

Keysight Technologies

Проектирование и тестирование PCI Express® –
от электрических параметров до протокола



Всестороннее моделирование,
измерение параметров и отладка
устройств PCI Express



Unlocking Measurement Insights

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = PCIe® INSIGHTS

Создайте свою лучшую разработку

Каждая смена поколений цифровых стандартов порождает новые риски. Создавая свои приборы и работая с заказчиками, мы первыми сталкиваемся с этими проблемами. Решения компании Keysight Technologies для тестирования высокоскоростных цифровых устройств представляют собой комбинацию программного обеспечения, измерительных приборов и обширного опыта, накопленного в результате постоянного сотрудничества с ведущими отраслевыми специалистами.

Шина PCI Express® широко применяется в системах, требующих высокой скорости передачи данных, таких как системы видеобработки и графические адаптеры. И если в самом начале своего существования эта технология применялась только в высокопроизводительных настольных компьютерах или серверах,

то теперь она широко используется во встраиваемых системах. Технические характеристики и тесты на соответствие стандарту для этой шины определены некоммерческой организацией PCI Special Interest Group (PCI-SIG®) (см. таблицу на рис. 1).

Особую озабоченность разработчиков вызывают проблемы функциональной совместимости и обратной совместимости. Без специальных инструментов невозможно проверить все необходимые параметры и протоколы работы разрабатываемого устройства, чтобы убедиться, насколько точно оно соответствует спецификациям.

С ростом скоростей передачи данных заметней становятся такие факторы нарушения целостности сигнала, как отражения и перекрёстные помехи, которые

вызывают деградацию сигнала и порождают проблемы синхронизации. Малый период тактовой частоты означает меньший бюджет джиттера, поэтому борьба с джиттером существенно усложняется. Кроме того, с расширением сферы применения шины PCI Express растут и возможности уровня протокола.

Если вы сумеете глубже проанализировать работу своего устройства начиная с самых ранних этапов проектирования, то сможете быстрее исправить возникшие ошибки и убедиться, что ваше изделие соответствует необходимому уровню качества, полностью совместимо и своевременно будет выпущено на рынок. Делясь своим богатым опытом, мы поможем вам в создании изделий, которыми можно будет гордиться. Работайте с Keysight и создайте свою лучшую конструкцию.

Версии PCI Express	1.0a	1.1	2.0	3.0	4.0
Скорость передачи данных	2,5 ГТ/с	2,5 ГТ/с	2,5 и 5,0 ГТ/с	2,5, 5,0 и 8,0 ГТ/с	2,5, 5,0, 8,0 и 16,0 ГТ/с
Тактовая частота	1,25 ГГц	1,25 ГГц	2,5 ГГц	4,0 ГГц	8,0 ГГц
Кодирование данных	Скремблирование PRBS16 и кодирование 8b/10b	Скремблирование PRBS16 и кодирование 8b/10b	Скремблирование PRBS16 и кодирование 8b/10b	2,5 и 5,0 ГТ/с: скремблирование PRBS16 и кодирование 8b/10b 8,0 ГТ/с: скремблирование PRBS23 и кодирование 128b/130b	2,5 и 5,0 ГТ/с: скремблирование PRBS16 и кодирование 8b/10b 8,0 и 16,0 ГТ/с: скремблирование PRBS23 и кодирование 128b/130b
Суммарная пропускная способность для x16 линий	~6,4 ГБ/с	~6,4 ГБ/с	~12,8 ГБ/с	~25,6 ГБ/с	~36 ГБ/с
Основные изменения	Исходная версия	Более жёсткие требования к измерению джиттера и тактовой частоты	Скорость, спецификации кабеля, тест полосы ФАПЧ, более жёсткие требования к измерению джиттера и тактовой частоты, новые уровни предискажений.	Скорость, расширенная полоса ФАПЧ, более сложные предискажения, скремблирование PRBS23	Скорость, более короткий канал, один разъем, больше состояний предискажений передаваемого сигнала, больше звеньев DFE, значительно меньшая высота глазка принимаемого сигнала

Рисунок 1. Версии и основные характеристики PCI Express

Основная задача

Архитектура PCI Express включает физический уровень, каналный уровень и уровень транзакций. Для электромеханических спецификаций плат (CEM) PCI-SIG предлагает Базовую плату для проверки соответствия (CBV), Плату нагрузок для проверки соответствия (CLB) и программное обеспечение SigTest для упрощения проверки соответствия электрических параметров.

Проверка на соответствие протоколу требует иного подхода. Если лабораторные тесты PCI-SIG предполагают проверку формата для вашего изделия, то вам нужно выполнить проверку на соответствие до его отправки в лабораторию.

