основных проблем такого анализа является соединение между физическим интерфейсом и осциллографом, поскольку большинство интерфейсов передачи данных не предусматривают контрольных соединений для ВЧ-анализа. В качестве моста между интерфейсом высокоскоростной передачи данных и ВЧ-разъемом осциллографа необходимо использовать дополнительную измерительную оснастку, которая очевидно повлияет на измерение целостности сигнала. Осциллографы R&S®RTP и R&S®RTO2000 с опцией расширенного анализа джиттера способны анализировать и разделять джиттер на составляющие. Кроме того, эта опция способна явным образом оценить влияние измерительной оснастки и дорожек и дать пользователю хорошее представление о влиянии, оказываемом их измерительной установкой.

Измерительная задача

Вам необходимо определить характеристики высокоскоростного интерфейса передачи данных, такого как PCIe, USB, SATA или HDMI™. Целостность сигнала является важной частью этих характеристик, и одна из проблем здесь — правильное подключение испытуемого устройства (ИУ) к контрольно-измерительному оборудованию. Это может быть осциллограф, анализатор спектра или векторный анализатор цепей.

Как правило, рассматриваемые интерфейсы предназначены для потребительских товаров и имеют недорогие коммерческие разъемы с неопределенными высокочастотными характеристиками, в отличие, например, от разъема SMA. В качестве моста между интерфейсами и контрольно-измерительным оборудованием необходимо использовать измерительную оснастку, но она оказывает определенное влияние на измерение, пренебрегать которым нельзя. Можно было бы использовать методы компенсации/исключения электрических цепей, но определение характеристик измерительной оснастки представляет собой сложную задачу.

Решение компании Rohde & Schwarz

Осциллографы R&S®RTP и R&S®RTO2000 способны выполнять углубленный анализ целостности сигналов. Анализ джиттера обеспечивает разложение по ключевым компонентам. Все параметры, за исключением коэффициента битовых ошибок (BER), можно просматривать во временной области в виде трека, в частотной области в виде спектра, а также наблюдать их статистические значения в виде гистограммы.

Кроме того, опция расширенного анализа джиттера R&S®RTP-K133/RTO-K133 предоставляет две новые функции, которые расширяют границы анализа за пределы этих хорошо известных параметров джиттера:

- ▶ Синтетическая глазковая диаграмма: позволяет исследовать влияние определенных параметров джиттера на глаз данных
- ▶ Внутреннее измерение переходной характеристики канала передачи: включает зависящие от данных характеристики ИУ, измерительной оснастки и кабелей

Анализ переходной характеристики канала передачи имеет важное значение, потому как он описывает влияние измерительной оснастки на анализ целостности сигнала. На основе переходной характеристики можно выполнять различные измерения, чтобы оценить степень влияния измерительной оснастки на анализ целостности сигнала.

Руководство по применению | Версия 01.00

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



Применение

В качестве примера в настоящих рекомендациях по применению описан анализ дифференциального сигнала (8,125 Гбит/с, PRBS31), генерируемого при тестировании битовых ошибок (BERT) с тактовым сигналом с распределённым спектром (SSC) и без добавления джиттера. Сигнал распространяется по длинной дорожке платы PCIe Gen4 ISI (PCIe-VAR-ISI). Межсимвольная интерференция (ISI), вносимая платой, была доминирующим вкладом в джиттер. Данная конфигурация позволяет осуществить проверку переходной характеристики с помощью векторного анализатора цепей (ВАЦ), что показано в конце документа.

Важно анализировать джиттер таким же образом, каким приемник получал бы и синхронизировал данные. Таким образом, осциллограф захватывает дифференциальные данные передачи и использует аппаратное восстановление тактовой частоты передачи данных (CDR) для запуска по сигналу данных (см. рисунок 1). Обратите внимание на высокую скорость обновления данных (122000 осциллограмм/с) высокопроизводительного осциллографа R&S®RTP.

