

Keysight Technologies

Измерения в оптическом диапазоне

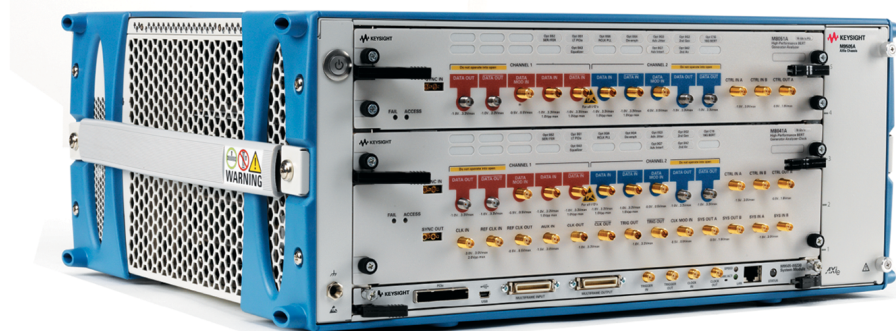
Каталог 2015

Решения для тестирования
BER и анализа сигналов

Том III



Используйте быстродействующие линии передачи для верификации схем



Тестер J-BERT M8020A компании Keysight позволяет быстро и точно определять параметры приёмников, использующих одну или несколько линий. За счёт высокой степени интеграции J-BERT M8020A упрощает испытательную систему. Кроме того, автоматизированная калибровка схем формирования сигналов на месте эксплуатации обеспечивает точные и стабильные результаты измерений. Благодаря обучению канала связи J-BERT M8020A может вести себя как реальный партнёр канала связи тестируемого устройства.

Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A компании Keysight

Скорости передачи данных до 16 Гбит/с и 32 Гбит/с

Возможность наращивания от 1 до 4 каналов BERT

Встроенные источники джиттера, встроенная
схема коррекции с 8 коэффициентами

Интерактивная система обучения и контроля
состояния канала (LTSSM)

Встроенная схема восстановления тактового
сигнала и коррекция последовательных данных

Содержание

www.keysight.com/find/lightwave

Больше уверенности и надёжности — стандартная гарантия на 3 года

Более 30 лет компания Keysight предлагает высокопроизводительные измерительные решения, которые используются при построении высокоскоростных сетей связи. Ваш опыт и отзывы о наших решениях помогают нам постоянно улучшать характеристики и качество продуктов, значительно снижая их стоимость, особенно когда оборудование предназначено для производства оптических компонентов.



Ваши потребности и наша уверенность в качестве наших решений позволяют нам предлагать наши продукты с 3-летней гарантией, которая является стандартной для всех приборов по всему миру. Это сочетание надёжности и широкой номенклатуры предлагаемого измерительного оборудования дает три ключевых преимущества: уверенность в длительном времени безотказной работы прибора, снижение стоимости владения и большее удобство. Выбирая Keysight, Вы получаете большую надёжность в стандартном комплекте поставки.

Юрген Бек

Вице-президент и Генеральный менеджер

Подразделение цифрового оптического измерительного оборудования

Том III: Решения для тестирования BER и анализа сигналов

Содержание	3
Приложения: оптимизация стоимости производственного тестирования	4
Приложения: стрессовое тестирование оптических приёмников	5
Приложения: тестирование приёмопередатчиков, используемых в сетях Fibre Channel	8
Приложения: решение для тестирования пассивных оптических сетей (PON)	9
Приложения: измерения параметров сигналов связи	10
Решения для тестирования коэффициента битовых ошибок	12
Рекомендации по выбору BERT последовательных шин	13
Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A	14
Мультиплексор 2:1 с коррекцией предискажений и скоростью передачи данных до 32 Гбит/с M8061A	15
BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A	16
BERT последовательных шин до 12,5 Гбит/с N4962A и N4963A	19
Многоканальный BERT до 12,5 Гбит/с N4965A	20
Многоканальный модульный BERT последовательных шин до 40 Гвыб/с N4967A	21
Мультиприборное программное обеспечение BERT N4980A	22
Генератор ПСДП N4970A и делители тактового сигнала N4984A	23
Генераторы ПСДП N4974A и N4975A	24
Высокопроизводительный тестер последовательных шин J-BERT N4903B	25
Решение для восстановления тактовых сигналов N4877A/N1075A	26
Параллельный тестер коэффициента битовых ошибок ParBERT 81250	27
BERT последовательных шин до 3,125 Гбит/с для производства N5980A	28
BERT последовательных шин N4906B-003 (до 3,6 Гбит/с) и N4906B-012 (до 12,5 Гбит/с)	29
Решение для стрессового тестирования оптических приёмников N4917A	30
Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D	31
Прецизионный анализатор сигналов 86108B	36
Таблица выбора модулей широкополосного осциллографа DCA-X 86100D	37
Генераторы импульсов/кодовых последовательностей компании Keysight - руководство по выбору	38
Предметный указатель каталога решений по измерениям в оптическом диапазоне	39

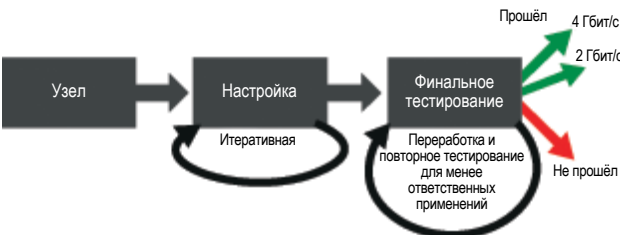
NEW

Приложения:
Оптимизация стоимости производственного тестирования

www.keysight.com/find/dcax

Введение

Вопрос снижения издержек всё чаще встает перед производителями оптических приёмопередатчиков. Традиционные подходы, связанные с уменьшением количества испытаний или повышением скорости тестирования, чаще всего не дают желаемого эффекта, а результаты такого тестирования недостаточно хорошо согласуются с результатами измерений. Параллельное тестирование дает более хорошие результаты, но требует значительных инвестиций. Ниже мы покажем, как оптимизировать процессы производства оптических компонентов с помощью решений компании Keysight.



Типовой процесс производства приёмопередатчиков.



Типовой процесс производства более сложных устройств.

Типы приёмопередатчиков и процессов производства

Количество стандартов связи и типов приёмопередатчиков в течение последних десяти лет быстро росло, создавая значительные сложности для типового производственного испытательного оборудования. Для тестирования приёмопередатчиков, производимых в условиях массового производства, обычно используется меньше тестов, а на испытания циклическим воздействием температуры отводятся гораздо меньше времени. Более сложные приёмопередатчики, работающие на более высоких скоростях передачи данных, требуют более тщательной настройки, длительных испытаний циклическим воздействием температуры и более высокого процента выхода годных изделий.