Компания Keysight предлагает решения, удовлетворяющие потребность тестирования физического уровня, уровня протокола и функционального тестирования (см. рисунок 2).

Физический уровень: соединительные линии	Физический уровень: тест передатчика	Физический уровень: тест приёмника	Канальный/транзакционный уровень
 <ul style="list-style-type: none"> – САПР ADS с испытательным стендом W2352 PCIe  <ul style="list-style-type: none"> – 86100D DCA-X/TDR – Анализатор цепей E5071C-TDR ENA 	 <ul style="list-style-type: none"> – Осциллографы Infiniium серии V – ПО проверки электрической совместимости PCI Express N5393D – ПО EZJIT Plus и ПО анализа высокоскоростных последовательных шин – 86100D DCA-X с ПО для измерения ФАПЧ 86100DU-400 	 <ul style="list-style-type: none"> – Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A – Высокопроизводительный тестер последовательных шин J-BERT N4903B с компенсатором предискажений N4916B – ПО автоматизированной проверки соответствия и измерения параметров N5990A 	 <ul style="list-style-type: none"> – Анализатор PCIe U4301B – U4305A/B – отладчик протокола PCIe и PCIe LTSSM – Анализатор протокола N5306A для PCIe 1.0 и 2.0 – Анализатор PCIe (analyzer) – Отладчик протокола PCIe (exerciser) – Генератор помех PCIe (jammer) – Карта для тестирования на соответствие протоколу (PTC)

Рисунок 2. Решения компании Keysight для проектирования и тестирования PCI Express

Применение опыта

Компания Keysight обладает многолетним опытом проектирования цифровых и высокочастотных схем, а также разработки протоколов. Мы хорошо знакомы с такими факторами, как отражения, вносимые и обратные потери, бюджет джиттера, запас погрешности по синхронизации, а также со многими другими проблемами, с которыми сталкиваются проектировщики, разрабатывая высокоскоростные системы передачи данных. Наш опыт работы с протоколами передачи данных проистекает из нашей долговременной поддержки стандартов PCI. Являясь активным членом группы PCI-SIG и постоянно принимая участия в работе по подготовке и выпуску спецификаций, компания Keysight приобрела огромный опыт и четкое представление о работе физического, канального и транзакционного уровней, используемых протоколом PCI Express.

Компания Keysight имеет долгую историю плодотворного сотрудничества с ведущими компаниями в отрасли. Это представляет ей значительные преимущества при разработке приборов и программного обеспечения, которые отвечают физическим требованиям, соответствуют потребностям стандартов и удобны для разработчиков.

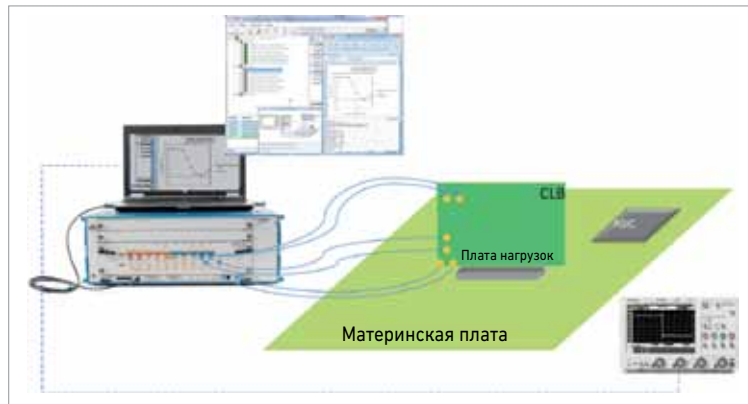


Рисунок 3. Тестер J-BERT M8020A упрощает сложные схемы тестирования приёмников. Здесь показана схема тестирования приёмника PCIe 3 (8 ГТ/с) на материнской плате (спецификация CEM), в которой J-BERT M8020A подключен через плату нагрузок для проверки соответствия (CLB). Тестер J-BERT M8020A содержит встроенную функцию формирования предискажений, источники джиттера, генератор синфазных и дифференциальных помех (CMI, DMI), умножитель тактовой частоты, схему восстановления тактовой частоты и интегрирующий линейный эквалайзер (CTLE) – все, что нужно, встроено и откалибровано.

Всестороннее и достоверное тестирование

Привлекательность решений Keysight для заказчиков заключается в том, что все составляющие этих решений полностью отвечают специфическим требованиям целевых приложений. Эти решения включают осциллографы для проверки целостности сигналов и оценки джиттера, тестеры коэффициента битовых ошибок и генераторы кодовых последовательностей для создания сложных испытательных сигналов, подаваемых на приёмники (рисунок 3), отладчики/анализаторы протоколов, рефлектометры во временной области (TDR) и векторные анализаторы цепей (VNA) для измерения импеданса, а также программные сред-

ства автоматизированного проектирования, интегрированные с приложениями для тестирования на соответствие протоколу, которые позволяют выполнять одни и те же тесты на этапе моделирования и на этапе производства.

