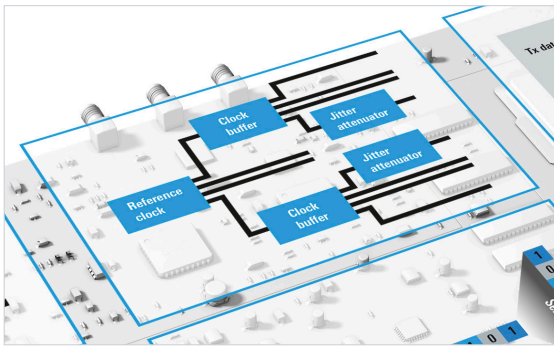


# ПРОВЕРКА РЕАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЖИТТЕРА ТАКОВЫХ СИГНАЛОВ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЦИФРОВЫХ СХЕМАХ

По мере увеличения скоростей передачи данных в высокоскоростных цифровых схемах ограничения для суммарного джиттера системы становятся все более жесткими. Это в первую очередь относится к различным компонентам дерева тактирования, где пределы джиттера для опорных тактовых сигналов, тактовых буферов и аттенюаторов джиттера еще жестче. Для проведения этих испытаний предпочтительными приборами являются анализаторы фазового шума, обладающие высокой чувствительностью.



## Измерительная задача

Измерение джиттера для тактовых сигналов в высокоскоростных цифровых схемах становится все более сложной задачей. Интерфейс PCI 5.0, например, использует скорость передачи данных до 32 гигабайт в секунду (ГТ/с)<sup>1)</sup> с соответствующим пределом джиттера 150 фс (СКЗ) для опорного тактового сигнала. В спецификациях новейшего интерфейса PCI 6.0 указана скорость передачи данных до 64 гигабайт в секунду (ГТ/с) с пределом джиттера 100 фс (СКЗ) для опорного тактового сигнала. У анализаторов фазового шума превосходный уровень измерения джиттера, поэтому они идеально подходят для измерения джиттера в современных высокоскоростных тактовых сигналах. Для того, чтобы свести к минимуму воздействие электромагнитных помех (ЭМП), в таких интерфейсах, как PCIe, USB и HDMI™ обычно используется тактирование с расширенным спектром (SSC) за счет применения низкочастотной частотной модуляции (ЧМ) опорного тактового сигнала. Поскольку режим SSC создает дополнительную нагрузку на тактовый генератор, джиттер тактовых сигналов необходимо проверять и в режиме с включенным SSC (SSC ON).

<sup>1)</sup> Гигабайт в секунду.

## Решение компании Rohde & Schwarz

Измерение джиттера тактового сигнала обычно состоит из следующих этапов:

- ▶ Измерение фазового шума
- ▶ Взвешивание фазового шума на основе соответствующей передаточной функции системы
- ▶ Интегрирование взвешенного фазового шума в заданном диапазоне интегрирования джиттера

## Измерение фазового шума

Для тактовых генераторов с высокой скоростью нарастания импульсов джиттер тактового сигнала в основном определяется фазовым шумом тактового генератора. Поскольку АМ-шум сильно подавляется высокой скоростью нарастания импульсов тактового сигнала, он обычно не влияет на суммарный джиттер тактового сигнала. Для проведения точных измерений джиттера важно обеспечить сильное подавление АМ при измерении фазового шума.

## Взвешивание фазового шума

Измерения джиттера для таких высокоскоростных интерфейсов, как PCIe, обычно должны учитывать системное влияние передаточных функций TX PLL, RX PLL и CDR. Перед интегрированием джиттера в заданном диапазоне к измеренной кривой фазового шума в качестве взвешивающего фильтра применяется результирующая передаточная функция всей системы.



Измерение джиттера тактового сигнала шины PCIe (SSC ON).

## Интегрирование взвешенного фазового шума

Взвешенный фазовый шум обычно интегрируется до частоты Найквиста (половина тактовой частоты) тактового сигнала, а в некоторых случаях даже выше. В этом случае фазовый шум также необходимо измерить до более высоких частот отстройки.

Благодаря архитектуре цифрового демодулятора анализатор фазового шума и тестер ГУН R&S®FSWP измеряет фазовый шум и АМ-шум параллельно, обеспечивая при измерении фазового шума очень сильное подавление АМ. Эта архитектура также позволяет измерять опорные тактовые сигналы в режиме включенного (SSC ON) режима расширения спектра. Прибор также обладает лучшей в отрасли чувствительностью к фазовому шуму, которую можно дополнительно улучшить, добавив опцию взаимной корреляции R&S®FSWP-B60 или R&S®FSWP-B61. Кроме того, с помощью опции R&S®FSWP-B1 в прибор может быть добавлен режим полнофункционального анализатора спектра и сигналов для проведения анализа эффектов взаимодействия и в сложной структуре дерева тактирования.