Ключевая задача Keysight - помочь заказчикам быстро решать поставленные задачи с помощью комплексных решений с широкими возможностями:

- Анализаторы сигналов цифровой связи (DCA) с возможностями одновременного определения характеристик нескольких устройств или параллельных оптических устройств, повышенной скоростью автомасштабирования, режимом Eye Tuning (быстрая настройка лазеров), функцией Rapid Eye (быстрое измерение глазковой диаграммы), более быстрым проведением испытаний на соответствие маскам глазковых диаграмм
- Многоканальные тестеры коэффициента битовых ошибок (BERT) для определения характеристик многоканальных устройств и многоканальных стандартов (4 x 25 G)
- Обеспечение значительного снижения стоимости тестирования за счёт одновременного тестирования нескольких приёмопередатчиков, либо нескольких одноканальных приёмопередатчиков, либо нескольких каналов многоканального передатчика
- Многопортовый оптический аттенуатор, содержащий до четырёх отдельных аттенуаторов, которые настраиваются одновременно и обеспечивают быстрое время установления как при тестировании нескольких устройств, так и устройств с несколькими линиями передачи данных
- Новые аттенуаторы, обеспечивающие высокую точность воспроизведения формы сигналов при тестировании приёмопередатчиков на базе многомодовых волоконно-оптических кабелей, что ведет к уменьшению допусков при испытаниях и повышению за счёт этого процента выхода годных изделий

Внедрение этих инновационных решений на производственной линии может повысить количество тестируемых компонентов на одной станции в 2-10 раз в год, что приведёт в результате к снижению стоимости тестирования одного приёмопередатчика в 2-5 раз.

Характеристики распространённых стандартов оптической связи

Стандарты	Типы модулей приёмопередатчиков	Скорость передачи данных каналов, Гбит/с	Число оптических приёмопередатчиков
– 4X Fiber Channel – SONET/SDH до OC-48 – Gigabit Ethernet (1 Гбит/с) – Беспроводной интерфейс CPRI – Пассивные оптические сети	SFP, SFF и PON	От 0,155 до 6,25	1
– 16G Fibre Channel – Ethernet (10 и 40 Гбит/с)	SFP+ и XFP	От 4 до 14	1
– Ethernet (10, 40 и 100 Гбит/с) – 32G Fibre Channel – SONET OC-192	QSFP и CFP	От 10 до 29	4, 8, 10, 12

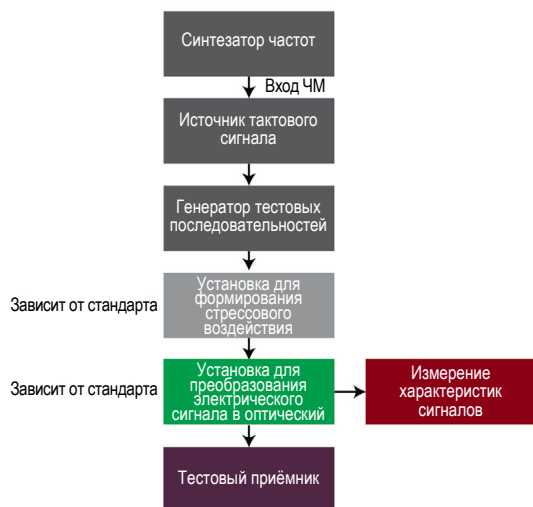
Приложения:

Стрессовое тестирование оптических приёмников

www.keysight.com/find/optical_stress

Ключевое испытание оптических приемников сетей - это нахождение коэффициента битовых ошибок, служащего показателем надёжности их работы в цифровых системах передачи данных и сетях. Основной принцип довольно прост: известные переданные биты сравниваются с принятыми битами, переданными по линии связи, включающей тестируемое устройство. Для расчета коэффициента битовых ошибок (BER) необходимо подсчитать ошибочные биты и сравнить их с общим числом битов. Применяемый тестовый сигнал может быть ухудшен с помощью заданных параметров стрессовых воздействий, таких как потери в линии связи, искажения временных и амплитудных параметров для эмуляции сценариев работы в условиях наихудшего случая, при которых тестируемое устройство должно продемонстрировать безошибочную передачу данных. Очевидно, что этот тест имеет исключительно важное значение для элементов сети, выполняющих функцию приёмников, из-за разнообразных искажений, происходящих в волоконно-оптических линиях передачи (ВОЛП). Поэтому многие оптические стандарты передачи определяют чувствительность такого приёмника, находящегося под стрессовым воздействием, на базе измерения BER. Базовые методы тестирования и установки обычно очень похожи. Вместе с тем, условия тестирования, параметры стрессовых воздействий или методы генерации стрессовых воздействий варьируются от стандарта к стандарту в зависимости от области применения, среды передачи, скорости и протоколов передачи данных.

Принцип работы испытательной установки для стрессового тестирования оптических приёмников



OMA (Optical Modulation Amplitude):

Амплитуда оптической модуляции, измеряемая в [мкВт] ("средняя амплитуда сигнала")

ER (Extinction Ratio):

Коэффициент затухания, отношение высокого и низкого уровней, измеренное в [дБ] или [%]

UI (Unit Interval):

Единичный интервал (время, необходимое для передачи одного бита)

LR (Long Reach), SR (Short Reach), ER (Extended Reach):

Варианты интерфейсов стандарта 10 Gb Ethernet: Long Reach (10 км), Short Reach (300 м), Extended Reach (40 км)

A0:

Вертикальный раскрыт глазковой диаграммы ("самый внутренний раскрыт глазковой диаграммы в центре глазка") [дБм или мкВт]

VECP (Vertical Eye Closure Penalty):

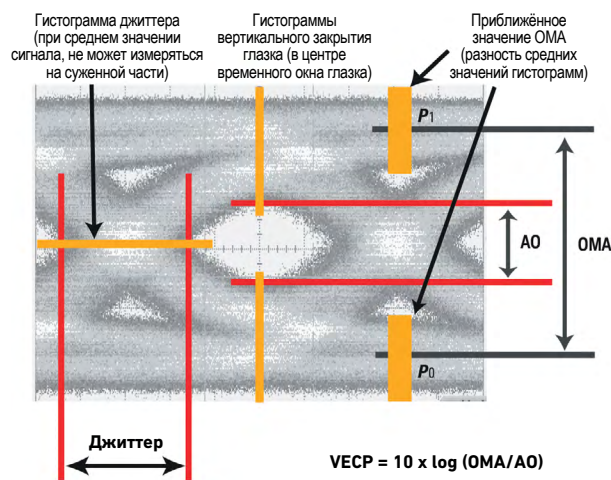
Ухудшение, связанное с вертикальным закрытием глазка

Упрощенная схема базовой испытательной установки, представленная на структурной схеме, состоит из следующих основных функциональных блоков:

