



Решение проблем высокоскоростного ввода-вывода для аэрокосмических и оборонных применений

Рекомендации по применению

Введение

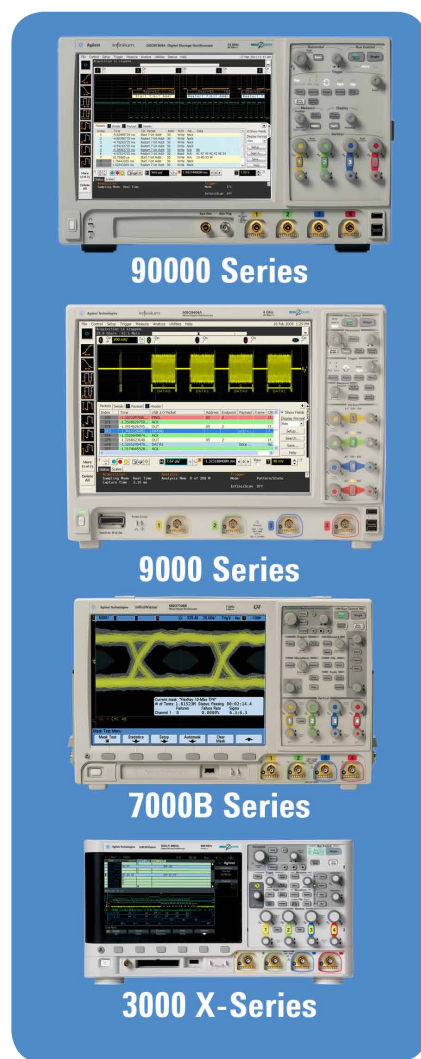
Развитие программ по разработке многоцелевых радаров с переменной конфигурацией, систем радиоэлектронного подавления и противодействия и военных систем связи выдвигает новые требования к архитектуре и устройствам ввода-вывода на системном уровне. Кроме того, поддержка постоянно усложняющейся сетевой инфраструктуры, обеспечивающей высокую пропускную способность каналов передачи данных и низкое время запаздывания, становится критически важной для приложений, работающих в центральных сетях.

Эти тенденции приводят к изменениям в разработке систем, от системного уровня до цифровых компонентов, включая используемые цифровые интерфейсы. Современные системы всё чаще создаются на основе переконфигурируемых аппаратных средств, таких как программируемые вентильные матрицы (FPGA), процессоры цифровой обработки сигналов (DSP) и универсальные процессоры (GPP). Высокоскоростной ввод-вывод необходим для обеспечения высокой скорости передачи данных между этими устройствами, а также с устройствами памяти, устройствами хранения данных и графическими процессорами/дисплеями.

Открытые технологии (COTS-технологии), которые используются в настоящее время в компьютерной индустрии, готовы предложить выгодные с точки зрения технических характеристик и стоимости технические решения для повышения пропускной способности каналов передачи данных.

В данных рекомендациях по применению обсуждаются проблемы тестирования устройств, использующих COTS-технологии, на физическом уровне и на уровне протоколов, а также общепризнанные коммерческие технические решения для тестирования, которые способны уменьшить риски, связанные с переходом к этим технологиям, для аэрокосмических и оборонных применений.

Кроме того, оптоволоконные технологии предлагают такие преимущества, как высокая пропускная способность каналов передачи данных, уменьшенные массогабаритные показатели и меньшая восприимчивость к электромагнитным помехам и интерференции. Эти преимущества могут сделать оптоволоконные технологии привлекательными для применения в аэрокосмической и судостроительной промышленности, а также для антенных решеток с цифровым формированием диаграммы направленности, где потребности в объемах передачи данных быстро растут в связи с увеличением размеров решетки и числа приёмо-передающих модулей. В данных рекомендациях по применению также будут обсуждаться проблемы тестирования и коммерческие технические решения для цифровых оптоволоконных технологий ввода-вывода, чтобы снизить риски, связанные с переходом на эти технологии.



Agilent Technologies

Проблемы тестирования высокоскоростных цифровых технологий ввода-вывода

Необходимость повышения пропускной способности каналов передачи данных и снижения задержек требует рассмотрения ряда проблем, связанных с цифровым вводом-выводом, как на физическом уровне, так и на уровне протокола. Сначала мы рассмотрим проблемы тестирования на физическом уровне и на уровне протоколов, а затем вопросы, относящиеся к некоторым конкретным COTS-технологиям, использующим как медный провод, так и оптоволокно, которые могут представлять интерес для оборонных применений.

Приложение А представляет собой исчерпывающий перечень COTS-технологий цифрового ввода-вывода и технических решений, которые используются в настоящее время для коммерческих применений, а также могут быть интересны для оборонной промышленности. Интерфейсы, включённые в этот перечень, обеспечивают скорости передачи данных от 1 Мбит/с до нескольких Гбит/с для различных устройств, включая микропроцессоры, ПЛИС, устройства памяти, графические устройства/дисплеи и устройства хранения данных.

Хотя подробное изучение каждой из этих технологий выходит за пределы данных рекомендаций по применению, мы рассмотрим некоторые основные технологии, а также связанные с ними проблемы тестирования на физическом уровне и на уровне протоколов. Кроме того, рекомендации по применению содержат краткий обзор ряда COTS-технологий цифрового ввода-вывода, указанных в приложении А.

Пожалуйста, обращайтесь в компанию Agilent для получения более подробной информации по применениям и техническим решениям для любой интересующей технологии из перечисленных в приложении А.

Проблемы тестирования на физическом уровне

В реальных системах с проводниками печатных плат, соединителями и кабелями параметры цифровых сигналов могут меняться. Рассогласование импедансов, шум и джиттер влияют на характеристики физического уровня и целостность сигналов шины. На высоких скоростях передачи данных единичные битовые интервалы становятся настолько малыми, что шум системы, перекрёстные помехи от соседних электрических сигналов или даже электромагнитные помехи способны повлиять на целостность сигнала. Кроме того, поверхностные эффекты канала и потери в тракте сигнала могут ещё в большей степени ухудшить целостность сигнала, что, в свою очередь, может уменьшить значение коэффициента битовых ошибок (BER) приёмника устройства.

Такие ухудшения могут негативно повлиять на надёжность и устойчивость работы цифровых каналов ввода-вывода, которые являются критически важными для оборонных применений. Осциллографы необходимы для определения характеристик и подтверждения правильности работы цифрового ввода-вывода, а также для интеграции этих COTS-технологий. Осциллографы уменьшают риски, связанные с разработкой и внедрением, при развёртывании этих технологий. Однако, имеется несколько ключевых факторов, которые необходимо рассмотреть.

Важно, чтобы полоса пропускания осциллографа была достаточно широкой для захвата соответствующего содержимого цифрового сигнала (например, пятой гармоники сигнала с быстрыми перепадами) с целью точного измерения длительностей фронта и среза. В случае недостаточной ширины полосы пропускания осциллографа измеренный сигнал тестируемого устройства может выглядеть искажённым относительно реального сигнала.

Кроме полосы пропускания следует учитывать также характеристики собственного шума осциллографа. На высоких скоростях передачи данных ошибка, вносимая осциллографом, может стать существенной и может повлиять на измеренные характеристики испытываемого устройства. Наличие более широкой полосы пропускания в осциллографе с недостаточно низким уровнем собственных шумов может увеличить погрешность и снизить точность измерения, что может привести к уменьшению запаса по характеристикам разрабатываемого устройства. Для точного измерения истинных характеристик высокоскоростных COTS-технологий цифрового ввода-вывода требуется достаточная ширина полосы пропускания осциллографа в сочетании с низким уровнем собственных шумов.

Ещё один важный момент касается характеристик джиттера используемого осциллографа. Полный джиттер системы (TJ) может повлиять на надёжность и устойчивость работы цифрового канала ввода-вывода. Джиттер определяется как отклонение перепада сигнала от его идеальной точки на временной оси. Он влияет на способность приёмника, работающего на скорости передачи данных, составляющей несколько Гбит/с, правильно восстанавливать тактовый сигнал и выполнять сбор поступающих данных, что приводит к ошибке системы. Если уровень джиттера слишком большой, могут возникнуть ошибки системы. Чем выше скорость передачи данных, тем менее устойчив приёмник к джиттеру. Джиттер является статистическим по своей сути и может быть разбит на две основные категории: регулярный джиттер (DJ) и случайный джиттер (RJ). Регулярный джиттер (DJ) коррелирован и ограничен. Он может быть вызван межсимвольной интерференцией, перекрёстными помехами, субгармоническими искажениями и другими побочными событиями, такими как включение источника питания. В противоположность DJ, случайный джиттер (RJ) представляет собой некоррелированный и неограниченный джиттер, вызванный тепловыми или другими случайными физическими процессами. Для обеспечения надёжности и устойчивости работы цифровых каналов ввода-вывода для оборонных применений и точного измерения характеристик джиттера требуется осциллограф с низким уровнем собственного джиттера.

Надёжность и устойчивость работы цифровых каналов ввода-вывода являются критически важными для оборонных применений. Выбор цифрового осциллографа с самой широкой полосой пропускания, самым низким уровнем собственного шума и минимальным уровнем измеренного джиттера может обеспечить точность измерений, расширить запас по характеристикам и уменьшить риски, связанные с переходом на COTS-технологии цифрового ввода-вывода.

Проблемы тестирования на уровне протоколов

Инженеры использовали осциллографы исключительно для тестирования характеристик на физическом уровне. Если возникала необходимость тестирования на уровне протоколов, им приходилось вручную декодировать форму сигнала, захваченную осциллографом, или искать анализатор протоколов, рассчитанный на конкретную шину. В современных системах последовательные шины зачастую имеют необходимые точки доступа для отладки и измерения характеристик.