Для скорости передачи данных 32 ГТ/с в соответствии с PCIe 5.0 определены 16 различных системных функций передачи. Для каждой из них результаты измерения взвешенного джиттера должны быть ниже предела в 150 фс. В режиме SSC ON необходимо перед применением взвешивания и интегрирования джиттера удалить спуры SSC (основная частота и гармоники) до 2 МГц. Для удобства, в разделе скачиваний настоящих рекомендаций по применению размещен подходящий внешний программный инструмент. Этот инструмент автоматизирует измерение и постобработку данных (удаление спуров SSC, взвешивание, интегрирование джиттера и определение наивысшего измеренного значения джиттера по различным передаточным функциям системы). Инструмент поддерживает R&S®FSWP (требуется опция R&S®FSWP-B60 или R&S®FSWP-B61), а также R&S®FSPN и поддерживает версии PCIe вплоть до PCIe 6.0.

## Заключение

Анализатор R&S®FSWP обладает функциональными возможностями, необходимыми для проведения испытаний тактовых сигналов с низким уровнем джиттера как в режиме SSC OFF, так и в режиме SSC ON. Прибор обеспечивает очень высокое подавление АМ при измерении фазового шума и превосходную чувствительность к фазовому шуму для проведения высокоточных измерений джиттера тактовых сигналов с низким уровнем джиттера для современных высокоскоростных цифровых схем.

## См. также

[www.rohde-schwarz.com/product/fswp](http://www.rohde-schwarz.com/product/fswp)  
[www.rohde-schwarz.com/product/fspn](http://www.rohde-schwarz.com/product/fspn)

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.

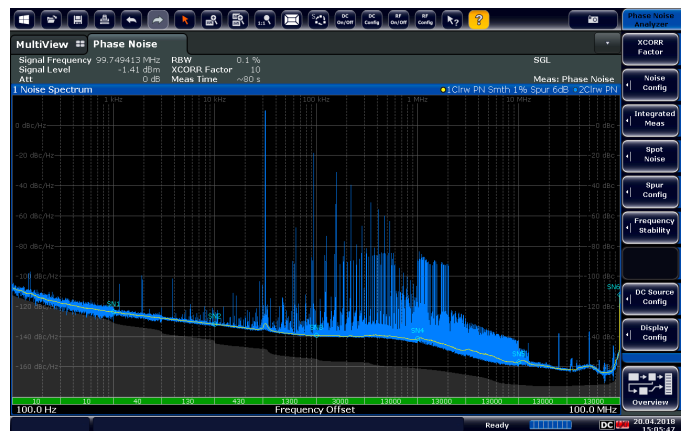
**Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG**  
[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

**Тренинги Rohde & Schwarz**  
[www.training.rohde-schwarz.com](http://www.training.rohde-schwarz.com)

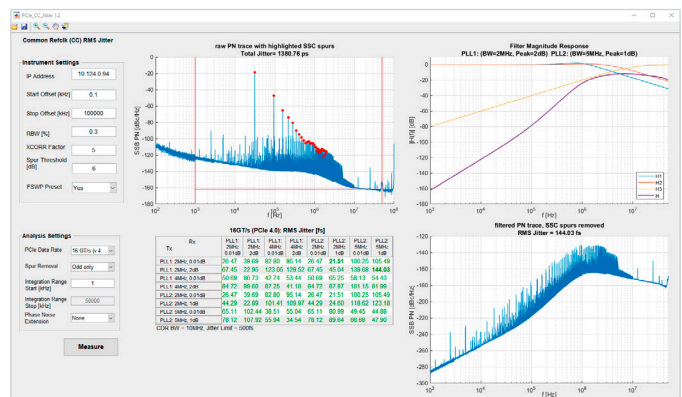
**Служба поддержки Rohde & Schwarz**  
[www.rohde-schwarz.com/support](http://www.rohde-schwarz.com/support)



Тактовый сигнал PCIe без SSC: фазовый шум и взвешенный джиттер.



Тактовый сигнал PCIe с SSC: фазовый шум.



Тактовый сигнал PCIe с SSC: постобработка кривой фазового шума и результатов измерения джиттера PCIe.

R&S® является зарегистрированным торговым знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG  
 Фирменные названия являются торговыми знаками их владельцев  
 PD 5215.8393.98 | Версия 03.00 | Сентябрь 2022 г. (sk)  
 Проверка реальных параметров джиттера тактовых сигналов в высокоскоростных цифровых схемах  
 Данные без допусков не влекут за собой обязательств | Допустимы изменения  
 © 2018 - 2022 Rohde & Schwarz GmbH Co. KG | 81671 Мюнхен, Германия