Именно качество решений Keysight является ключом к упрощению, ускорению и повышению достоверности тестирования конструкций PCI Express. Точные результаты сокращают число итераций разработки, ускоряют выход изделий на рынок и позволяют создавать надёжные конструкции, способствующие сохранению конкурентных преимуществ.

Физический уровень: тестирование приёмников

Приёмник цифровой системы передачи данных должен извлекать информацию из входного сигнала с очень малым коэффициентом битовых ошибок. Обычно на него поступает сигнал, сильно деградировавший из-за высокочастотных потерь в канале. Хороший приёмник должен справляться с такими искажёнными сигналами и выделять из них правильные биты. PCI Express использует тесты допустимого джиттера, основанные на измерении глазка в неблагоприятных условиях, которые позволяют оценить качество приёмника.

Быстрые и точные измерения допустимого джиттера

Для полного измерения допустимого джиттера приёмника вам потребуется генератор кодовых последовательностей, который подавал бы сигналы на тестируемое устройство, работающее в циклическом режиме, генерировал бы опорную тактовую частоту с распределённым спектром и создавал калиброванный джиттер и предискажения для имитации работы приёмника в неблагоприятных условиях. Точность измерений будет определяться способностью вашей системы контролировать эти параметры. Чем точнее источник, тем лучше вы оцените конструкцию приёмника.

Тестеры коэффициента битовых ошибок Keysight J-BERT M8020A и J-BERT N4903B предлагают полностью интегрированные и калиброванные прецизионные источники джиттера. Они создают достоверные сигналы джиттера наихудшего случая, включая случайный, синусоидальный периодический джиттер, а также межсимвольные помехи (ISI) для имитации условий работы материнской платы. Встроенные процедуры измерения допустимого джиттера позволяют быстро протестировать приёмник (см. рисунок 7). Вы можете имитировать передатчик с сигналами PCI Express после корректора предискажений для полного измерения параметров приёмника (см. рисунок 8). Тестер J-BERT M8020A имеет встроенную систему коррекции предискажений, которая упрощает схему измерения. Для работы с тестером J-BERT N4903B нужен преобразователь предискажений N4916B.

Упрощение сложных тестов

Универсальность стандарта PCI Express проявляется при создании конструкций с несколькими последовательными линиями. Дополнительные линии повышают пропускную способность, но усложняют конструкцию и отладку приёмника.

Можете ли вы имитировать многоканальные сигналы? Придётся ли вам тестировать каждую линию в отдельности, или существует способ автоматизации этого процесса?

Тестер Keysight M8020A J-BERT представляет собой модульную платформу для измерения коэффициента битовых ошибок, которую можно настроить на работу с несколькими генераторами и анализаторами данных для многоканального тестирования.

С помощью программного обеспечения N5990A можно автоматизировать тестирование приёмников или создать полный тест приёмника/передатчика на соответствие стандарту (см. рисунок 9). Это ПО управляет тестерами J-BERT M8020A и J-BERT N4903B, осциллографами Infiniium и другими приборами Keysight.

Тестеры Keysight J-BERT M8020A и J-BERT M4903B оснащены полностью интегрированными и калиброванными источниками джиттера для автоматического тестирования допустимого джиттера.

Схемы тестирования приёмников PCI Express на базе J-BERT M8020A

Большинство решений для тестирования приёмников, включая схемы на базе тестера J-BERT N4903B, требуют применения дополнительных приборов для создания более полного комплекса неблагоприятных условий.

Тестер J-BERT M8020A оснащен встроенным генератором синфазных и дифференциальных помех и позволяет обойтись без дополнительных средств создания неблагоприятных условий. J-BERT M8020A имеет встроенный умножитель опорной тактовой частоты, совместимый с PCI Express, который может генерировать тактовую частоту для BERT из системной опорной частоты 100 МГц. ФАПЧ умножителя имеет достаточно широкую полосу пропускания, чтобы передать распределенный спектр (SSC), что позволяет тестировать системы с включенным SSC.

Широкий набор источников искажённого сигнала, встроенный в каждый канал генератора кодовых последовательностей компенсатор предискажений, а также функции коррекции на каждом входе детектора ошибок и интегрированный умножитель опорной частоты значительно упрощают схемы измерения приёмников PCI Express по сравнению с предшествующей моделью J-BERT N4903B. Модуль

M8041A BERT системы J-BERT M8020A BERT поддерживает скорость передачи данных до 8,5 или 16,2 Гбит/с. Версия 16,2 Гбит/с позволяет тестировать приёмники на всех четырёх скоростях передачи. J-BERT M8020A помогает достичь наивысших результатов в проектировании приёмников PCI Express.