Проблемы физического уровня могут проявляться на уровне протоколов, особенно на высоких скоростях передачи данных по шине. Для устранения подобных проблем можно использовать осциллографы, так как они обеспечивают возможность анализа как на физическом уровне, так и уровне протоколов. Анализ протоколов с помощью осциллографов позволяет также подключать пробники для исследования сигналов шины между контроллером и испытуемым устройством, то есть пассивно контролировать сигналы последовательных шин без разъединения шины, либо без изменения временных или параметрических характеристик шины. Пассивный мониторинг может вскрыть проблемы на физическом уровне, которые не всегда могут быть выявлены при помощи традиционного анализа протоколов.

Анализ протоколов в осциллографе предназначен для расширения возможностей отладки с его помощью, а не для замены традиционных анализаторов протоколов. Корреляция между результатами измерений на физическом уровне и на уровне протоколов может дать представление о проблемах физического уровня, которые приводят к проблемам на уровне протоколов. Осциллографы, снабженные средствами отображения результатов анализа протоколов, обеспечивают эффективные, коррелированные во времени, представления сигналов, символов, а также пакетных данных на разных уровнях (символьном, канальном, транзакций), вплоть до уровня битов. Это позволяет легко связать ошибки связи с логическими и аналоговыми источниками. Например, такая возможность позволяет легко выполнить запуск по ошибке, которая обнаружила себя на уровне протокола, и быстро увеличить масштаб изображения при просмотре измерений на физическом уровне, чтобы проверить, не связано ли это с проблемой целостности сигнала.



Рисунок 1 - Три прибора в одном – осциллограф серии 9000 со встроенным анализом протоколов шин USB, I²C, RS-232, SPI, CAN, FlexRay и PCI Express®

Содержимое последовательного пакета данных после схемы входного каскада поступает на схему запуска осциллографа, чтобы обеспечить запуск по условиям последовательного пакета данных в реальном времени. Пользователь может задать ряд условий запуска, специфических для конкретного протокола. Схема запуска осциллографа сравнивает эти условия с поступающим последовательным потоком данных и может в реальном времени определить момент запуска для повторяющегося или однократного измерения.

Осциллографы, которые имеют аппаратные схемы декодирования последовательных протоколов, выполняют декодирование с использованием аппаратных, а не программных средств, что сокращает время, требуемое для обработки, и увеличивает скорость обновления отображения сигналов, минимизируя время нечувствительности между циклами сбора данных осциллографа. Когда с помощью осциллографа выполняются измерения в режиме однократного сбора данных, возможна обработка с использованием как программных, так и аппаратных средств. При использовании программного запуска потенциально возможен пропуск событий, что связано с наличием времени нечувствительности между циклами сбора данных, а также времени, необходимого для декодирования между циклами сбора данных. В Приложении В приведена таблица протоколов последовательных шин, а также краткая сводка опций программного и аппаратного запуска.

Проблемы тестирования на уровне протоколов (продолжение)

Когда вводятся в действие каналы последовательной передачи данных с пропускной способностью, равной нескольким Гбит/с, выбор между традиционным анализатором протоколов и универсальным осциллографом с функцией анализа протоколов становится не столь очевидным. Цифровые осциллографы не заменяют анализаторы протоколов, но предоставляют разработчикам аппаратуры, использующим осциллограф в качестве основного измерительного прибора, возможность анализа проблем как на физическом уровне, так и на уровне протоколов. Это помогает выявить и устранить проблемы при переходе на COTS-технологии цифрового ввода-вывода, в результате обеспечивая надежное и устойчивое функционирование канала.

Итак, можно задаться вопросом: в каких случаях для отладки системы необходим традиционный анализатор протоколов? Какие функциональные возможности отличают его от технического решения на базе осциллографа, которое мы только что рассмотрели?

Техническое решение для анализа протоколов на базе осциллографа ограничено возможностью проведения измерений сигналов соединений PCIe[®] только с одной двунаправленной линией, также называемых PCIe bi-one (x1). Более сложные цифровые системы, такие как серверы, имеют соединения PCIe, включающие несколько двунаправленных последовательных линий (x4, x8 и x16). Для таких многолинейных соединений PCIe правильным выбором будет техническое решение на базе анализатора протоколов, например, такого как анализатор протоколов PCIe третьего поколения (Gen3) серии U4300, показанный на рисунке 2.

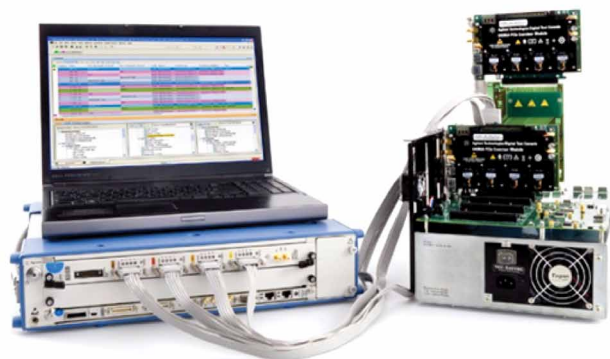


Рисунок 2 - Анализатор протоколов PCIe третьего поколения (Gen3) серии U4300

Другим преимуществом технического решения на базе анализатора протоколов PCIe серии U4300 является возможность определения сложных, ориентированных на последовательную передачу пакетных данных, условий запуска. Аппаратные средства анализатора, реализованные с использованием ПЛИС, позволяют сделать это. Например, используя анализатор протоколов, можно задать такое условие запуска: запуск по запросу считывания из памяти от оконечного устройства (End Point) к корневому комплексу (Root Complex), когда происходит передача конкретной кодовой комбинации данных, и посылка сигнала перекрестного запуска к осциллографу.

Кроме того, техническое решение на базе анализатора протоколов серии U4300 включает имитатор, который может подключаться как "часть" соединения, чтобы функционировать как корневой комплекс (Root complex) или как оконечное устройство (End point). Имитатор может генерировать трафик, который ассоциируется с обучающими последовательностями соединения (LTSSM), пакетом уровня транзакций (TLP) или пакетом канального уровня (DLLP), включая внесение ошибок.

Анализ протоколов позволяет убедиться в том, что функционирование разрабатываемого устройства, использующего COTS-технологии цифрового ввода-вывода, является достаточно надежным и способен выполнять возложенные на него задачи.

Решение проблем тестирования COTS-технологий цифрового ввода-вывода

В предыдущих разделах были рассмотрены общие вопросы, касающиеся физического уровня и уровня протоколов, а также проблемы тестирования. В данном разделе приведён обзор некоторых COTS-технологий, описанных в приложении А, которые могут представлять интерес для оборонных применений.

CAN

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-5077EN.pdf>

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-6677EN.pdf>

Описание: CAN - это протокол на основе сообщений, разработанный специально для автомобильных приложений, но в настоящее время также используемый и в других областях, таких как промышленная автоматизация и медицинское оборудование. CAN и LIN являются магистральными линиями связи между множеством отдельных контроллеров, датчиков, приводов и электронных управляющих устройств (ECU), которые расположены в пределах автомобиля или промышленного объекта. Эти интерфейсы последовательной шины имеют точки, предоставляющие содержательную информацию для отладки и тестирования.

Проблемы: эти протоколы передают биты последовательно, поэтому использование традиционного осциллографа имеет ограничения. Ручная конвертация захваченных "1" и "0" в протокол требует значительных усилий, не может быть выполнена в реальном времени и не исключает возможных ошибок оператора. Кроме того, функции запуска традиционных осциллографов недостаточны для задания условий запуска на уровне протокола.

Решение: расширьте возможности осциллографа с помощью приложения для запуска по сигналам и декодирования данных последовательных шин CAN, LIN и FlexRay компании Agilent. Это приложение упрощает отладку и тестирование устройств, которые включают эти шины, при использовании с осциллографами серий 3000X или 7000 семейства InfiniiVision, либо осциллографами серий 9000/90000 семейства Infiniium.

- Настройте осциллограф для отображения декодирования протокола CAN, LIN или FlexRay менее, чем за 30 секунд.
- Получите доступ к широкому набору встроенных функций запуска на уровне протокола.
- Экономьте время и исключите ошибки за счёт просмотра пакетов на уровне протокола.
- Используйте коррелированные во времени формы представления информации для быстрого поиска и устранения проблем последовательного протокола с выявлением первопричин, связанных с синхронизацией или целостностью сигналов.

DDR

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-7243EN.pdf>

Описание: динамическая память с произвольным доступом (DRAM) и удвоенной скоростью передачи данных (DDR) - это класс интегральных схем устройств памяти, используемых в компьютерных и встроенных системах, таких как устройства бытовой электроники и мобильные устройства. Интерфейс шины обеспечивает высокую скорость передачи данных до 2133 Мтранзакций/с. Стандарты, определяющие требования к техническим характеристикам DRAM, разрабатываются организацией JEDEC (Joint Electronic Device Engineering Council - объединенный технический совет по электронным приборам). Спецификации стандартов содержат требования к электрическим и временным параметрам, характеристикам тактовых сигналов, которые могут быть использованы как эталонные, чтобы определить оптимальные рабочие характеристики DRAM при разработке систем памяти.

Проблемы: одной из самых сложных проблем при тестировании и отладке устройств с шиной памяти DDR является разделение данных записи и считывания для измерения окна достоверности данных с помощью глазковых диаграмм в реальном времени. Одним из способов разделения команд записи и считывания является декодирование команд с использованием сигналов RAS, CAS, WE, CS и тактового сигнала. Но этот способ является трудоёмким с учётом ограниченного числа точек измерения и плотности компоновки платы.

Индустрия запоминающих устройств развивается в направлении уменьшения габаритных размеров, но с учётом необходимости увеличения объёма памяти и уменьшения потребляемой мощности. Поэтому устройства памяти становятся всё более компактными, а скорости передачи данных всё возрастают. Ограниченная площадь монтажа чрезвычайно усложняет для разработчиков встраивание опорных поверхностей или соединителей для целей отладки или измерения характеристик.