- Синтезатор частот создаёт синусоидальный джиттер (SJ), периодический джиттер (PJ)
- Выход тактового сигнала от источника тактового сигнала будет модулирован синусоидальным джиттером
- Генератор кодовых последовательностей создаёт заданную тестовую последовательность на требуемой скорости передачи данных
- Установка для формирования стрессового воздействия добавляет различные виды искажений сигналов в тестовую последовательность
- Установка для преобразования электрического сигнала в оптический модифицирует электрический сигнал со стрессовым воздействием в зависимости от стандарта:
 - Электрооптический преобразователь (ЭОП) преобразует электрический тестовый сигнал со стрессовым воздействием в соответствующий оптический сигнал со стрессовым воздействием (10 GbE, 10 GFC)
 - Перестраиваемый ЭОП, оптический мультиплексор и источники модулированных тестовых сигналов используются для эмуляции других линий высокоскоростных стандартов (40 GbE, 100 GbE)
 - Оптический аттенюатор эмулирует потери в линии передачи и устанавливает амплитуду оптической модуляции до требуемого уровня
- Оптический сигнал со стрессовым воздействием подается на тестируемый оптический приёмник
- Выходной сигнал данных приёмника подается на детектор ошибок, который сравнивает входные и выходные тестовые последовательности данных, обнаруживает ошибки и вычисляет коэффициент битовых ошибок.

Оптический сигнал со стрессовым воздействием

На рисунке 3 показан оптический сигнал со стрессовым воздействием, который был подан на оптический приёмник. Когда такой сигнал подается на оптический вход, коэффициент битовых ошибок (BER) на выходе приёмника должен быть ниже определенного уровня (обычно 10^{-12}), чтобы соответствовать требованиям стандарта.



Определение параметров оптического сигнала

Приложения:

Стрессовое тестирование оптических приёмников

www.keysight.com/find/optical_stress

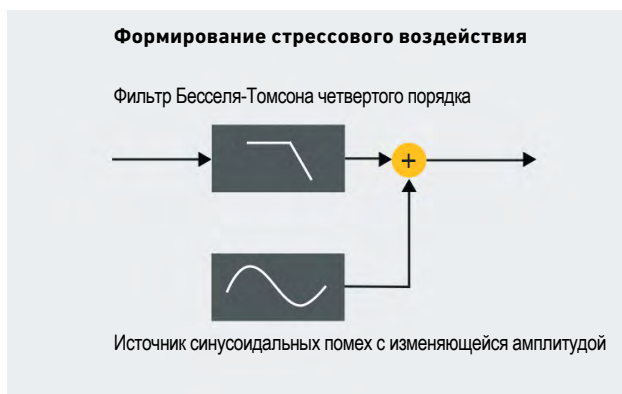
Установка для формирования стрессового воздействия:

Формирование стрессового воздействия варьируется в зависимости от стандарта и класса скорости передачи данных компонента. Но принцип формирования стрессового воздействия остаётся одним и тем же:

- Во-первых, этот блок добавляет различные виды джиттера, такие как случайный джиттер, периодический джиттер или синусоидальный джиттер, для генерации заданного горизонтального закрытия глазка тестовой последовательности
- Во-вторых, этот блок добавляет различные типы амплитудных искажений, такие как синусоидальная помеха с изменяющейся амплитудой и низкочастотная фильтрация, для генерации заданного вертикального закрытия глазка

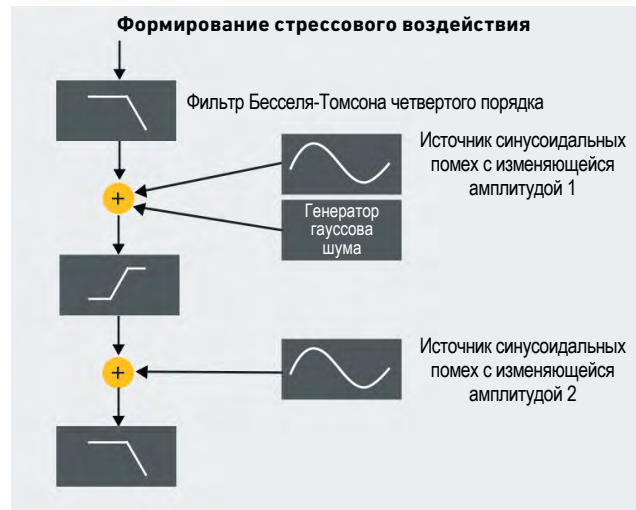
Формирование стрессового воздействия для 10 GbE и 10 GFC

- Фильтр Бесселя-Томсона четвертого порядка создаёт вертикальное закрытие глазка (VESP), вызываемое межсимвольной интерференцией (ISI)
- Источник синусоидальных помех с изменяющейся амплитудой в сочетании с ограничителем вызывает синусоидальный джиттер (SJ)



Формирование стрессового воздействия для 40 GBASE-LR4 и 100 GBASE-LR4, ER4

- Источник синусоидальных помех с изменяющейся амплитудой 1 в сочетании с ограничителем вызывает синусоидальный джиттер (SJ)
- Генератор гауссова шума в сочетании с ограничителем вызывает случайный джиттер (RJ)
- Ограничитель восстанавливает перепады сигнала (короткие длительности фронта и среза)
- Источник синусоидальных помех с изменяющейся амплитудой 2 вызывает дополнительное вертикальное закрытие глазка (VESP) и синусоидальный джиттер (SJ)
- Фильтр нижних частот создаёт вертикальное закрытие глазка (VESP), вызываемое межсимвольной интерференцией (ISI)



Формирование стрессового воздействия для 16 GFC

- Коаксиальный кабель в сочетании с ограничителем вызывает регулярный джиттер (DJ)
- Усилитель-ограничитель восстанавливает перепады сигнала (короткие длительности фронта и среза)
- Фильтр Бесселя-Томсона четвертого порядка создаёт вертикальное закрытие глазка (VESP), вызываемое межсимвольной интерференцией (ISI)



Приложения:

Стрессовое тестирование оптических приёмников

www.keysight.com/find/optical_stress

Установка для преобразования электрического сигнала в оптический

Установка зависит от скорости передачи данных и числа линий. Для одной линии установка включает только электрооптический преобразователь (ЭОП) и оптический аттенуатор. При необходимости тестирования нескольких линий установка усложняется.

Тестирование на соответствие требованиям стандартов 40 Gbase, 100 Gbase -LR4, -ER4 по спектральному уплотнению каналов (WDM)

Установка для преобразования электрического сигнала в оптический



Перестраиваемый электрооптический преобразователь (ЭОП) с выбором длины волны для воздействия на тестируемую линию:

Модулируется сигналом со стрессовым воздействием. ОМА устанавливается в соответствии с техническими требованиями стрессового тестирования чувствительности приёмника.