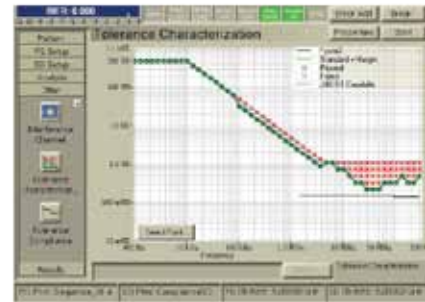


Рисунок 7. Измерение допустимого джиттера с помощью J-BERT N4903B с синусоидальным джиттером от 1 кГц до 300 МГц.



Рисунок 8. Схема измерения допустимого джиттера с помощью J-BERT M8020A.

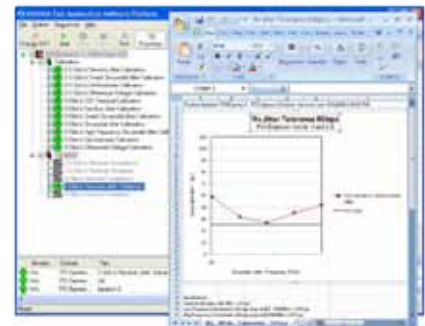


Рисунок 9. Автоматическое тестирование приёмника PCI Express с помощью ПО N5990A.

Физический уровень: проектирование соединительных линий

С ростом скоростей передачи данных приходится уделять особое внимание проектированию плат для минимизации проблем, связанных с целостностью сигналов. Длинные печатные проводники вызывают затухание сигнала, затягивание фронтов и увеличение джиттера. Неоднородности импеданса при наличии переходных отверстий могут вызвать отражения и перекрёстные помехи. В результате приходится использовать инструменты из арсенала радиоинженеров – рефлектометры во временной области (TDR), векторные анализаторы цепей (VNA) и ПО ВЧ моделирования.

Точные измерения импеданса

Перекрёстные помехи, затухание, импеданс и АЧХ – вот самые распространённые измерения, выполняемые с помощью рефлектометров во временной области или векторных анализаторов цепей. Для достижения максимальной точности эти приборы используют процедуру калибровки, которая устраняет влияние кабелей или тестовой оснастки, подключающих рефлектометр или анализатор к тестируемому устройству.

Keysight 86100D DCA-X с модулем 54754A для дифференциальных измерений TDR/TDT даёт быстрое и интуитивно понятное представление о неоднородности импеданса. Переключившись в частотный режим, вы можете измерить калиброванные S-параметры передачи и характеристики импеданса каналов, кабелей и разъёмов (см. рисунок 10). Для повышения точности 86100C TDR использует уникальный калибровочный процесс, устраняющий влияние кабелей и позволяющий изолировать тестируемое устройство от измерительной системы.

Анализатор цепей Keysight E5071C ENA с опцией расширенного анализа во временной области предлагает одноприборное решение для анализа характеристик соединительных линий. Прибор может измерять импеданс во временной области и S-параметры в частотной области, а также выполнять анализ глазковых диаграмм. Векторный анализатор цепей имеет более высокую точность, чем рефлектометр во временной области, благодаря более широкому динамическому диапазону и более полной калибровке, что очень важно при измерении малых вносимых потерь и малых уровней отражения.

Кроме того, рассчитанный на разработчиков цифровых схем простой и интуитивно понятный интерфейс пользователя и высокая стойкость векторного анализатора цепей к электростатическому разряду позволяют создать уникальное решение для сложных измерений.

Прогнозирование параметров соединительных линий путём моделирования

Радиоинженеры широко применяют средства ВЧ моделирования для прогнозирования влияния неоднородностей импеданса, разъёмов и печатных проводников. Разработчики же цифровых схем используют для учёта аналоговых эффектов симуляторы на основе SPICE. Некоторые такие симуляторы могут обрабатывать высокочастотные данные S-параметров, но редко способны конкурировать с ВЧ симуляторами по точности определения высокочастотного влияния каждого элемента схемы.

Система автоматизированного проектирования ADS компании Keysight обладает несколькими особенностями, оптимизированными для разработки высокоскоростных цифровых схем. Специальный дополнительный модуль для САПР ADS (стенд W2352 для проверки на соответствие стандарту PCI Express) позволяет быстро приступить к проектированию устройств с интерфейсом PCI Express. Вы можете анализировать все последовательные линии интерфейса, выполняя совместное моделирование отдельных компонентов, причём на наиболее подходящем уровне абстракции: на уровне канала, схемы или на физическом уровне (см. рисунок 11). Чтобы повысить точность, можно импортировать измеренные S-параметры в виде элементов схемы. Для ускорения выполнения анализа можно подключиться к приложениям для проверки совместимости Infiniium на базе осциллографов Keysight, чтобы использовать те же самые тесты на соответствие в программно моделируемых схемах, а затем в изготовленных изделиях.