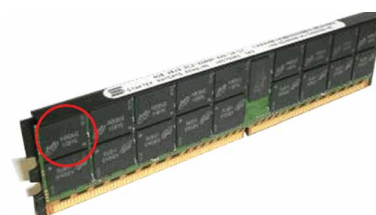


Рисунок 3 - Ограниченная площадь монтажа встроенных плат и компьютерных систем означает, что для обеспечения большего объёма памяти потребуется большее количество микросхем памяти (DRAM) скомпоновать в конфигурации модуля DIMM.

Решение проблем тестирования COTS-технологий цифрового ввода-вывода

Решение: использование осциллографа с программным обеспечением идентификации событий InfiniiScan+ и средствами запуска с квалификацией по зоне обеспечивает самый простой и быстрый способ разделения сигналов считывания и записи. Вместо необходимости обеспечения доступа ко всем сигналам шины управления – RAS, CAS, WE, CS и тактовому сигналу – требуется иметь доступ только к сигналу stroba данных (DQS) и линиям данных (DQ). Вы увидите две отличающихся пакетных последовательности. Начертив зону запуска на одной из пакетных последовательностей сигнала DQS, можно разделить данные считывания и данные записи.



Рисунок 4 - Использование запуска с квалификацией по зоне программы InfiniiScan позволяет выполнить запуск по пакету считывания или пакету записи, чтобы разделить данные считывания и данные записи для тестирования с использованием глазковых диаграмм. Данные считывания настраиваются относительно перепада stroba данных, а данные записи - относительно центра stroba данных.

Адаптер пробника для подключения к микросхемам памяти стандарта DDR в корпусе BGA, устанавливается между модулем DIMM и микросхемой памяти, помогает решить проблемы, связанные с ограниченным пространством платы, и позволяет тестировать микросхемы памяти на соответствие требованиям спецификации JEDEC. Этот пробник имеет объём, незначительно превышающий габариты микросхемы памяти, и может припаиваться непосредственно к плате встроенного устройства или модулю DIMM, используя стандартную паяльную станцию для монтажа компонентов в корпусе BGA. Сигналы маршрутизируются от микросхемы памяти к контактным площадкам пробника для обеспечения подключения к осциллографу.

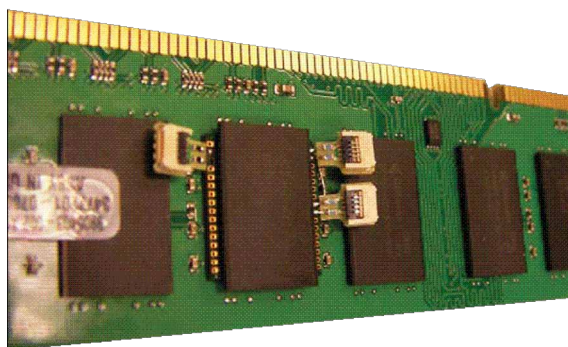


Рисунок 5 - Адаптер пробника BGA запаивается между микросхемой памяти (DRAM) и модулем DIMM, чтобы обеспечить подключение к головкам пробника осциллографа с нулевым усилием сочленения.

Справочные материалы

Agilent U7231A DDR3 Compliance Test Application Data Sheet (Программа для испытания на соответствие стандарту шины DDR3 U7231A, технические данные)
Номер публикации 5989-7243EN

W2635/6A DDR3 BGA Probe Adapter Data Sheet (Адаптер пробника для микросхем памяти стандарта DDR3 в корпусе BGA W2635/6A, технические данные)
Номер публикации 5989-7643EN

A Time Saving Method for Analyzing Signal Integrity in DDR Memory Buses Application Note (Метод, обеспечивающий экономию времени при анализе целостности сигналов шин памяти стандарта DDR, рекомендации по применению)
Номер публикации 5989-6664EN

Решение проблем тестирования COTS-технологий цифрового ввода-вывода

Для групп, занимающихся проведением испытаний с целью аттестации изделий и определения их рабочих характеристик, также важно иметь представление о функционировании памяти стандарта DDR, если имеются серьезные проблемы, касающиеся правильности работы системы памяти с точки зрения протокола и передачи данных памяти. Для такого типа применения требуется логический анализатор с программой декодирования протокола шин DDR, например, логический анализатор U4154A, показанный на рисунке 6.

Используя данное техническое решение, можно проводить измерения характеристик самых быстрых систем памяти DDR, в том числе устройств памяти стандарта DDR3 со скоростью передачи данных 2133 Мтранзакций/с. Такие свойства логического анализатора, как возможность захвата логических состояний в синхронном режиме со скоростью до 2,5 Гтранзакций/с одновременно по всем каналам в сочетании с 8-уровневым секвенсором, работающим на частоте передачи данных до 2,5 Гтранзакций/с, надежным захватом данных даже при минимальном раскрытии глазковой диаграммы (100 пс на 100 мВ) и возможностью задавать условия сбора данных с интервалом между выборками до 5 пс и точностью по амплитуде до 5 мВ, позволяют захватывать сигналы шин адреса, управления и данных с очень низкой частотой ошибок при проверке правильности функционирования и отладке.



Рисунок 6 - Техническое решение на базе логического анализатора U4154A, обеспечивающее сбор данных сигналов шины DDR со скоростью до 4 Гбит/с (в режиме двойной выборки - по обоим перепадам тактового сигнала).

Такой анализатор также позволяет получить представление о целостности исследуемых сигналов шины DDR, а также о таких характеристиках, как сдвиг байтового тракта. Средство, получившее название "Eye Scan", выводит отображение глазковых диаграмм по всем каналам, как показано на рисунке 7.

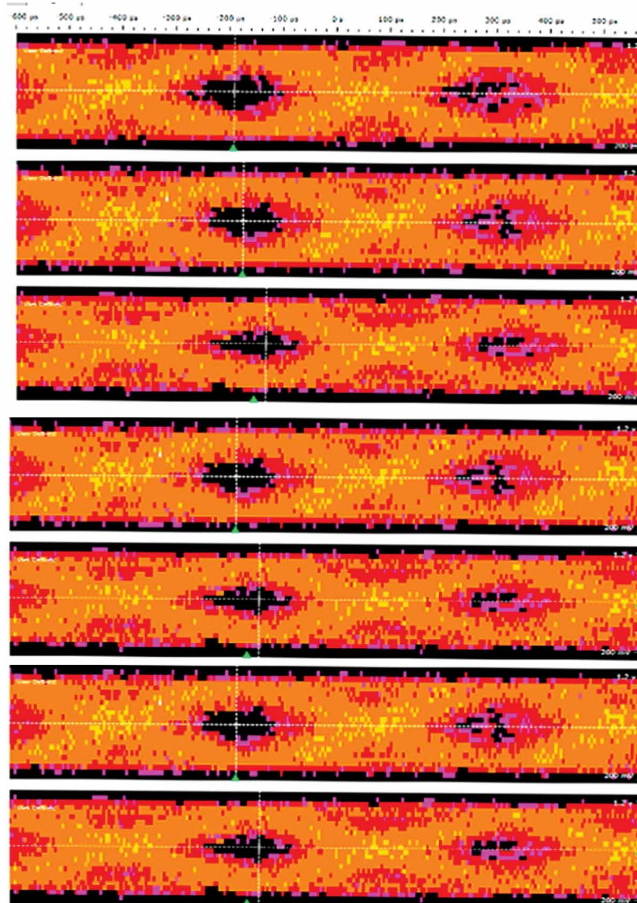


Рисунок 7 - Отображения глазковых диаграмм (совмещенных в глазке отображений) сигналов шины DDR и сдвигов байтовых трактов

Ethernet

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1527EN.pdf>

Описание: стандарт Ethernet (IEEE 802.3), широко используемый в настоящее время, охватывает технологии от 10BASE-T (10 Мбит/с), 100BASE-TX (100 Мбит/с), 1000BASE-T (250 Мбит/с, 4 линии) и 10GBASE-T (10 Гбит/с), которые используют витую пару, до 1, 10, 40 и 100 Gigabit Ethernet (скорости передачи 1 Гбит/с, 10 Гбит/с, 40 Гбит/с и 100 Гбит/с, соответственно), которые используют оптоволокно. Устройства, реализующие 10/100/1000M Ethernet, должны по своим характеристикам полностью соответствовать каждому из этих трёх стандартов. Для некоторых стандартов 10-гигабитного Ethernet разработчики должны проверять электрические характеристики четырёх потоков XAUI на скорости передачи данных 3,125 Гбит/с, характеристики объединённого электрического сигнала 10 Гбит/с и в заключение - оптического сигнала 10 Гбит/с.

Проблемы: высокие скорости передачи данных стандартов Gigabit Ethernet требуют использования широкополосных реального времени цифровых осциллографов с низким уровнем шума/джиттера, чтобы обеспечить адекватный запас по характеристикам при отладке проблем физического уровня. Для обеспечения соответствия требованиям стандартов IEEE 802.3-2005 и ANSI X3.263-1995 требуется выполнить обширный набор тестов электрических характеристик.