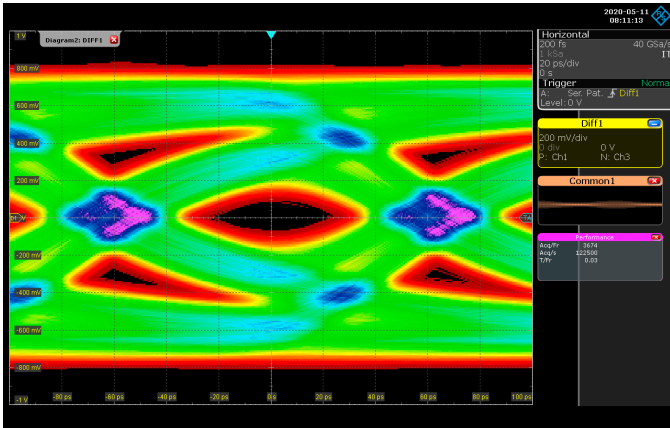


Рисунок 1 — Дифференциальная глазковая диаграмма PRBS31 с большим уровнем межсимвольных помех.

Перед проведением анализа для времени сбора данных должно быть установлено значение, учитывающее минимальное разрешение по частоте, необходимое для анализа периодического джиттера. Для достижения разрешения вплоть до частоты 40 кГц, находящейся в диапазоне импульсных источников питания (SMPS), и частоты дискретизации 40 млрд отсчетов/с, длина записи устанавливается равной 2 млн отсчетов ($= 2 \times (\text{частота дискретизации}) / (\text{частота коммутации SMPS})$) и, следовательно, время сбора данных — равным 50 мкс.

Алгоритм разложения джиттера анализирует дифференциальный канал как сигнал без возврата к нулю (NRZ). Необходимое значение CDR настроено с помощью схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) второго порядка с полосой пропускания 16 МГц.

Разложение джиттера на рисунке 2 показано в виде таблицы результатов, а статистические данные — в виде гистограмм (TJ, RJ, PJ, DDJ¹⁾), в которых, как и ожидалось, преобладает компонент DDJ. Кривая интенсивности ошибок (BER) показывает хорошее соответствие между измеренным и рассчитанным коэффициентом BER. Новым элементом этого разложения выступает оценка переходной характеристики, показанная в середине рисунка 2. Переходная характеристика является результатом воздействия идеальной скачкообразной функции на передаточную функцию канала. Неоткалиброванная измерительная оснастка будет неотъемлемой частью этой оценки.

Пользователь имеет возможность настроить длительность анализа переходной характеристики, используемую при оценке; в данном случае установлена длительность 75 UI. Установка длительности анализа переходной характеристики регулируется тремя принципами:

- ▶ Чем выше длительность анализа переходной характеристики, тем продолжительнее время вычисления.
- ▶ Длительность анализа переходной характеристики должна быть выше, чем память канала. Для более подробного анализа предпочтительна длинная последовательность анализа переходной характеристики.
- ▶ Длительность анализируемого паттерна должна быть больше чем длительность анализа переходной характеристики.

Пользователь может анализировать переходную характеристику с помощью знакомых ему инструментов, таких как курсорные и автоматизированные измерения. В данном примере показано измерение времени нарастания с помощью курсоров. Измерение времени нарастания t_r позволяет оценить полосу пропускания f_B канала, используя приближенное выражение $f_B = 0,35/t_r$, которое справедливо для однополюсного фильтра нижних частот.

Поэтому представляет интерес более подробный анализ в частотной области. Такие особенности, как выброс, спад и звон передаточной функции, также видны в частотной области.

¹⁾ TJ: общий джиттер, RJ: случайный джиттер, PJ: периодический джиттер, DDJ: джиттер, зависящий от данных.