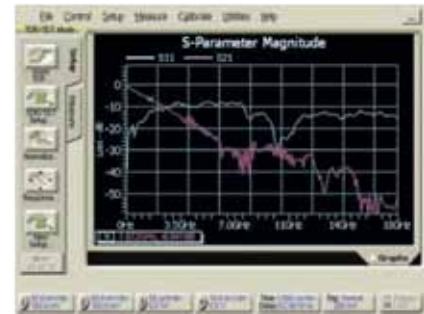


Рисунок 10. S-параметры можно генерировать автоматически с помощью измерительного ПО 86100D DCA-X TDR

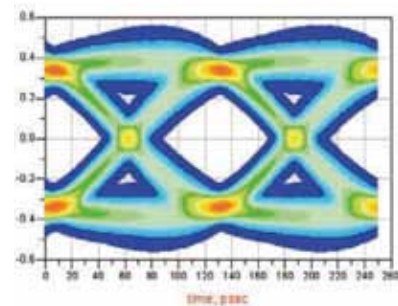


Рисунок 11. САПР ADS моделирует канал PCI Express 3.0 и выполняет дифференциальное измерение глазка.

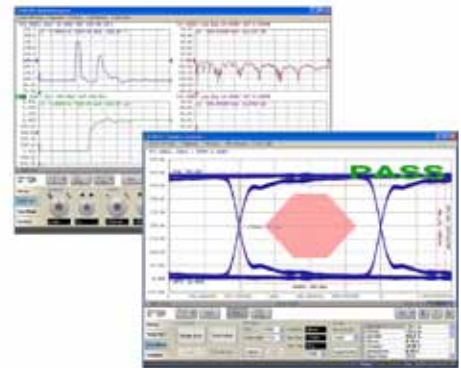


Рисунок 12. Опция TDR для анализатора ENA позволяет выполнять анализ во временной и частотной областях, а также анализ глазковых диаграмм.

Канальный/транзакционный уровень: проверка протокола и тестирование в неблагоприятных условиях

Проверка протокола выполняется на физическом уровне, канальном уровне и уровне транзакций, причём каждый из них характеризуется своими собственными сложностями. Для проверки нужно создать соответствующие испытательные сигналы – имитирующие корневые устройства при тестировании плат расширения или конечные устройства при тестировании корневых устройств. Группа PCI-SIG предусматривает применение в обязательных тестах «Карты для тестирования на соответствие протоколу» (PTC), но, вероятно, вы захотите более тщательно проверить своё устройство, чтобы устранить возможные проблемы функциональной совместимости.

Быстрая и простая проверка протокола

Кроме обязательных тестов на соответствие протоколу, PCI-SIG рекомендует более сотни дополнительных тестов для измерения параметров разрабатываемого устройства. Основной целью теста является «Машина обучения канала и состояний» (LTSSM). Она отвечает за установление соединения между двумя компонентами; гарантирует, что соединение установлено, и что компоненты договорились о соответствующих значениях параметров. При наличии большого числа основных и вспомогательных состояний важно протестировать все переходы между возможными состояниями.

Отладчик протокола Keysight LTSSM позволяет быстро проверять сложные для тестирования переходы LTSSM разрабатываемого устройства, включая динамическое изменение ширины канала (см. рисунок 12). То же оборудование можно использовать в качестве отладчика протокола для PCIe. Отладчик протокола PCIe компании Keysight может имитировать работу корневого или конечного устройства, что позволяет тестировать любые типы устройств для PCIe 3.0, PCIe 2.0 или PCIe 1.0. Используя управляемую генерацию пакетов и вставку ошибок, отладчик протокола может полностью проверить корректность работы разрабатываемого устройства (см. рисунок 13).

Насколько надёжно разрабатываемое устройство?

На первый взгляд ваша система работает, но вы не можете воспроизвести случайный перемежающийся отказ. Это нужно сделать, чтобы обеспечить повышенную надёжность и способность корректного исправления всех ошибок. Такая проблема достаточно сложна, учитывая необходимость сокращения времени тестирования и сложность моделирования реалистичных условий работы. В идеале нужно вводить ошибки в реальный трафик, смотреть, как реагирует на них устройство, и делать соответствующую программную коррекцию.

Отладчик протокола PCI Express Keysight U4305A можно использовать для подмены подключенного к каналу устройства. Вставьте его в работающую систему и начните тестирование. Детальный отчет помогает чётко определить источники проблем и ускоряет отладку, а интеграция с анализатором протокола U4301B позволяет глубоко анализировать причины возникновения отказов.