- 1) Длина волны настраивается таким образом, чтобы она соответствовала чувствительности приёмника для наихудшего случая
- 2) Или используется фиксированная длина волны в заданном диапазоне длин волн приёмника

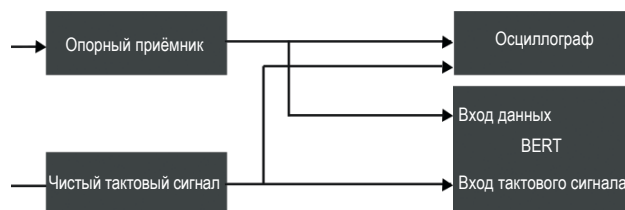
Источники модулированных тестовых сигналов для других линий:

Модулируются одновременно с поступлением допустимой стандартной кодовой последовательности.

- 3) ОМА устанавливается в соответствии с самыми высокими техническими требованиями к разности уровней принимаемой мощности. Длина волны настраивается таким образом, чтобы она соответствовала характеристикам перекрёстных помех для наихудшего случая для тестируемой линии.
- 4) ОМА устанавливается в соответствии с самыми высокими техническими требованиями к разности уровней принимаемой мощности плюс приращение на изменение потерь в тестируемой линии, плюс приращение на изменение изоляции для тестируемой линии. Фиксированная длина волны устанавливается в заданном диапазоне длин волн приемника.

Измерение характеристик сигнала

Калибровка и проверка тестового сигнала



Опорный приёмник:

Оптоэлектронный преобразователь с характеристикой Бесселя-Томсона четвёртого порядка и опорной частотой f_t :

$f_t = 7,5$ ГГц для стандарта 8 GFC

$f_t = 11,0$ ГГц для стандарта 16 GFC

$f_t = 7,5$ ГГц для стандарта 40 Gbase-LR4

Осциллограф:

Для проверки сигнала со стрессовым воздействием используйте чистый тактовый сигнал, лишённый джиттера.

Чувствительность оптических приёмников, особенно тех, которые предназначены для работы на скоростях передачи данных в верхнем гигагерцовом диапазоне, обычно подвергается всестороннему тестированию с использованием стрессовых воздействий на этапах разработки и определения соответствия характеристик требованиям стандартов. При проверке характеристик также определяется их запас относительно требований стандарта. Величина BER измеряется с использованием условий стрессовых воздействий, соответствующих требованиям стандартов при различных амплитудах оптической модуляции (ОМА) с целью понижения значений BER до 10^{-12} или ниже. На этапе производства тестирование BER проводится при нескольких различных значениях ОМА с понижением значения BER только до 10^{-9} для сокращения времени и стоимости тестирования. Последовательное применение такой сокращённой схемы тестирования подразумевает, что производитель устройства хорошо знает пределы рабочего режима устройства. Из этого следует, что тестовая установка должна обладать исключительной точностью и воспроизводимостью при генерации тестовых сигналов со стрессовыми воздействиями. Для оптической части генерации тестового сигнала со стрессовым воздействием это означает поддержание высокой точности воспроизведения сигнала. Это требование может быть первостепенным, в особенности для многомодовых волоконно-оптических устройств. В данном каталоге представлено испытательное оборудование, используемое для проведения подобных тестов. Более подробное описание решения для стрессового тестирования оптических приёмников N4917A компании Keysight приведено на странице 30.

Приложения:

Тестирование приёмопередатчиков, используемых в сетях Fibre Channel

www.keysight.com/find/n4960a



Тестирование приёмопередатчиков сетей 16x Fibre Channel (16 GFC)

В данном типе сетей имеется три топологии: прямое соединение (точка-точка), управляемая петля и коммутируемая связанная архитектура. Соединения между устройствами используют для оптимизации приёмопередатчики. Например, в случае топологии коммутируемой связанной архитектуры, SFP+ (8 GFC и 16 GFC), XFP (10 Гбит/с) и SFP (≤ 4 Гбит/с) представляют собой типы приёмопередатчиков, которые соединяют систему коммутации и различные устройства, такие как устройства хранения данных и компьютерное оборудование. Типовые кодовые последовательности, используемые для тестирования устройств приёмопередатчиков, включают ПСДП (PRBS), JSPAT и K28, которые являются частью предварительно загруженной в BERT последовательных шин N4960A библиотеки кодовых последовательностей.

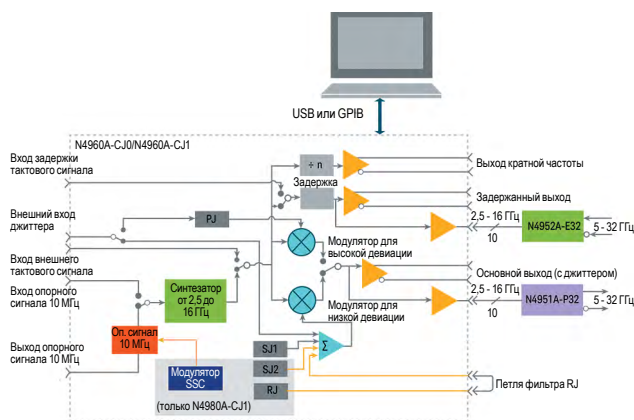
Для сетей 16 GFC (14,025 Гбит/с) N4960A может выполнять измерения BER и обеспечивать сигнал генератора кодовых последовательностей для стрессового тестирования приёмников. Параметры устройств сетей 16 GFC должны быть тщательно протестированы на соответствие допускам. N4960A вместе с мультиприборным программным обеспечением N4980A может также обеспечить проведение тестов на устойчивость к джиттеру для точного определения параметров.

Базовая конфигурация, использующая систему BERT до 17 Гбит/с, показана выше. N4951A-P17 и N4952A-E17 могут быть загружены общепринятыми кодовыми последовательностями для стрессового тестирования сетей 16 GFC. Кроме того, пользователь может разработать собственную последовательность длиной до 8 Мбит и загрузить её в N4951A-P17 и N4952A-E17.

На рисунке, приведённом выше, показана типовая установка аппаратных средств с последующей структурной схемой, показывающей установку параметров для тестирования BER.



Установка для тестирования приёмопередатчиков сетей 16 GFC



Структурная схема системы тестирования до 32 Гбит/с

Приложения:

Решение для тестирования пассивных оптических сетей (PON)

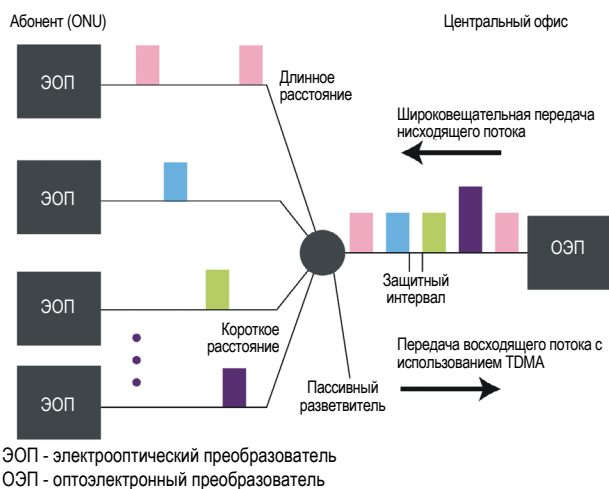
www.keysight.com/find/pon

Данный пример из области оптических систем связи посвящён пассивным оптическим сетям (PON), построенным по технологии множественного доступа с временным разделением (TDMA), используемой стандартами GPON и BPON.