Решение: программа проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам Ethernet для осциллографов семейства Infiniium N5392A компании Agilent Technologies обеспечивает быстрый и простой способ проверки и отладки устройств, использующих следующие варианты Ethernet: 1000BASE-T, 100BASE-TX и 10BASE-T. Эта программа автоматически выполняет тесты для проверки электрических характеристик физического уровня и отображает результаты в удобном для применения формате отчёта. Помимо данных измерения, отчёт содержит анализ допусков, показывающий, насколько близко тестируемое устройство было к границам маски как в случае удачного исполнения каждого теста, так и в случае отказа. Программа проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам Ethernet выполняет обширный набор тестов с целью проверки соответствия электрических характеристик тестируемого устройства требованиям Ethernet для систем 1000BASE-T, 100BASE-TX и 10BASE-T, как предписано стандартами IEEE 802.3-2005 и ANSI X3.263-1995. Рассмотрите также программу U7236A компании Agilent для проверки соответствия электрических характеристик стандарту 10GBASE-T и программу N5431A для проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам XAUI (они похожи на N5392A, но N5392A не охватывает эти стандарты Ethernet). Обратите внимание также на устройство подключения N5395C для измерений при испытаниях на соответствие стандартам 10/100/1000 BASE-T, и на устройство подключения U7237A, совместно используемое с программой U7236A при испытаниях на соответствие стандарту 10GBASE-T.

Fibre Channel (FC) and 10 Gbit Ethernet (10 GbE)

www.agilent.com/find/dcax

Описание: стандарты 8G Fibre Channel и 10-Gbit Ethernet были разработаны приблизительно в одно и то же время, что позволило компаниям и стандартам вывести на новый уровень многие технологии. Поэтому тесты на соответствие стандартам электрических и оптических параметров похожи.

Стандарт 10-Gbit Ethernet - является эволюционным шагом в развитии стандарта 1 GbE. Однако, увеличение скорости передачи данных оказалось настолько значительным, что Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) разрабатывал оптические и электрические интерфейсы параллельно. Электрические интерфейсы предназначены для передачи данных на короткие расстояния (обычно от 3 до 10 м), поэтому на них не распространяются такие же требования, как к интерфейсу между хост-системой (сервер, коммутирующий маршрутизатор) и оптическим приёмником.

Fibre Channel появился в 1980-е годы как сетевой протокол для коммерческих устройств хранения данных и периферийных устройств. Несколько позже, Fibre Channel стал потенциальной технологией для приложений MIL-STD-1553.** Диапазоны пропускной способности полезной нагрузки от 100 Мбайт/с до 1600 Мбайт/с, для этого требуется скорость передачи данных от 1,0625 Гбод до 14,025 Гбод.

**<http://www.t11.org/t11/stat.nsf/8ae7a802dbcaea9585256e5c0071f3f0/7bfccdb2535b70b585256df10057d652?OpenDocument>

Проблемы: компоненты, подсистемы и законченные технические решения сетей хранения данных обычно чувствительны к цене. Поэтому функциональная совместимость и для поставщиков оборудования, и для комитета стандартов всегда была на первом месте. В результате INCITS (International Committee for Information Technology Standards - Международный комитет стандартов по информационным технологиям) определил требования к рабочим характеристикам для стандарта Fibre Channel в различных точках канала, чтобы гарантировать надёжную передачу данных при наихудших условиях и для любой комбинации совместимых аппаратных и программных средств. Эти требования делают крайне необходимым тестирование на всех уровнях проектирования и в определённой степени в процессе производства компонентов. Например, современные оптические передатчики, обеспечивающие скорости передачи данных 8-14 Гбит/с в устройствах с интерфейсами Fibre Channel или Ethernet, имеют низкую стоимость изготовления, но всё ещё не избавились от изменений параметров производственного процесса. В результате необходимо настраивать и тестировать каждый из них индивидуально.

Решение: гибкость тестирования является существенным условием для решения различных вопросов функциональной совместимости. Процесс передачи данных обычно стартует в специализированной интегральной схеме (ASIC), затем через печатную плату данные поступают на модуль передатчика, после чего по многомодовому (или реже, одномодовому) кабелю - к приёмопередатчику на другой стороне кабеля, а затем через печатную плату - в другую специализированную интегральную схему (ASIC). Производители пассивных компонентов и систем тестируют печатную плату и соответствующие компоненты, такие как соединители, используя анализатор сигналов цифровой связи 86100C/D с модулем рефлектометра во временной области (TDR). Производители полупроводниковых устройств тестируют свои ASIC, используя 86100C/D с модулем прецизионного анализатора сигналов 86108B (а также с двумя выносными головками 86118A и модулем прецизионной опорной частоты 86107A, если устройство планируется довести до скоростей передачи 25-40 Гбит/с). Производители оптических приёмопередатчиков настраивают и тестируют свои передатчики, используя 86100C/D с оптическим модулем (таким как 86105C, 86105D или 86115D). Большинство из этих тестов используют также генератор тестовых последовательностей или тестер коэффициента битовых ошибок, такой как N4903B J-BERT. Тестеры J-BERT имеют преимущество в том, что позволяют также проводить стрессовые тесты приёмников – по существу, они проверяют, достигнут ли оптические приёмники или приёмные порты ASIC низкого значения коэффициента битовых ошибок (BER) даже в присутствии значительного джиттера или амплитудной помехи.

При проведении тестов системного уровня обычно нет доступа к тактовому сигналу. Восстановление оптического или электрического тактового сигнала обеспечивает необходимые сигналы для запуска анализатора сигналов цифровой связи или детектора ошибок тестера J-BERT. Восстановление тактового сигнала также позволяет инженерам тестировать характеристики генераторов и систем ФАПЧ, очень часто используемых в сборочных узлах или законченных системах (например, серверах, маршрутизаторах и системах коммутации).

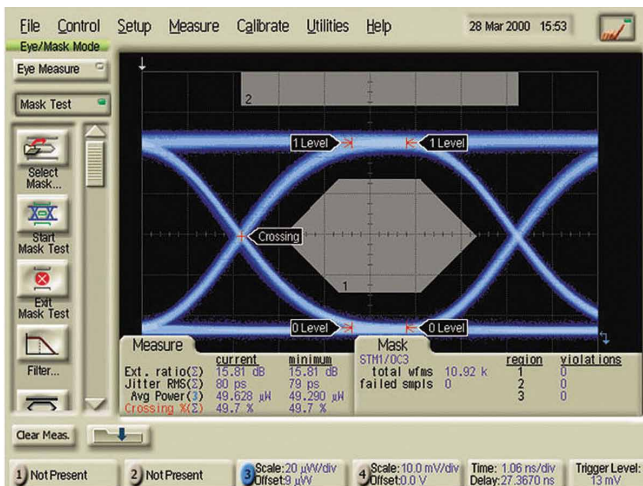


Рисунок 8 - Анализ глазковой диаграммы/испытание на соответствие маске с использованием анализатора сигналов цифровой связи

I²C

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-3925EN.pdf>
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-6677EN.pdf>

Описание: I²C (inter-integrated circuit - последовательная шина данных для связи интегральных схем) - двухпроводной последовательный интерфейс, используемый для подключения низкоскоростных периферийных устройств к объединительной (системной) плате, встроенной системе или сотовому телефону. Шины I²C широко распространены в электронных устройствах и часто используются для управления конфигурированием.

Проблемы: во многих схемах шина I²C обеспечивает точки, предоставляющие содержательную информацию для отладки и тестирования. Однако, поскольку в шине I²C биты передаются последовательно, использование традиционного осциллографа имеет ограничения. Ручная конвертация захваченных "1" и "0" в протокол требует значительных усилий, не может быть выполнена в реальном времени и не исключает возможных ошибок оператора. Кроме того, функции запуска традиционных осциллографов недостаточны для задания условий запуска на уровне протокола.

Решение: приложение для запуска по сигналам и декодирования данных последовательной шины I²C компании Agilent упрощает отладку и тестирование устройств, которые включают протоколы I²C, при использовании с осциллографом.

- Настройте осциллограф для отображения декодирования протокола I²C менее, чем за 30 секунд.
- Получите доступ к широкому набору встроенных функций запуска на уровне протокола.
- Экономьте время и исключите ошибки за счёт просмотра пакетов на уровне протокола.
- Используйте коррелированные во времени формы представления информации для быстрого поиска и устранения проблем последовательного протокола с выявлением первопричин, связанных с синхронизацией или целостностью сигналов.

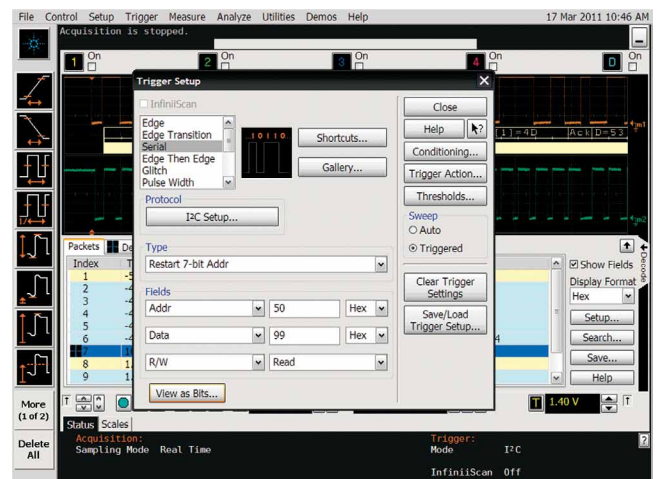


Рисунок 9 - Установка условий запуска по протоколу шины I²C в осциллографе серии 9000 семейства Infiniium

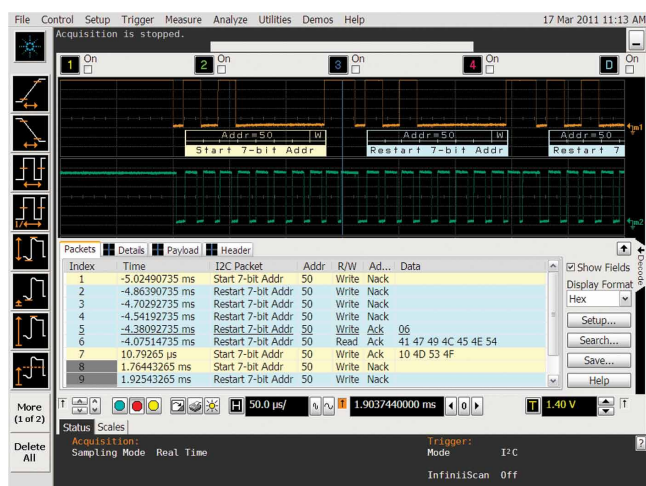


Рисунок 9а - Измерение на шине I²C с использованием осциллографа серии Infiniium

JTAG

Описание: стандарт IEEE 1149.1, который часто называют JTAG (Joint Test Access Group - объединенная рабочая группа по автоматизации тестирования), широко используется при решении вопросов тестирования печатных плат и в качестве критически важного интерфейса интегральных схем. Почти каждое электронное устройство включает интерфейс JTAG, однако, лишь несколько инструментальных средств обеспечивают декодирование протокола JTAG.