Карта для тестирования на соответствие протоколу (PTC) выполняет тесты канала и транзакций PCIe в соответствии с требованиями PCI-SIG и выполняет простую для понимания разбраковку «годен/не годен».

Имитация протокола NVMe

Проверка устройств или систем, использующих протокол NVMe, упрощается за счёт применения инструментов NVMe, входящих в состав отладчика протокола U4305A. Проверьте, как контроллер NVMe обрабатывает управляющие запросы, такие как команды управления очередью или команды инициализации контроллера. Компания Keysight реализовала тесты совместимости NVMe в соответствии с определением Лаборатории совместимости (IOL) Нью-Хэмпширского университета (UNH). Эти тесты выполняют разбраковку «годен/не годен» и предоставляют детальную диагностическую информацию, улучшающую проверку NVMe (см. рисунок 14).

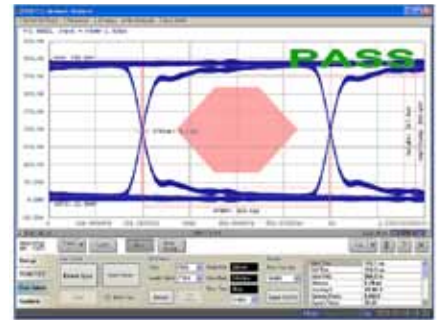


Рисунок 13. Отладчик протокола позволяет быстро и просто настроить тесты LTSSM для PCIe 3.0 и PCIe 2.0.



Рисунок 14. Всесторонняя проверка разрабатываемого устройства на отладчике протокола Keysight.



Рисунок 15. Пакет для проверки соответствия NVMe версии 1.1 реализован в виде простой в обращении интегрированной среды.

Канальный/транзакционный уровень: отладка протокола

При обнаружении ошибок протокола нужно понять, почему они произошли, а затем их исправить. Для этого нужно получить доступ к сигналам, иметь возможность запуска по конкретным событиям, надёжно захватывать трафик и просматривать результаты для быстрой интерпретации. Внутрисистемное тестирование при высоких скоростях передачи данных требует применения высокоэффективных пробников в сочетании с универсальным анализатором протокола.

Быстрый поиск и устранение ошибок протокола

Отладка протокола PCI Express предполагает захват трафика на высокой скорости и во время операций по управлению питанием. Анализатор протокола должен быстро синхронизироваться с трафиком и затем запуститься по уникальной последовательности протокола. Отладка проблем нижнего уровня, таких как проблемы управления питанием, требует исключительно быстрой синхронизации. После захвата трафика вы захотите изучить полученные данные на разных уровнях абстракции и понять, что происходит.

Анализатор протокола PCI Express компании Keysight представляет собой мощный инструмент отладки. Он работает с устройствами от x1 до x16 и обладает расширенными возможностями запуска, сокращающими время поиска трудно обнаружимых ошибок (см. рисунок 15). Для отображения данных и поиска ошибок, связанных с входом и выходом из состояний пониженного энергопотребления, можно использовать представления каналов или пакетов (см. рисунок 16). Для решения проблем более высокого уровня, таких как проблемы целостности данных, средство просмотра транзакций позволяет одновременно наблюдать все данные нескольких процессов в одном месте, что существенно упрощает анализ.

Доступ к сигналам для отладки в масштабе реального времени

Основной проблемой отладки протокола PCI Express является получение доступа к сигналам без внесения искажений. Место и способ подключения пробника зависит от конструкции вашей системы. Пробники с промежуточной шиной обеспечивают доступ к трафику, но не должны влиять на качество сигнала. Для пассивной передачи сигналов по длинным дорожкам используются слотовые переходники, и они не должны каким-либо образом искажать сигналы.

Анализатор протокола PCI Express компании Keysight предлагает широкий выбор решений для доступа к сигналам. В комплект анализатора Keysight U4301B PCIe Gen3 входят переходники SFF-8639, M.2 и слотовые переходники, а также пробники с промежуточной шиной и пробники с проволочными выводами.

Пробники Keysight Gen3 используют уникальную технологию ESP (пробник с коррекцией искажений), которая позволяет настраивать используемый алгоритм коррекции в соответствии с типом исследуемого канала. Это гарантирует, что данные, захваченные анализатором, в точности соответствуют данным, передаваемым по линии. Без этой функции на скорости 8 ГТ/с возникает высокая вероятность неправильной интерпретации данных шины, что может привести к часам, если не дням, зря потраченного времени. Для измерений Gen3 имеются пробники с промежуточной шиной и слотовые переходники.

Анализатор Keysight U4301B PCIe является самым полным в отрасли решением для анализа LTSSM, управления потоком и анализа характеристик устройств PCIe.