Пассивная оптическая сеть (PON)

Архитектура пассивной оптической сети (PON), разработанная консорциумом FSAN (Full Service Access Network), является технологией доступа для сетей FTTx, использующих небольшие и недорогие пассивные разветвители вместо оптических повторителей. В нисходящем направлении сигнал от приёмопередающего модуля центрального узла (OLT) расщепляется и передаётся к удалённым абонентским узлам (ONU). Восходящее направление является более сложным с точки зрения тестирования характеристик приёмника, поскольку сигналы передаются от удалённых абонентских узлов (ONU) к приёмопередающему модулю центрального узла (OLT) с использованием протокола TDMA и различными уровнями мощности из-за различных расстояний.

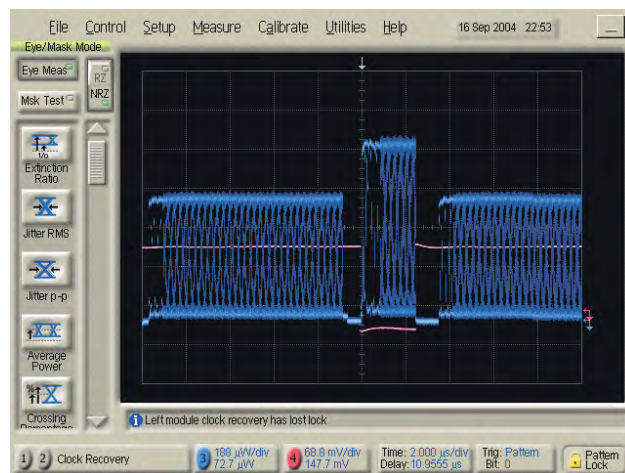
Наиболее важным компонентом в этой системе является приёмник (RX) приёмопередающего модуля (OLT) в центральном офисе, которому приходится иметь дело с пакетами восходящих потоков данных, поступающих от удалённых абонентских узлов (ONU), как описано ниже.



Восходящий поток пересылки пакетов TDMA в пассивной оптической сети (PON).

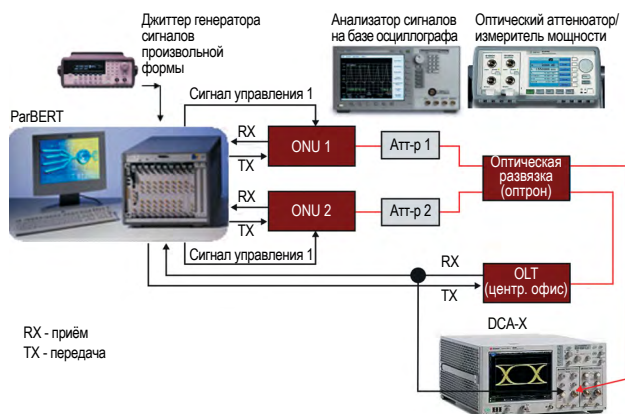
Защитный временной интервал между ними очень короткий, а значения амплитуд могут сильно отличаться. Поэтому приёмник приёмопередающего модуля (OLT) в центральном офисе должен устанавливаться на соответствующий порог и синхронизировать свою внутреннюю систему ФАПЧ в течение очень короткого промежутка времени.

Испытательная установка, состоящая из параллельного тестера коэффициента битовых ошибок ParBERT 81250, системы для оптических измерений 8163B/8164B и анализатора сигналов цифровой связи DCA-X 86100D, эмулирующая существенные части PON, показана в правой колонке. Функции точной временной синхронизации ParBERT для двух пакетов данных и связанные с ними сигналы управления лазером крайне важны для определения характеристик приёмника OLT и его тестирования на соответствие стандартам. Секвенсор генератора кодовых последовательностей обеспечивает установку параметров и генерацию пакетов пачек импульсов с требуемым содержанием.



Пассивная оптическая сеть (PON) требует точной временной синхронизации пакетов данных при тестировании восходящего потока

Программное обеспечение для управления тестером ParBERT и другими измерительными приборами может быть написано на предпочтительном для пользователя языке программирования. Оно может работать на том же ПК, в котором установлено программное обеспечение тестера ParBERT. При создании программы, например, на языке Visual Basic или C можно использовать библиотеки драйверов Plug & Play, поставляемые с тестером ParBERT (и многими другими приборами), которые упрощают программирование.



Испытательная установка для определения характеристик приёмопередающих модулей (OLT) на базе тестера ParBERT

Преимущества тестера ParBERT компании Keysight

Высокая точность

- Точная временная синхронизация сигналов для пакетов данных и управляющих сигналов
- Настраиваемые задержки сигналов
- Возможность управления состояниями преамбулы
- Превосходное качество сигналов

Высокая гибкость

- Модульная платформа, включающая модули генераторов и анализаторов, для тестирования нескольких линий
- Несколько модулей генераторов/анализаторов с классами скоростей передачи данных до 13,5 Гбит/с

Приложения:

Измерения параметров сигналов связи

www.keysight.com/find/dcax

Обзор

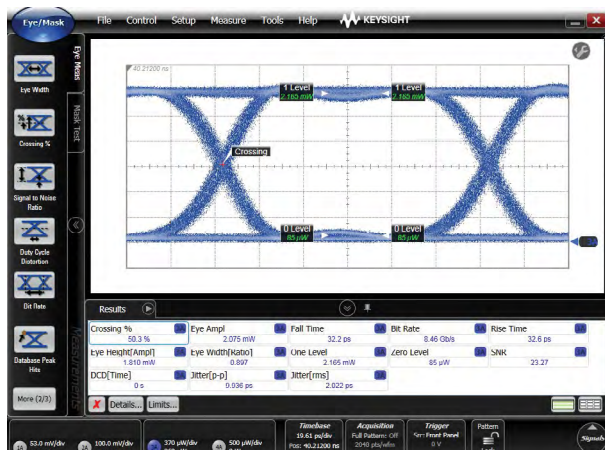
Прежде чем использовать любые высокоскоростные сигналы связи, необходимо убедиться в том, что канал и базовые характеристики сигналов соответствуют требованиям стандартов и обеспечивают функциональную совместимость с другими устройствами в системном тракте. Анализаторы сигналов цифровой связи (DCA), разработанные на базе широкополосных стробоскопических осциллографов, признаны в качестве промышленных стандартов для проведения точного анализа оптических сигналов на этапах НИОКР, аттестации устройств и серийного производства приёмопередатчиков. В дополнение к базовым возможностям, включающим измерение глазковых диаграмм и параметров импульсных сигналов, анализаторы сигналов цифровой связи выполняют расширенный анализ джиттера и измерение параметров импеданса каналов.