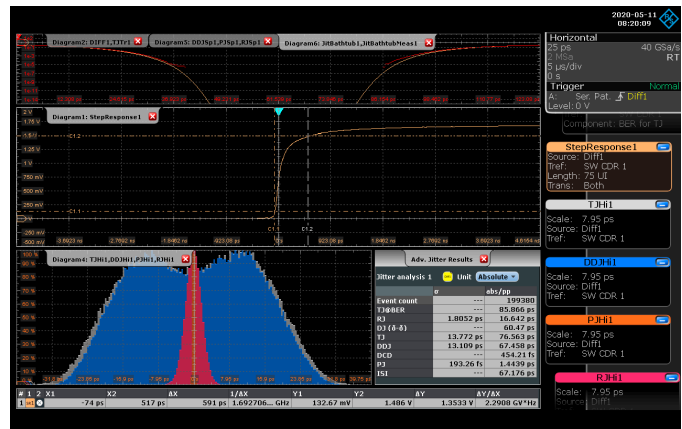


Рисунок 2 — Результаты измерения спектра TJ и RJ, включая список периодических компонентов, гистограммы TJ/RJ/PJ/DDJ, а также измеренную и рассчитанную кривую отказов.

В дополнение к гистограммам и расчетной переходной характеристике на рисунке 3 показана соответствующая передаточная функция переходной характеристики в частотной области в виде амплитудной характеристики (см. маркер M1) и фазовой характеристики (см. маркер M2). Чтобы рассчитать передаточную функцию в частотной области по переходной характеристике, в математическом меню предусмотрен ряд соответствующих функций [1]:

- ▶ Step2FreqRespNormMag(<канал>,<точки>)
- ▶ Step2FreqRespNormPhi(<канал>,<точки>,<задержка>)



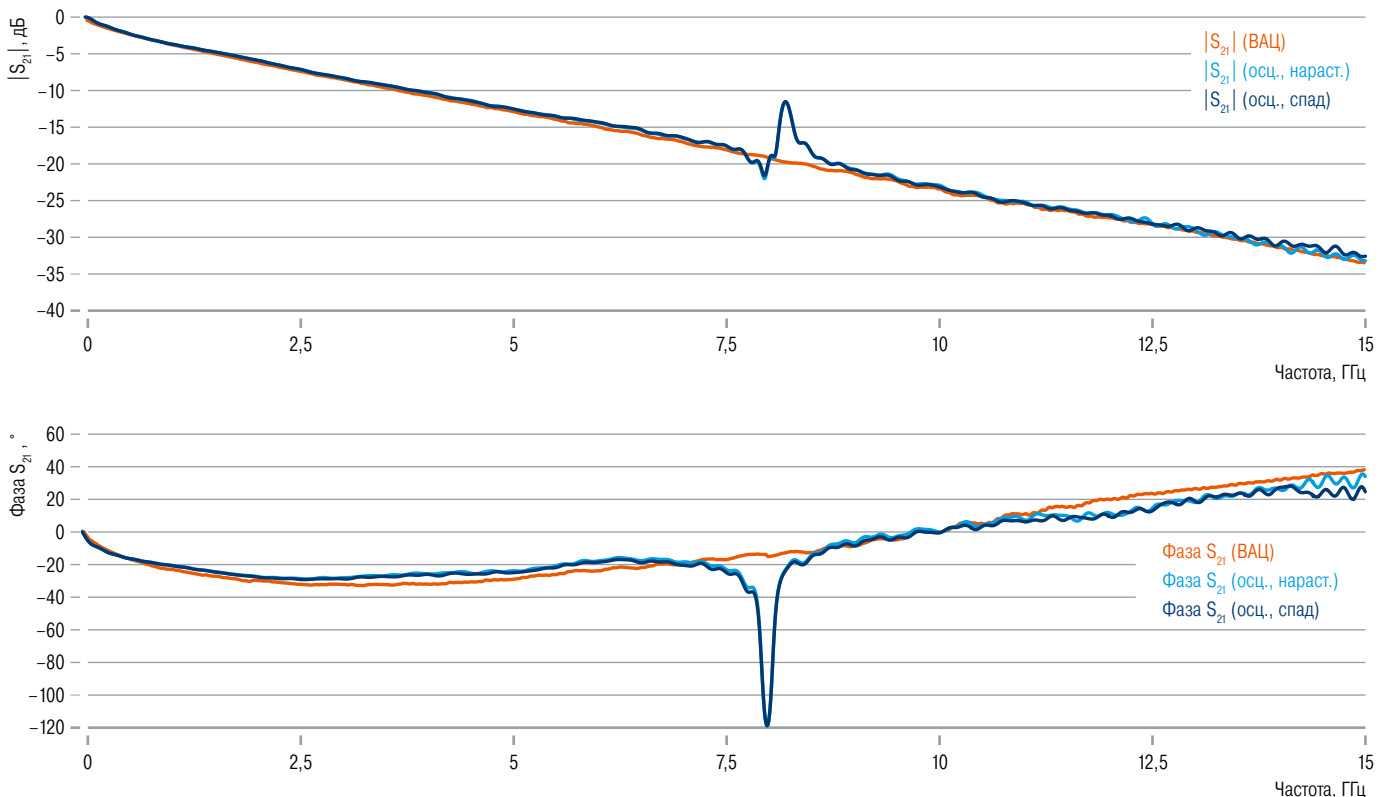
Рисунок 3 — Переходная характеристика испытуемого устройства вместе с осциллограммой и ее преобразование в модуль и фазу.