Рисунок 16. Анализ LTSSM сильно упрощается за счёт детального отслеживания каждой смены состояния, которая отображается в представлении линейных состояний, в виде таблицы смены состояний и в виде пузырьковой диаграммы состояний.



Рисунок 17. Информация о транзакциях NVMe предлагает простые представления полезных нагрузок NVMe и сообщений PRP. Обзор всех транзакций даёт мгновенный доступ ко всем сообщениям исследуемой цепи.

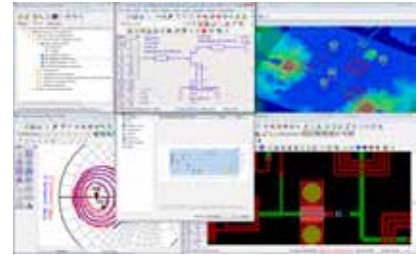


Рисунок 18. Пробники с промежуточной шиной серии N4240 используют технологию Soft Touch для снижения влияния на исследуемые сигналы.

Решения Keysight для PCI Express

САПР ADS (Advanced Design System)

Предлагая расширенный набор технологий моделирования – от моделирования в частотной, временной, цифровой и физической областях до электромагнитного моделирования, – САПР ADS позволяет измерять все характеристики устройств и оптимизировать их конструкцию. Единая, интегрированная среда проектирования предлагает системные, схемотехнические и электромагнитные симуляторы, а также функции импорта электрических принципиальных схем и топологии и их проверки, что исключает задержки, связанные со сменой средств проектирования.



Широкополосный осциллограф 86100D Infiniium DCA-X с функциями рефлектометра во временной области и анализа ФАПЧ

Осциллограф Keysight 86100D DCA-X объединяет функции точного анализа сигналов, измерения джиттера, рефлектометра во временной области и измерения S-параметров с простой однокнопочной системой управления. Прецизионный анализатор сигналов Keysight 86108B позволяет измерять сверхмалый джиттер с помощью встроенной аппаратной схемы восстановления тактовой частоты, позволяющей точно анализировать системы ФАПЧ. Дифференциальные TDR/TDT-модули Keysight 54754A и N1055A выполняют измерения импеданса и перекрестных помех в режиме реального времени.



Опция TDR для анализатора цепей E5071C ENA

Опция TDR (рефлектометр во временной области) для анализатора цепей Keysight ENA является одноприборным решением для анализа высокоскоростных последовательных линий: анализ во временной и частотной областях и анализ глазковых диаграмм. Для проектирования и проверки целостности сигналов она предлагает три революционных решения: простое и интуитивно понятное управление, быстрые и точные измерения и высокую стойкость к электростатическому разряду.



Осциллографы Infiniium серии V

В осциллографах Infiniium серии V используются инновационные технологии, рассчитанные на выполнение высококачественных измерений. Новая система запуска, способная работать с самыми длинными 160-разрядными последовательностями на скорости 12,5 Гбит/с, и самая высокая в мире частота дискретизации по цифровым каналам 20 Гвыб/с обеспечивают своевременную проверку и отладку. Малошумящий входной интерфейс этих осциллографов, улучшенные пробники серии InfiniiMax III/III+ и революционный согласующий адаптер обеспечивают частотный диапазон до 33 ГГц и лучшую в отрасли целостность сигнала.



Решения Keysight для PCI Express (продолжение)

ПО N5393D для электрических тестов на соответствие PCI Express

Программное обеспечение Keysight N5393D для проверки электрических параметров на соответствие PCI Express для осциллографов Infiniium серии 90000 позволяет быстро и просто тестировать и отлаживать устройства PCI Express. Данное ПО автоматически исполняет тесты электрических параметров и отображает результаты в гибких отчётах. Помимо измеренных данных, отчёты содержат анализ допусков, который демонстрирует, насколько близко исследуемое устройство прошло или не прошло тот или иной тест.



Высокопроизводительная система J-BERT M8020A для измерения коэффициента битовых ошибок

Высокопроизводительная система Keysight J-BERT M8020A позволяет выполнять быстрые и точные измерения приёмников одно- и многоканальных устройств, работающих на скорости 16 или 32 Гбит/с. M8020A облегчает настройку схемы измерений современного высокоинтегрированного оборудования. Кроме того, автоматическая калибровка сигнала по месту установки прибора гарантирует точность и воспроизводимость измерений. А с помощью интерактивного обучения канала его можно настроить так, чтобы он вёл себя подобно партнёру по каналу вашего исследуемого устройства. В итоге J-BERT M8020A существенно ускоряет анализ работы вашего устройства.