Тестирование передатчиков на соответствие требованиям стандартов и анализ глазковых диаграмм

Анализ глазковых диаграмм является самым распространённым методом определения качества сигналов высокоскоростных передатчиков систем цифровой связи. Промышленные стандарты, такие как SONET, SDH, Fibre Channel и Ethernet, используют анализ глазковых диаграмм для подтверждения соответствия характеристик передатчиков требованиям стандартов. При этом проводится проверка на соответствие границам маски, измеряется амплитуда, коэффициент гашения и общее качество глазка. Обычно тесты проводятся с использованием опорного приёмника с точно определёнными характеристиками для того, чтобы обеспечить совместимые результаты как при производственном тестировании и входном контроле, так и при использовании в составе системы. Опорные приёмники и процедуры тестирования, соответствующие стандартам, встроены в анализаторы сигналов цифровой связи для обеспечения функциональной возможности тестирования на соответствие требованиям стандартов.

В этих стандартных тестах автоматический анализ гистограмм определяет уровни сигналов для получения основных параметров сигналов, в том числе:

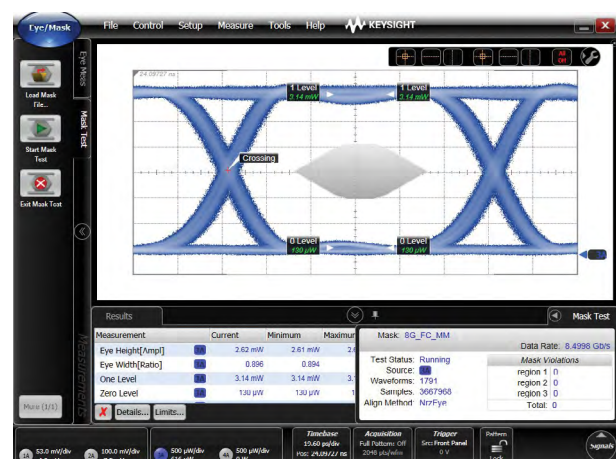
- Коэффициент затухания (ослабления): насколько эффективно мощность лазера преобразуется в мощность информационных сигналов
- Амплитуда оптической модуляции (OMA) представляет собой меру мощности модуляции
- Высота и ширина глазка показывают величину открытия глазка
- Уровни единиц и нулей: логические уровни глазка
- Отношение сигнал/шум: отношение мощности полезного сигнала к мощности шума
- Искажение коэффициента заполнения (DCD) и процент пересечения представляют собой меру симметрии глазка
- Размах и СКЗ джиттера: мера временной нестабильности сигнала



Параметры, автоматически получаемые из глазковой диаграммы

При испытаниях глазковых диаграмм на соответствие маскам маски, определённые в промышленных стандартах, сравниваются с глазковой диаграммой передатчика, проводится допусковое тестирование. Границы маски могут быть определены автоматически. Значения процентов попаданий, определённые в стандартах, при испытаниях на соответствие маске глазковой диаграмме (относительно новое понятие, определяемое как допустимое число попаданий в сравнении с общим числом выборок сигнала) также выполняется автоматически. Испытания глазковых диаграмм на соответствие маскам почти всегда выполняются с использованием опорного приёмника. Опорный приёмник определяет, что вся измерительная система будет иметь определённую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) фильтра нижних частот, наиболее распространённой из которых является АЧХ фильтра нижних частот Бесселя четвёртого порядка с полосой пропускания по уровню -3 дБ при 75% от скорости передачи данных.

Например, опорный приёмник для скорости передачи данных 10 Гбит/с будет иметь полосу пропускания 7,5 ГГц. Опорный приёмник позволяет получить отображение сигнала, максимально близкое к тому, как его воспринимает приёмник в реальной системе связи.



Испытания на соответствие маскам глазковых диаграмм проводятся с помощью измерительной системы, базирующейся на опорном приёмнике

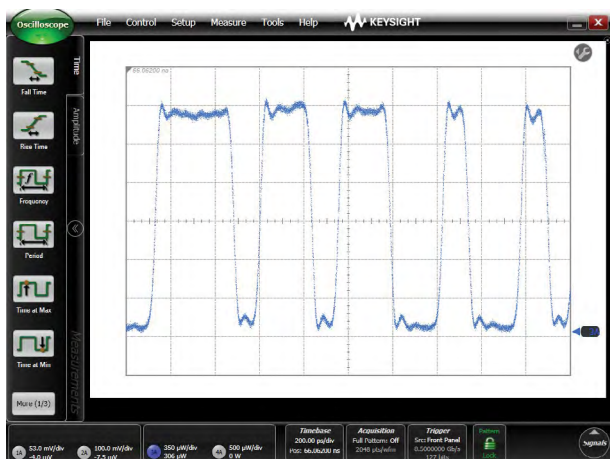
Приложения:

Измерения параметров сигналов связи

www.keysight.com/find/dcax

Измерения параметров сигналов

Не все измерения параметров оптических сигналов проводятся с помощью опорного приёмника. Фильтрация может быть отключена, если нужно получить измерительную систему с более широкой полосой пропускания. В этом случае будут точно отображаться неотфильтрованные свойства сигнала. Выходной сигнал передатчика можно просматривать в виде неотфильтрованной глазковой диаграммы или в виде последовательности импульсов в зависимости от того, в какой режим установлен анализатор сигналов цифровой связи (DCA). Анализатор можно установить в режим Pattern Lock (запуск по кодовой комбинации) для просмотра отдельных битов цифрового сигнала связи, что позволяет проводить простой анализ качества сигнала, включая такие параметры, как длительность фронта и длительность среза, длительность импульса и выброс на фронте импульса. В режиме Pattern Lock можно сохранить полную однозначную запись сигнала длиной до 2^{23} бит для автономного анализа. С DCA-X 86100D доступны расширенные возможности анализа сигналов (см. стр. 31 - 36).