Проблемы: хотя осциллографы уже давно использовались для решения проблем целостности сигналов интерфейса JTAG (IEEE 1149.1), осциллографы семейства Infiniium компании Agilent стали первым семейством осциллографов, которые поддерживают декодирование протокола JTAG. Хотя потребность в декодировании протокола JTAG может возникать нечасто, сложный процесс ручного декодирования состояний контроллера TAP (Test Access Port - порт доступа для тестирования) интерфейса JTAG, включая команды и значения регистров данных, требует много времени и не исключает возможных ошибок.

Решение: приложение N8817A для запуска по сигналам и декодирования данных протокола JTAG (IEEE 1149.1) для осциллографов серий 9000, 90000 и 90000X семейства Infiniium обеспечивает декодирование протокола JTAG, используя сигналы TMS, TDI, TDO и TCK, собранные либо с помощью осциллографа, либо логических каналов осциллографа смешанных сигналов (MSO). Это приложение импортирует имена устройств и коды команд из стандартных файлов BSDL (Boundary-Scan Description Language - язык описания средств периферийного сканирования), отображает протокол JTAG в реальном времени и отмечает определённые типы состояний ошибки.

Средство просмотра протокола, имеющее несколько вкладок, включает функции поиска и обеспечивает корреляцию между сигналами и выбранным пакетом, позволяя быстро переключаться между информацией на физическом уровне и на уровне протоколов, используя коррелированный во времени маркер слежения.

Просматривайте в реальном времени коррелированные во времени результаты декодирования протокола JTAG (IEEE 1149.1), использующего сигналы TDI, TDO, TMS и TCK.

- Быстро опишите каждую уникальную цепочку сканирования отдельной цепи сканирования и импортируйте файлы BSDL для каждого устройства в этой цепочке
- Просматривайте протокол JTAG, включая имена устройств, коды команд и отметки определённых типов состояний ошибки
- Используйте коррелированные во времени формы представления данных для переключения между представлениями уровня протокола и физического уровня.

MIL-STD-1553

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-4924EN.pdf>

Описание: MIL-STD-1553 - это устаревшая дифференциальная последовательная шина с пропускной способностью 1 Мбит/с, применяемая в военной бортовой электронике, в которой используется самосинхронизирующийся двухфазный код Manchester II. Напряжение на электрическом/физическом уровне может изменяться в пределах от 18 до 27 В (размах) при подключении к шине через трансформатор или от 6 до 9 В (размах) при непосредственном подключении.

Проблемы: для выявления и устранения проблем, которые могут возникать на шине MIL-STD, тестирование протокола может включать анализ отдельных команд, состояния и слов данных. Однако использование стандартного запуска по перепаду, обычного для цифровых осциллографов, дает комбинированное изображение всех слов, последовательно накладываемых одно поверх другого, что затрудняет диагностику и выявление проблем. Иногда может помочь использование в качестве источника запуска внешнего синхронизирующего сигнала, но обычно такой сигнал отсутствует.

Если перейти с уровня протоколов на физический уровень, обнаружится другой набор проблем. Хотя MIL-STD-1553 является цифровой шиной передачи, действительные дифференциальные сигналы по своей природе являются в значительной степени аналоговыми и не представляют собой идеальные "1" и "0" в реальной системе, состоящей из заглушек, терминалов, ответвителей и длинных кабельных линий передачи. Плохое согласование импедансов, шум или джиттер могут повлиять на характеристики физического уровня и целостность сигналов шины.

Решение: использование осциллографа с опцией запуска по сигналам и декодирования данных шины MIL-STD-1553 открывает возможность разделения собранных данных и проведения измерений на конкретных переданных или принятых словах. Осциллограф можно установить для запуска по конкретным передачам данных, что позволяет проводить параметрические измерения на заданных передаваемых или принимаемых словах.

При тестировании на физическом уровне измерения глазковых диаграмм дают комбинированный показатель целостности сигналов во всей системе путем совмещения всех битов каждого тестируемого слова. Глазковые диаграммы могут использоваться для отображения самых неблагоприятных вариантов временных изменений, связанных с джиттером и искажениями при переходе через нулевой уровень, а также амплитудных ошибок, вызванных, возможно, шумом системы или недостаточной амплитудой сигналов, что связано с сосредоточенными неоднородностями, затуханием и отражениями сигнала в линии передачи.

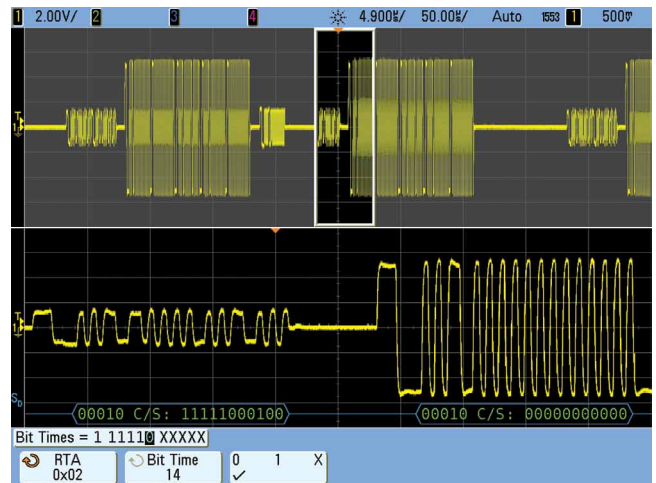


Рисунок 10 - Установка запуска при передаче определённого слова данных по шине MIL-STD-1553.

Обычные отображения глазковых диаграмм создаются, как правило, с использованием опорного тактового сигнала, так как источник запуска осциллографа при повторяющемся захвате сигнала устанавливает временную развёртку так, чтобы отображать один или два интервала передачи бита. К сожалению, многие из современных последовательных шин, включая MIL-STD-1553, не предоставляют точный тактовый сигнал, который можно было бы использовать для источника запуска. Поэтому тактовый сигнал системы MIL-STD-1553 должен быть восстановлен/извлечён из передаваемых последовательных данных с использованием аппаратных или программных методов. Осциллографы серии InfiniiVision компании Agilent используют уникальный аппаратный алгоритм восстановления тактового сигнала для создания отображения глазковой диаграммы сигналов шины MIL-STD-1553, как показано ниже.

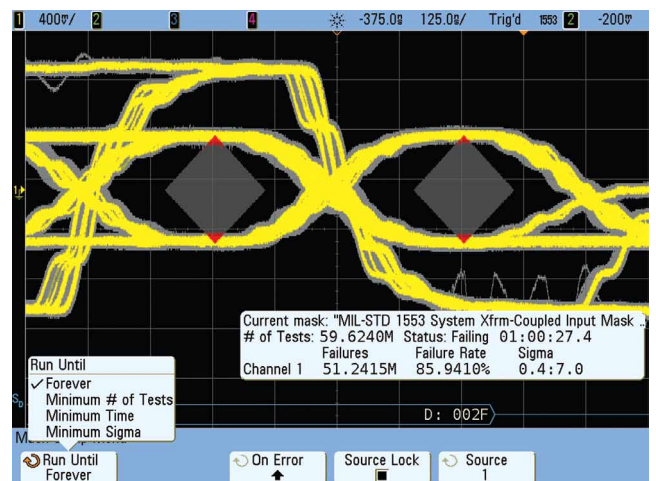


Рисунок 11 - Установка осциллографа для измерения глазковой диаграммы сигналов шины MIL-STD-1553.

PCI Express

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-1240EN.pdf>

Описание: PCI Express – последовательное, высокоскоростное соединение, заменившее предшествовавшие технологии PCI и PCI-X, основанные на шинах, и которое в настоящее время начинает применяться не только настольных применениях, но во встроенных. PCI Express функционирует скорее как сеть, а не как шина. Она использует топологию “точка-точка” с отдельными последовательными соединениями для подключения периферийных устройств к процессору. Скорости передачи данных находятся в диапазоне от 2,5 Гтранзакций/с (PCIe 1.0) до 8 Гтранзакций/с (спецификация PCIe 3.0 еще не была закончена, когда создавался данный документ) при использовании до 32 линий. Технические характеристики и испытания на соответствие стандарту определяются консорциумом PCI Special Interest Group (PCI-SIG®).

Проблемы: переход от параллельной к последовательной технологии передачи данных требует использования совершенно иных методов и средств отладки. Многие из таких устройств находятся на стадии разработки, другие IP блоки уже представлены на рынке. Основная проблема заключается в том, как оценить, отобрать и выбрать лучшие компоненты и IP блоки для конкретного применения. Наконец, измерение сигналов встроенного соединения является значительно более сложной задачей по сравнению с измерением сигналов объединительных (системных) плат и плат расширения, поскольку маловероятно, что между приемником и передатчиком имеется стандартный соединитель PCI Express.