Как и ожидалось, модуль передаточной функции демонстрирует частотно-зависимое затухание, вызванное главным образом диэлектрическими потерями. Скин-эффект невелик. Фазовая характеристика показывает частотную дисперсию кривой. Для обоих графиков значения выше 16 ГГц являются шумом из-за ограниченной полосы пропускания канала. На частоте 8,125 ГГц наблюдается артефакт, вызванный частотой передачи данных.

Представленное измерение сравнивалось с измерением с помощью ВАЦ. В момент внесения платой PCIe Gen4 ISI межсимвольных помех измерялись соответствующие трассы сигналов (с помощью дифференциального пробника), при этом передаточная функция и параметр рассеяния (S21 DD), измеренный относительно дифференциальных сигналов, сравнивались в частотной области (см. рисунок 4).

Оба измерения показывают хорошее соответствие друг другу в диапазоне от 0 до 16 ГГц. Отклонение модуля составляет менее 1 дБ, а фазы — менее 5°.

Рисунок 4 — Сравнение параметра S_{21} , измеренного с помощью ВАЦ, и полученного при оценке передаточной функции в осциллографе.



Заключение

Осциллографы R&S®RTP и R&S®RTO2000 анализируют цифровые высокоскоростные сигналы на предмет целостности сигнала. Эти осциллографы точно измеряют хорошо известные компоненты джиттера, такие как TJ, RJ, PJ и DDJ. Они также позволяют проанализировать передаточную функцию, которая характеризует влияние DDJ-джиттера. Раздельное определение характеристик отдельных компонентов тракта передачи является сложной задачей по причине недоступности подключения к измерительному оборудованию и неизвестной зависимости выходного сопротивления источника сигналов от частоты. Таким образом, внутреннее измерение передаточной функции является ключевым элементом для понимания источников возникновения DDJ.

Литература

- [1] A. M. Nicolson, «Forming the fast Fourier transform of a step response in time-domain metrology,» (Получение быстрого преобразования Фурье переходной характеристики при измерениях во временной области) Electronic Letters, Volume 9, Issue 14, p. 317, 1973.

См. также

www.rohde-schwarz.com/product/sw_rtx-k133

Термины HDMI и HDMI High-Definition Multimedia Interface, а также логотип HDMI являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками компании HDMI Licensing LLC в США и других странах.

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

www.rohde-schwarz.com

Тренинги Rohde & Schwarz

www.training.rohde-schwarz.com

Служба поддержки Rohde & Schwarz

www.rohde-schwarz.com/support

R&S® является зарегистрированным торговым знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. Фирменные названия являются торговыми знаками их владельцев.

PD 3609.0408.98 | Версия 01.00 | Май 2021 г. (sk)

Анализ целостности сигналов для высокоскоростных интерфейсов передачи данных

Данные без допусков не влекут за собой обязательств | Допустимы изменения

© 2021 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Мюнхен, Германия