В режиме Pattern Lock на дисплее можно наблюдать отдельные биты

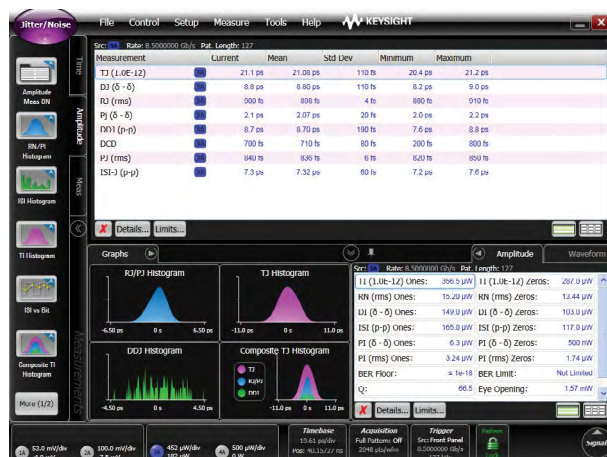
Обычно для синхронизации осциллографа с тестируемым сигналом используется внешний опорный сигнал синхронизации. В случаях, когда сигнал запуска недоступен, либо если он требуется для измерений при тестировании на соответствие требованиям стандартов, можно использовать модули или приборы для восстановления тактового сигнала, которые извлекают опорный сигнал синхронизации непосредственно из измеряемого сигнала. Схема восстановления тактового сигнала не только обеспечивает удобный метод синхронизации осциллографа, но также позволяет управлять величиной отображаемого джиттера. Схема восстановления тактового сигнала фактически создаёт эффект пропускания джиттера, наблюдаемого на экране осциллографа, через фильтр верхних частот. Ширина полосы пропускания системы ФАПЧ схемы восстановления тактового сигнала определяет диапазон фильтрации (см. информацию о продукции 86100-5 компании Keysight).

Анализ джиттера

При разработке устройств высокоскоростных систем связи инженерам приходится сталкиваться с проблемой джиттера. Если положение фронтов сигнала данных относительно своих ожидаемых позиций неустойчиво и изменяется во времени, схемы принятия решения приёмника могут сработать неправильно при попытке интерпретировать логические уровни, что приводит к ухудшению BER. С возрастанием скоростей передачи данных проблемы, связанные с джиттером, возрастают. Например, длительность бита сигнала, передаваемого со скоростью 10 Гбит/с, равна 100 пс. Искажения сигнала (ослабление, дисперсия и шум) могут вызвать временную нестабильность в течение нескольких пикосекунд, приводящую к закрытию глазка, что может означать разницу между достижением или недостижением целевых показателей BER. Эта проблема ещё больше усугубляется трудностями, связанными с точными измерениями джиттера. Существует ряд подходов для его измерения, однако все они отличаются сложностью установки параметров измерения, сложностью получения стабильных результатов и несогласованностью различных методов.

“Эквивалентно-временной” стробоскопический осциллограф с конфигурациями, имеющими полосы пропускания более 80 ГГц и очень низкие уровни собственного джиттера, представляет собой самый точный инструмент для измерения джиттера на высоких скоростях передачи данных.

Во многих системах и стандартах связи нормирование характеристик джиттера включает определение допустимой величины джиттера на передаваемых сигналах. Джиттер анализируется исходя из того, что для обеспечения работы системы с очень низкими значениями BER (одна ошибка на триллион битов является общим требованием), её характеристики должны быть измерены с использованием соответствующих уровней точности. Разделение основных механизмов джиттера на классы, представляющие собой ключевые причины джиттера, упрощает анализ. Другими словами, джиттер разбивается на случайные и регулярные компоненты. Регулярные элементы далее разбиваются на ряд подклассов. Когда составляющие элементы джиттера идентифицированы и измерены, влияние джиттера на BER становится более понятным, далее можно перейти к непосредственному составлению распределения джиттера по системе и последующему определению технических требований к устройствам/компонентам. Разбиение джиттера на составляющие элементы позволяет точно определить величину общего джиттера на сигнале даже при очень низкой вероятности.



Расширенный анализ позволяет идентифицировать источники джиттера

Рефлектометрия во временной области и тракты передачи сигналов

Большинство оптических устройств имеют высокоскоростные электрические входные и выходные тракты. Наилучшая целостность сигнала достигается при использовании хорошо спроектированных сигнальных трактов. Анализатор сигналов цифровой связи (DCA) можно также сконфигурировать для использования в качестве рефлектометра во временной области (TDR) для определения свойств передачи и отражения электрических каналов. Эта информация может быть представлена в виде функции времени или частоты, как и S-параметры. Большинство новых схем являются дифференциальными. Это позволяет уменьшить влияние перекрёстных и взаимных помех. Характеристики этих схем необходимо определять в конфигурациях с несимметричными, дифференциальными и синфазными сигналами.

Модуль TDR посылает быстрый перепад напряжения по линии передачи, затем анализирует отражённый сигнал и отображает зависимость напряжения или импеданса от расстояния. Эту информацию можно также преобразовать в частотную область для отображения зависимости обратных потерь, KCBN или коэффициента отражения от частоты. Любую выбранную часть графика можно также оценить с точки зрения превышения значений индуктивности или ёмкости, что позволяет разработчику определить величину требуемой компенсации в этой области.

Решения для тестирования коэффициента битовых ошибок

www.keysight.com/find/bert



Решения для тестирования коэффициента битовых ошибок

Компания Keysight Technologies предлагает широкий выбор решений для тестирования коэффициента битовых ошибок - от доступных решений для тестирования в процессе производства до высокопроизводительных приборов для определения параметров устройств и тестирования на соответствие требованиям стандартов при скоростях передачи данных до 32 Гбит/с.

Решения компании Keysight для тестирования коэффициента битовых ошибок обеспечивают высокую точность и эффективность верификации, определения характеристик, а также производственных испытаний и тестирования на соответствие требованиям стандартов высокоскоростных коммуникационных портов современных специализированных интегральных схем, компонентов, модулей и линейных плат в процессе разработки и производства полупроводниковых устройств, компьютеров, мобильных компьютерных устройств, систем хранения данных и средств связи.

Keysight предлагает четыре семейства тестеров коэффициента битовых ошибок (BERT) для различных классов скоростей передачи данных, а также специализированные приборы для воздействия на тестируемое устройство и анализа отклика. Тестеры позволяют решать важнейшие измерительные задачи при разработке следующего поколения устройств с гигабитными интерфейсами.

BERT используются для тестирования параметров высокоскоростных цифровых интерфейсов:

QPI, FB-DIMM, PCI Express®, SATA/SAS, USB, Thunderbolt, DisplayPort, HDMI, MHL, MIPI®, UHS-II, Fibre Channel, XAUI/10 Gb Ethernet, CAUI/100 GbE, CEI и другие объединительные платы, модули XFI/XFP/SFP+/QSFP/CFP, OTN и PON-OLT, устройства параллельно-последовательного/последовательно-параллельного преобразования (SerDes), цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи и др.