Решение: программа проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам PCI Express N5393C компании Agilent Technologies, работающая на осциллографах серий 90000A или 90000X семейства Infiniium, обеспечивает быстрый и простой способ проверки и отладки устройств с шиной PCI Express. Эта программа автоматически выполняет набор контрольных тестов для проверки электрических характеристик на соответствие стандартам PCI Express и отображает результаты в удобном для применения формате отчета. Помимо данных измерения, отчет содержит анализ допусков, показывающий, насколько близко тестируемое устройство было к границам маски как в случае удачного исполнения каждого теста, так и в случае отказа.

Программа проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам PCI Express N5393C включает тесты, позволяющие убедиться, что передатчики соответствуют спецификации PCI Express 3.0 BASE на скорости передачи данных 8 Гтранзакций/с.

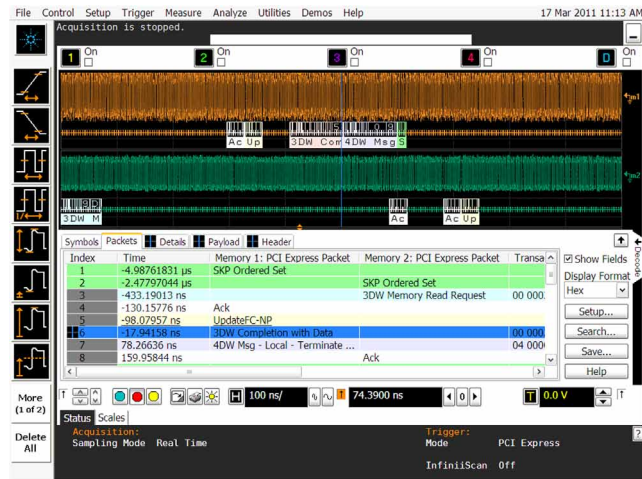


Рисунок 12 - PCI-Express measurement on an Infiniium 9000 Series oscilloscope

Она включает тесты для проверки некоррелированного джиттера, вычисляет значения коррекции предыскажений и отрицательного выброса перед фронтом импульса для заданных предварительных установок коррекции предыскажений и выполняет тесты опорного тактового сигнала. В дополнение к поддержке измерений для испытаний на соответствие требованиям спецификации PCIe 3.0, программа проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам PCI Express N5393C выполняет широкий диапазон тестов для проверки соответствия электрических характеристик требованиям спецификаций PCI Express 1.0a, 1.1 и 2.0.

Как упоминалось ранее, технические решения на базе анализатора протоколов PCIe серии U4300 компании Agilent включают анализаторы протоколов и имитаторы, которые обеспечивают поддержку для соединений PCIe, включающих несколько линий, а также режимы запуска, ориентированные на усовершенствованные протоколы.

RS-232/422/485/UART

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-3923EN.pdf>
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-6677EN.pdf>

Описание: RS-232 - это традиционное название серии стандартов для последовательной асинхронной передачи двоичных данных и управляющих сигналов, обеспечивающих соединение между DTE (Data Terminal Equipment - оконечное оборудование обработки данных) и DCE (data circuit-terminating equipment - оконечное оборудование передачи данных). RS-232 широко применяется в последовательных портах компьютеров и военной авиационной электронике. RS-422 обеспечивает сбалансированную или дифференциальную передачу данных с возможностью соединения "точка-точка" или для многоабонентской доставки сообщений.

Проблемы: цифровые сети передачи данных, реализованные в соответствии с требованиями стандарта RS-485, могут эффективно использоваться на больших расстояниях и в электрически зашумленной среде. Несколько приёмников можно подключить к такой сети в линейной, многоабонентской конфигурации. Такие характеристики делают эти сети полезными в промышленных средах и других подобных применениях.

RS-232 и другие интерфейсы типа UART (Universal Asynchronous Receive and Transmit - универсальный асинхронный приемопередатчик) широко распространены в современных электронных устройствах. Во многих устройствах эти последовательные шины обычно обеспечивают контрольные точки, предоставляющие содержательную информацию для отладки и тестирования. Однако, поскольку эти протоколы передают биты последовательно, использование традиционного осциллографа имеет ограничения. Ручная конвертация захваченных "1" и "0" в протокол требует значительных усилий, не может быть выполнена в реальном времени и не исключает возможных ошибок оператора. Кроме того, функции запуска традиционных осциллографов недостаточны для задания условий запуска на уровне протокола.

Решение: расширьте возможности осциллографа с помощью приложения для запуска по сигналам и декодирования данных шин RS-232/UART компании Agilent. Это приложение упрощает отладку и тестирование устройств, которые включают протоколы RS-232/UART, при использовании с осциллографами серий 3000X или 7000 семейства InfiniiVision, либо осциллографами серий 9000, 90000 или 90000X семейства Infiniium.

- Настройте осциллограф для отображения декодирования протокола RS-232/UART менее, чем за 30 секунд.
- Получите доступ к широкому набору встроенных функций запуска на уровне протокола.
- Экономьте время и исключите ошибки за счёт просмотра пакетов на уровне протокола.
- Используйте коррелированные во времени формы представления информации для быстрого поиска и устранения проблем последовательного протокола с выявлением первопричин, связанных с синхронизацией или целостностью сигналов.

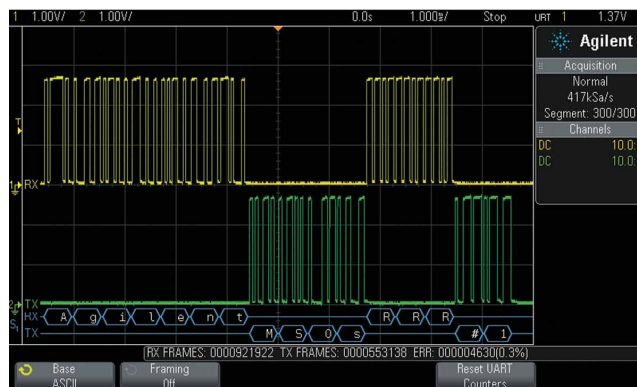


Рисунок 13 - Анализ протокола RS-232 с использованием осциллографа серии 3000X.

SPI

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-3925EN.pdf>

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-6677EN.pdf>

Описание: шина SPI (Serial Peripheral Interface - последовательный периферийный интерфейс) - стандарт синхронной последовательной передачи данных в режиме полного дуплекса. Устройства на шине обмениваются данными в режиме ведущий/ведомый (master/slave mode), когда ведущее устройство инициирует передачу кадра данных. К ведущему устройству можно подключить несколько ведомых. Ведущее устройство для передачи активирует индивидуальную линию выбора нужного ведомого устройства (chip select - выбор кристалла). Шина SPI может быть сконфигурирована как 2-, 3- или 4-проводная. Она широко используется для передачи данных внутри встроенных систем.

Проблемы: во многих устройствах шина SPI обеспечивает контрольные точки, предоставляющие содержательную информацию для отладки и тестирования. Однако, поскольку SPI передаёт биты последовательно, использование традиционного осциллографа имеет ограничения. Ручная конвертация захваченных "1" и "0" в протокол требует значительных усилий, не может быть выполнена в реальном времени и не исключает возможных ошибок оператора. Кроме того, функции запуска традиционных осциллографов недостаточны для задания условий запуска на уровне протокола.

Решение: приложение для запуска по сигналам и декодирования данных шины SPI компании Agilent упрощает отладку и тестирование устройств, которые включают протокол SPI, при использовании с осциллографом.

- Настройте осциллограф для отображения декодирования протокола SPI менее, чем за 30 секунд.
- Получите доступ к широкому набору встроенных функций запуска на уровне протокола.
- Экономьте время и исключите ошибки за счёт просмотра пакетов на уровне протокола.
- Используйте коррелированные во времени формы представления информации для быстрого поиска и устранения проблем последовательного протокола с выявлением первопричин, связанных с синхронизацией или целостностью сигналов.

Краткие выводы

Быстрое развитие COTS-технологий цифрового ввода-вывода предлагает множество потенциальных преимуществ, включая увеличение скорости передачи данных и уменьшение задержек, для аэрокосмических и оборонных применений. Однако, когда скорости передачи данных возрастают до нескольких Гбит/с, возникают значительные проблемы, связанные с запасом по характеристикам и тестированием разрабатываемых устройств как на физическом уровне, так и на уровне протоколов. Когда скорости передачи данных возрастают, запасы по характеристикам уменьшаются, и возрастают требования к точности измерений при оценке характеристик и решении проблем отладки.

Цифровые осциллографы с широкими полосами пропускания и низким уровнем собственных шумов и джиттера обеспечивают требуемую точность воспроизведения сигналов для измерения истинных характеристик разрабатываемого устройства. Программные приложения для испытаний на соответствие стандартам для множества COTS-технологий цифрового ввода-вывода в сочетании с функциями запуска по протоколу и декодирования данных добавляют функциональные возможности, необходимые для проведения испытаний на соответствие стандартам и отладки. Кроме того, анализаторы протоколов помогут обеспечить надёжное функционирование COTS-технологий цифрового ввода-вывода, с выгодой используемых в аэрокосмических и оборонных применениях.

Технические решения компании Agilent разработаны и поддерживаются экспертами компании Agilent, которые участвуют в работе международных комитетов по стандартизации цифровых интерфейсов. Технические решения компании Agilent для тестирования COTS-технологий цифрового ввода-вывода помогут при переходе к этим технологиям, предлагая исчерпывающий набор таких решений и знания в предметной области. Обратитесь в местное представительство компании Agilent Technologies, чтобы понять, как технические решения компании Agilent помогут уменьшить риски и обеспечить успешный переход к COTS-технологиям цифрового ввода-вывода.