Высокопроизводительный тестер коэффициента битовых ошибок для последовательных шин J-BERT N4903B

Тестер J-BERT N4903B представляет собой решение для проектирования и тестирования цифровых компонентов, устройств и подсистем на скоростях передачи до 12,5 Гбит/с. Он содержит калиброванные источники джиттера для тестирования глазка приёмников в неблагоприятных условиях. Автоматический тест допустимого джиттера позволяет быстро и точно измерять параметры и выполнять проверку на соответствие стандарту. Для анализа передатчиков имеется широкий спектр встроенных инструментов для анализа ошибок, глазка и джиттера, которые позволяют глубже понять причины возникновения битовых ошибок.



Анализатор протокола PCI Express U4301B

Высокоскоростной модуль анализатора протокола PCI Express 3.0 U4301B компании Keysight Technologies поддерживает все приложения PCI Express от Gen 1 до Gen 3, скорости 2,5 ГТ/с (Gen1), 5,0 ГТ/с (Gen2) и 8 ГТ/с (Gen3) и ширину канала от x1 до x16. Анализатор U4301B может захватывать и декодировать данные PCI Express и отображать их в окне просмотра пакетов.



Отладчик протокола PCIe и PCIe LTSSM U4305A/B

Отладчик протокола PCIe 3.0 U4305A/B с готовыми сценариями тестирования LTSSM позволяет проверять сложные переходы между состояниями LTSSM тестируемого устройства. Благодаря возможности имитации одной и той же картой корневых или конечных устройств, отладчик протокола PCIe 3.0 U4305A/B поможет проверить любое устройство, будь то сервер или плата расширения. Мощные средства проверки включают эмулятор NVMe с тестами соответствия для PCI Express и NVMe.



Решения Keysight для проектирования и тестирования PCI Express

Продукт	Описание	Поддерживаемая версия PCI Express		
		1.X	2.0	3.0
Физический уровень				
	Осциллографы Infiniium серии V	X	X	X
N5393D	ПО для проверки электрических параметров на соответствие стандарту PCI Express	X	X	X
86100D, 86108B	Шасси DCA-X с модулем прецизионного анализатора сигналов	X	X	X
N4903B	Высокопроизводительный тестер J-BERT, 12,5 Гбит/с, 1 канал	X	X	X
M8020A	Высокопроизводительный тестер J-BERT, 16 или 32 Гбит/с, 1-4 канала	X	X	X
N4880A	Умножитель опорной частоты	X	X	X
N4916B	Преобразователь сигнала коррекции предискажений	X	X	X
N5990A	ПО автоматизированной проверки соответствия и измерения параметров	X	X	X
86100D, 54754A	Шасси DCA-X с модулем TDR	X	X	X
E5071C-TDR	Анализатор цепей ENA с опцией расширенного анализа во временной области	X	X	X
W2212B	САПР ADS (ADS Core, Transient Convolution, Layout, Momentum G2, EMDS, Ptolemy)	X	X	X
W2352	Стенд для проверки на соответствие PCI Express	X	X	X
Канальный/транзакционный уровень				
U4301B	Анализатор PCIe Gen3	X	X	X
U4305A/B	Отладчик протокола PCIe	X	X	X
N5323A	Генератор помех PCIe	X	X	

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированное представление интересующей вас информации.



www.axiestandard.org

AXIe представляет собой открытый стандарт, основанный на AdvancedTCA®, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe. ATCA®, AdvancedTCA® и логотип ATCA являются зарегистрированными в США товарными знаками PCI Industrial Computer Manufacturers Group.



www.lxistandard.org

LXI представляет собой интерфейс на основе Ethernet, пришедший на смену интерфейсу GPIB. Он обеспечивает более быстрый обмен данными и позволяет использовать в измерительных приборах веб-технологии. Компания Keysight входит в число основателей консорциума LXI.



www.pxisa.org

PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) – это формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.



Трехлетняя гарантия

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

Компания Keysight обеспечивает высшее качество выпускаемой продукции и минимальные общие эксплуатационные расходы. Подтверждением этому является стандартная трехлетняя гарантия на все предлагаемые приборы независимо от региона продажи.



Планы компании Keysight по гарантийному обслуживанию

www.keysight.com/find/AssurancePlans

Пятилетняя страховка защитит вас от внеплановых расходов, связанных с ремонтом и поверкой/калибровкой приборов.



www.keysight.com/go/quality

Система управления качеством Keysight Technologies, Inc. сертифицирована DEKRA по ISO 9001:2008.

Торговые партнеры компании Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

PCI Express, PCIe и PCI-SIG являются зарегистрированными товарными знаками организации PCI-SIG.

www.keysight.com/find/PCIe

www.keysight.com/find/HSD-Insight

Российское отделение Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская
наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954

8 800 500 9286 (Звонок по России
бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская
наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com