Связанные ссылки

Связанные ссылки

Название	Тип	Ссылка
Технические решения на базе осциллографа для тестирования промышленных стандартов	Плакат	http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-6704EN.pdf
Приложение для тестирования устройств памяти стандарта DDR	Web-страница	www.agilent.com/find/ddr
Разработка и тестирование устройств, соответствующих стандарту DisplayPort	Web-страница	www.agilent.com/find/DisplayPort
Разработка и тестирование устройств, соответствующих стандарту Ethernet	Web-страница	www.agilent.com/find/ethernet
Интерфейс DVI (Digital Visual Interface)	Web-страница	www.agilent.com/find/DVI
Разработка и тестирование устройств, соответствующих стандарту HDMI	Web-страница	www.agilent.com/find/HDMI
Тестирование устройств, соответствующих стандарту MIPI (Mobile Industry Processor Interface)	Web-страница	www.agilent.com/find.MIPI
Разработка и тестирование устройств, соответствующих стандарту PCI Express	Web-страница	www.agilent.com/find/pciexpress
Интерфейс SAS (Serial Attached SCSI)	Web-страница	www.agilent.com/find/SAS
Разработка и тестирование устройств, соответствующих стандарту Serial ATA (SATA)	Web-страница	www.agilent.com/find/SATA
Разработка и тестирование устройств, соответствующих стандарту USB	Web-страница	www.agilent.com/find/usb

Приложение А - COTS-технологии цифрового ввода-вывода и технические решения по тестированию компании Agilent Technologies

Промышленный стандарт	Тип	Применение	Характеристики устройств	Осциллографы и программное обеспечение	Испытания на соответствие стандарту/физический уровень	Протокол	Логические анализаторы, анализаторы протоколов, генераторы сигналов произвольной формы, генераторы импульсов, тестеры J-BERT, генераторы шума, средства разработки
CAN (controller area network)	Последовательный	Связь между контроллером и устройством	До 1 Мбит/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 3000X с опцией DSOX3AUTO Серия 7000 с программой N5424A для запуска по протоколу и декодирования данных Серия 9000 с программой N8803B для запуска по протоколу и декодирования данных Серия 90000 или 90000X с программой N8803A для запуска по протоколу и декодирования данных 		X	<ul style="list-style-type: none"> Логический анализатор серий 16800/16900/U4154A с пробником для анализа компании ALD Генератор импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума 81150A
DDR1 и LPDDR	Параллельный	Устройства памяти	200-400 Мбит/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 9000, 90000 или 90000X (рекомендуемая полоса пропускания 2,5 ГГц или выше) с программой U7233A для испытания на соответствие стандарту 	X	X	<ul style="list-style-type: none"> Логический анализатор серии U4154A или 16900 с B4623A и B4622A
DDR2 и LPDDR2	Параллельный	Устройства памяти	400-1066 Мбит/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 9000, 90000 или 90000X (рекомендуемая полоса пропускания 4 ГГц или выше) с программой N5413B для испытания на соответствие стандарту 	X	X	<ul style="list-style-type: none"> Логический анализатор серии U4154A или 16900 с B4621A, B4622A или B4623A Тестер J-BERT N4903B или модуль ParBERT 81250A
DDR3	Параллельный	Устройства памяти	800-2133 Мбит/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 90000 или 90000X (рекомендуемая полоса пропускания 6 ГГц или выше) с программой U7231A для испытания на соответствие стандарту 	X	X	<ul style="list-style-type: none"> Логический анализатор серии U4154A или 16900 с B4621A или B4622A

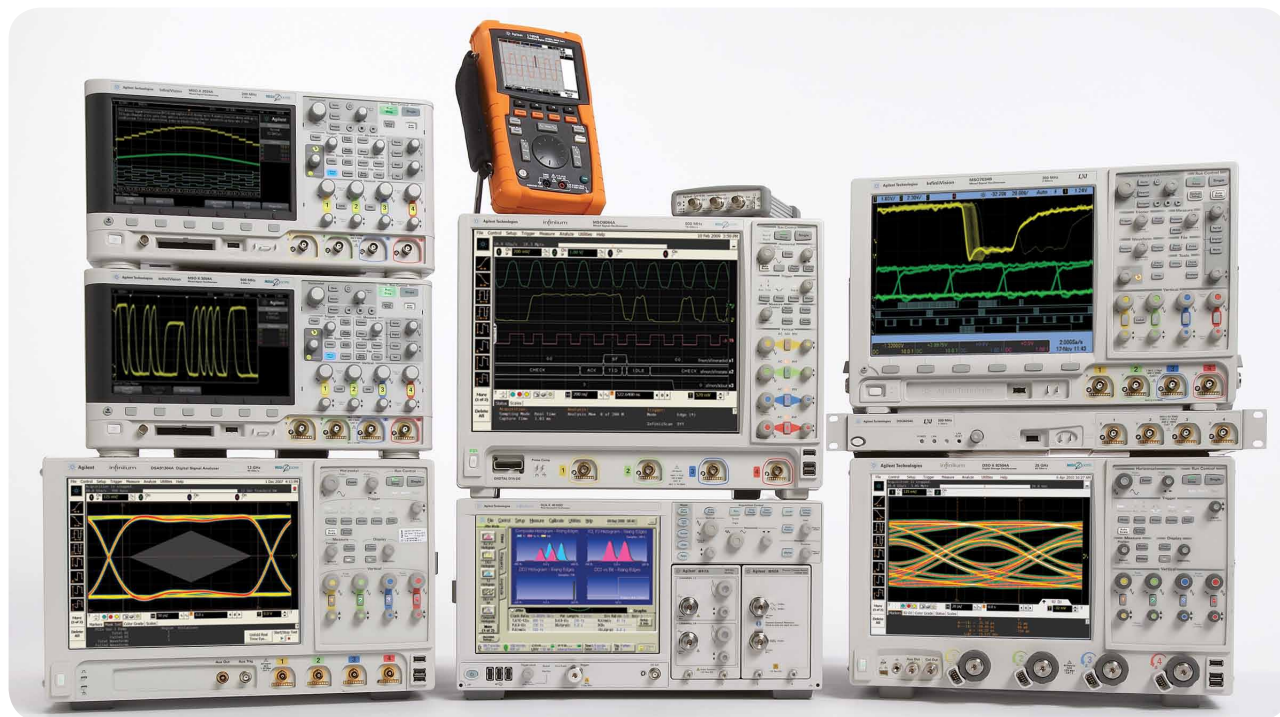
Промышленный стандарт	Тип	Применение	Характеристики устройств	Осциллографы и программное обеспечение	Испытания на соответствие стандарту/ физический уровень	Протокол	Логические анализаторы, анализаторы протоколов, генераторы сигналов произвольной формы, генераторы импульсов, тестеры J-BERT, генераторы шума, средства разработки
DisplayPort	Параллельный	Дисплеи	1,62 или 2,7 или 5,4 Гбит/с на линию при использовании 1, 2 или 4 линий	• Серия 90000 или 90000X (рекомендуемая полоса пропускания 8 ГГц или выше) с программой U7232A для испытания на соответствие стандарту	X		• Логический анализатор серии U4154A или 16900 с пробником для анализа FuturePlus • Тестер J-BERT N4903B или осциллограф 86100D DCA-X плюс программа N5990A
DVI	Параллельный	Графические устройства/ дисплеи	До 3,96 Гбит/с	• Серия 90000 (рекомендуемая полоса пропускания 4 ГГц или выше) с программой N5394A для проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандарту	X		
Ethernet	Последовательный	Локальные сети	10 Мбит/с - 1 Гбит/с	1000/100/10 BaseT • Серия 9000, 90000 или 90000X с программой N5392A для проверки достоверности и соответствия электрических характеристик стандартам 1000BASE-T, 100BASE-TX и 10BASE-T • Осциллограф 86100D DCA-X	X		• Генераторы импульсов 81130A, 81132A, 81134A, модуль ParBERT 81250A
10 Gb Ethernet	Последовательный	Локальные сети	10,3 Гбод	• Стробоскопический осциллограф 86100C DCA-J/86100D DCA-X	X		• Тестер J-BERT N4903B
Fibre Channel	Последовательный	Сети хранения данных	1/2/4/8/10/14 Гбод	• Стробоскопический осциллограф 86100C DCA-J/86100D DCA-X	X		• Тестер J-BERT N4903B
FlexRay	Последовательный	Связь между контроллером и устройством	До 20 Мбит/с	• Серия 7000 с программой N5432C для запуска по протоколу, декодирования данных и тестирования на соответствие маске • Серия 9000 с программой N8803B для запуска по протоколу и декодирования данных • Серия 90000 или 90000X с программой N8803A для запуска по протоколу и декодирования данных	X	X	• Генератор импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума 81150A
GDDR5	Параллельный	Графические устройства/ устройства памяти	До 8 Гбит/с	• Серия 90000 или 90000X	X		* Логический анализатор U4154A, использующий пробники с отдельными проводниками (до 1,5 Гбит/с) или пробники Soft Touch (до 4 Гбит/с)
HDMI	Параллельный	Дисплеи	250 Мбит/с - 2,97 Гбит/с на линию	• Серия 9000, 90000 или 90000X (рекомендуемая полоса пропускания 4 ГГц или выше, рекомендуется 8 ГГц) с программой N5399B для испытания на соответствие стандарту	X		• Анализатор и генератор протокола N5998A • Генератор сигналов TMDS E4887A + программа N5990A, 81150A для тестирования канала Ethernet и реверсивного звукового канала
Высоко-скоростной оптический	Последовательный	Системы/ устройства хранения данных		Fibre Channel, 10G/40G/100G Ethernet, SONET/SDH, PON • Осциллограф 86100D DCA-X для анализа сложной модуляции (измерение амплитуды оптической модуляции - OMA) • Анализатор оптической модуляции N4391A			
I ² C (inter-IC bus)	Последовательный	Для связи между интегральными схемами	До 3,4 Мбит/с	• Серия 3000X с опцией DSOX3EMBD • Серия 7000 с программой N5423A для запуска по протоколу и декодирования данных • Серия 9000 с программой N5391B для запуска по протоколу и декодирования данных • Серия 90000 или 90000X с программой N5391A для запуска по протоколу и декодирования данных		X	• Логический анализатор серии 16800 с пробником для анализа компании ALD

Промышленный стандарт	Тип	Применение	Характеристики устройств	Осциллографы и программное обеспечение	Испытания на соответствие стандарту/ физический уровень	Протокол	Логические анализаторы, анализаторы протоколов, генераторы сигналов произвольной формы, генераторы J-BERT, генераторы шума, средства разработки
JTAG (IEEE 1149.1)	Последовательный	Тестирование печатных плат, порт отладки интегральных схем	До 100 Мбит/с	• Серия 9000, 90000 или 90000X с программой N8817A для декодирования протокола		X	
LIN	Последовательный	Интеграция в сеть датчиков и приводов	До 625 Кбит/с	• Серия 3000X с опцией DSOX3AUTO • Серия 5000, 6000 или 7000 с программой N5424A для запуска по сигналам шины и декодирования данных • Серия 9000 с программой N8803B для запуска по протоколу и декодирования данных • Серия 90000 или 90000X с программой N8803A для запуска по протоколу и декодирования данных		X	
MIL-STD 1553	Последовательный	Шина авиационной электроники	До 1 Мбит/с	• Серия 7000 с программой N5469A для запуска по протоколу, декодирования данных и тестирования на соответствие маске	X	X	• Генератор импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума 81150A
MIPI (D-Phy и M-Phy)	Последовательный	Связь между кристаллами	D-PHY (до 1,5 Гбит/с) M-PHY (до 6,0 Гбит/с)	• Серия 9000, 90000 или 90000X с опцией N8802A для декодирования протокола D-Phy	X, приложение, определяемое пользователем	X	• Модуль ParBERT 81250A + генератор импульсов, сигналов стандартной/произвольной формы и шума 81150A + программа для автоматизации тестирования N5990A • Пробник N4851B и устройство тестирования N4861B, используемые с 16800 или 16900, для устройств с MIPI D-PHY • Модуль анализатора N5344A для DigRF v4 и модуль устройства тестирования N5343A для DigRF (автономные приборы)
PCI Express	Несколько последовательных двунаправленных линий	Процессор/ периферийные устройства	2,5 Гбит/с, 5 Гбит/с, 8 Гбит/с	• Серия 9000, 90000 или 90000X с программой N5364A/B для запуска по протоколу и декодирования данных • Осциллограф 86100D DCA-X с программой для тестирования систем ФАПЧ и измерения спектра джиттера (1.0a и 1.1) • Серия 90000 или 90000X (>6 ГГц) с программой N5393B для испытания на соответствие PCI Express 2.0 и 3.0 • Серия 90000 или 90000X (>12 ГГц) с программой N5393B для испытания на соответствие стандарту	X	X	• Тестер J-BERT N4903B + программа для автоматизации тестирования N5990A или модуль ParBERT 81250A + средства анализа, тестирования протокола и внесения помех для PCI Express серии E2960A • Анализатор протоколов PCIe Gen 1/2/3 U4301A, устройство тестирования U4305A
RS-232/422/485/UART	Последовательный	Порт последовательного интерфейса компьютера	Up to 10 Mb/s	• Серия 3000X с опцией DSOX3COMP • Серия 7000 с программой N5457A для запуска по протоколу и декодирования данных • Серия 9000 с программой N5462B для запуска по протоколу и декодирования данных • Серия 90000 или 90000X с программой N5462A для запуска по протоколу и декодирования данных		X	• Логический анализатор серии 16800 с пробником для анализа компании ALD
SAS 3G, 6G и 12G (Serial Attached SCSI)	Последовательный	Связь между компьютером и устройствами хранения данных	1,5-12 Гбит/с	• Серия 90000 (рекомендуемая полоса пропускания 12 ГГц) с программой N5412B (6G SAS) • Серия 90000X с приложением, определяемым пользователем (12G SAS)	X, приложение, определяемое пользователем	X	• Тестер J-BERT N4903B, генератор импульсов/кодовых последовательностей 81134A плюс программа автоматизации испытаний N5990A • Анализаторы SerialTek SAS/SATA U3051A и U3052A • Устройства внесения ошибок и генерации фрейма встроенного тестирования U3053A и U3054A

Промышленный стандарт	Тип	Применение	Характеристики устройств	Осциллографы и программное обеспечение	Испытания на соответствие стандарту/физический уровень	Протокол	Логические анализаторы, анализаторы протоколов, генераторы сигналов произвольной формы, генераторы импульсов, тестеры J-BERT, генераторы шума, средства разработки
SATA (Serial ATA) I/II/III	Последовательный	Связь между компьютером и устройствами хранения данных	1,5-6 Гбайт/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 90000 или 90000X (рекомендуемая полоса пропускания 12 ГГц) с программой N5411B для испытания на соответствие стандарту Серия 90000 или 90000X с программой N8801A для декодирования протокола 	X	X	<ul style="list-style-type: none"> Тестер J-BERT N4903B, генератор импульсов/кодовых последовательностей 81134A плюс программа автоматизации испытаний N5990A Анализаторы SerialTek SAS/SATA U3051A и U3052A Устройства внесения ошибок и генерации фрейма встроенного тестирования U3053A и U3054A
SPI (serial peripheral interface)	Последовательный (2-, 3- или 4-проводной)	Прямая связь между устройствами	До 50 Мбайт/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 3000X с опцией DS0X3COMP Серия 7000 с программой N5423A для декодирования протокола Серия 9000 с программой N5391B для запуска по протоколу и декодирования данных Серия 90000 или 90000X с программой N5391A для декодирования протокола 		X	<ul style="list-style-type: none"> Логический анализатор серии 16800 с пробником для анализа компании ALD
USB (2.0 и 3.0)	Последовательный	Процессор/периферийные устройства	1,5 Мбайт/с-4,8 Гбайт/с	<p>USB 2.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Серия 9000 или 90000 с программой N5416A для испытания на соответствие стандарту Серия 9000, 90000 или 90000X с программой N5464B или N5464A для запуска по протоколу и декодирования данных <p>USB 3.0</p> <ul style="list-style-type: none"> Серия 90000 с программой U7243A для испытания на соответствие стандарту Серия 90000 или 90000X с программой N8805A для декодирования протокола 	X	X	<ul style="list-style-type: none"> Логический анализатор серии 16800/16900/U4154A с пробником для анализа FuturePlus Генератор импульсов/кодовых последовательностей 81134A + программа N5990A для автоматизации испытаний (USB 2.0) Тестер J-BERT N4903B + блок коррекции предискажений N4916B + программа N5990A для автоматизации испытаний (USB 3.0)
XAUI	Последовательный	Связь между кристаллами	До 10 Гбит/с	<ul style="list-style-type: none"> Серия 90000 с программой N5431A для подтверждения соответствия электрических характеристик стандартам XAUI 	X		

Протокол последовательной шины	Серия Infiniium 9000		Серия Infiniium 90000
	Программный запуск	Аппаратный запуск	Программный запуск
I2C		✓	✓
SPI		✓	✓
RS-232		✓	✓
CAN		✓	✓
LIN		✓	✓
USB		✓	✓
PCIe		✓	✓
JTAG	✓		✓
MIPI D-Phy	✓		✓
8B/10B	✓		✓
SATA	✓		✓

Приложение В - Опции программного и аппаратного запуска для протоколов последовательных шин.



Осциллографы компании Agilent Technologies

Множество конструктивных исполнений, полосы пропускания от 20 МГц до >90 ГГц

Лидирующие в отрасли технические характеристики

Приложения с широкими возможностями



Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates

По данной ссылке Вы можете оформить электронную подписку на новости по выбранным Вами приборам и областям их применения.



www.lxistandard.org

LXI является преемником шины GPIB. Используя в качестве основы LAN, LXI обеспечивает более быстродействующие и эффективные средства подключения. Компания Agilent является членом-учредителем консорциума LXI.

Agilent Channel Partners

www.agilent.com/find/channelpartners

Получите двойную выгоду: глубокие профессиональные знания в области измерительной техники и широкую номенклатуру выпускаемой продукции компании Agilent в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнёрами.

PCIe, PCI Express и PCI-SIG являются зарегистрированными в США товарными знаками и/или знаками обслуживания консорциума PCI-SIG.



Услуги по техническому обслуживанию компании Agilent позволяют успешно эксплуатировать оборудование в течение всего срока службы. Мы делимся с Вами опытом измерений и обслуживания, помогая создавать продукты, изменяющие наш мир. Для поддержания Вашей конкурентоспособности мы постоянно совершенствуем инструменты и технологии, ускоряющие калибровку и ремонт, снижающие эксплуатационные расходы и позволяющие быть всегда впереди.

www.agilent.com/find/advantageservices



Для получения дополнительной информации по контрольно-измерительным решениям Agilent Technologies, пожалуйста, обращайтесь в Российское отделение компании Agilent Technologies по адресу: Россия, 115054, Москва, Космодамианская набережная, д. 52, стр. 1
Тел: +7 (495) 7973954,
8 800 500 9286
(звонок по России бесплатный)
Факс: +7 (495) 7973902,
+7 (495) 7973901
E-mail: tmo_russia@agilent.com
или посетите нашу страницу в сети Internet по адресу:
www.agilent.ru

Сервисный центр Agilent Technologies в России

Россия, 115054, Москва, Космодамианская набережная, д. 52, стр. 1
Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901
E-mail: russia.ssu@agilent.com

Технические характеристики и описания изделий, содержащиеся в данном документе, могут быть изменены без предварительного уведомления.

© Авторское право Agilent Technologies, Inc. 2012
Отпечатано в России 4 мая 2011 года
Номер публикации 5990-7901RURU