Тестируемое устройство	Скорость передачи данных	Примеры применений	Типовые требования	Рекомендуемые тестеры Keysight	
				Для разработки и тестирования	Для производства
Высокоскоростные последовательные приёмники компьютерных шин и объединительных плат	< 16 Гбит/с	QPI, PCI Express, SATA, SAS, USB3, TBT, DP, MIPI® D-PHY™/M-PHY®, HDMI, MHL, UHS II, SMI	Скорость передачи данных < 10-16 Гбит/с, калиброванный джиттер, генерация тактового сигнала с распределенным спектром (SSC), межсимвольных помех и синусоидальных помех, восстановление тактового сигнала, задание последовательностей кодовых комбинаций	J-BERT M8020A*, J-BERT N4903B, ParBERT 81250**	Нет
Объединительные платы, устройства SerDes, AOC, повторители	> 10 Гбит/с до 28 Гбит/с	100 Gbase-KR4/-CR4, CEI, IB, TBT, CAUI, CAUI 2/4, 10 Gbase-KR	Скорость передачи данных > 10 Гбит/с, коррекция предискажений, перекрестные помехи, PRBS (псевдослучайные двоичные последовательности)	J-BERT M8020A, J-BERT N4903B, M8061A, N4960A, N4965A, N4877A	Нет
Межмикросхемные интерфейсы с модуляцией PAM-4	10 Гбод до 25 Гбод	10 Gbase-KP, CEI 56G-VSR	Генерация сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией (PAM-4)	M8195A	Нет
Оптические приёмопередатчики и субкомпоненты: от 0,6 до 44 Гбит/с	> 25 Гбит/с	40 G/100 GbE, 32 G FC, CFP 2/4	Скорость передачи данных > 16 Гбит/с, чистые сигналы, PRBS	N4960A, N4967A, J-BERT M8020A/N4903B + M8061A/N4877A	N4960A, N4967A
	10 Гбит/с	10 G/40 GbE, PON, OTN, 8 G/16 G FC, QSFP, SFP+, QFP	Скорость передачи данных от 3 до 15 Гбит/с, PRBS, тестирование оптической нагрузки и чувствительности, структурированные последовательности импульсов	J-BERT M8020A*, J-BERT N4903B, N4917A, ParBERT**	N2101B, N4906B-012, N4962A
	< 4 Гбит/с	1 GbE, XFP, PON, 1 G/2 G/4 G FC	Скорость передачи данных < 3,5 Гбит/с, быстрая синхронизация битов, PRBS или структурированные последовательности импульсов	N4906B-003, ParBERT 3.3 G	N5980A, ParBERT

* До 4 линий

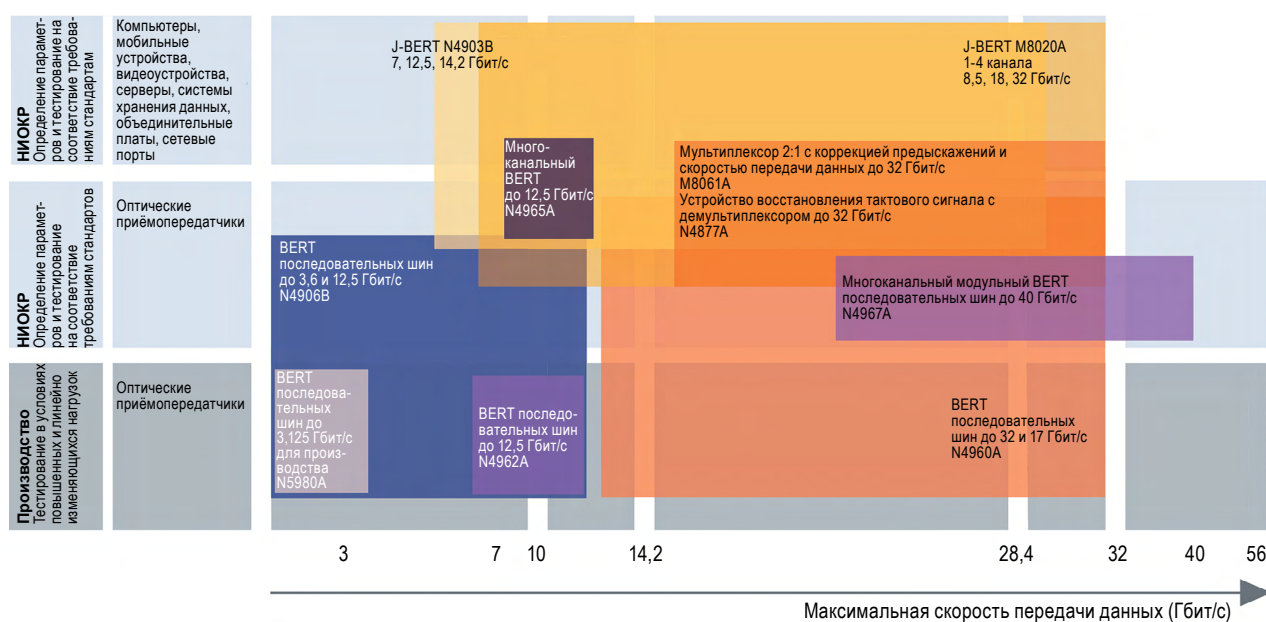
** Для нескольких линий

Рекомендации по выбору BERT последовательных шин

www.keysight.com/find/bert

Компания Keysight Technologies предлагает самый широкий выбор продуктов для тестирования коэффициента битовых ошибок последовательных шин, обеспечивающих точное и эффективное определение параметров, тестирование на соответствие требованиям стандартов и производственные испытания цифровых интерфейсов, используемых в компьютерах, видеоустройствах, сетях передачи данных и связанном оборудовании для передачи данных со скоростями до 40 Гбит/с.

Серия M8000 компании Keysight является высокоинтегрированным решением для тестирования BER и предназначена для определения параметров на физическом уровне, аттестации и тестирования на соответствие требованиям стандартов. Поддерживая широкий диапазон скоростей передачи данных и стандартов, серия M8000 обеспечивает точные и надёжные результаты, которые ускоряют исследования по определению запаса помехоустойчивости рабочих характеристик высокоскоростных цифровых устройств. Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A входит в серию M8000.



Высокопроизводительные тестеры для определения параметров и проверки соответствия требованиям стандартов на этапах НИОКР и аттестационных испытаний до 40 Гбит/с:

Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A позволяет быстро и точно охарактеризовать параметры приёмников устройств, использующих для передачи данных одну или несколько линий со скоростями до 16 или 32 Гбит/с.

Высокопроизводительный тестер последовательных шин J-BERT N4903B предназначен для следующего поколения устройств со встроенными или ретранслируемыми тактовыми сигналами, разработанными в соответствии с требованиями стандартов, таких как QPI, PCIe®, DisplayPort, SATA, USB, TBS, UHS-II, FB-DIMM, Fibre Channel, 10 GbE.

BERT последовательных шин N4906B обеспечивает превосходные характеристики сигналов, но без возможностей внесения джиттера для тестирования устройств связи в условиях ограниченного бюджета. N4906B можно заказать в двух версиях: до 3,6 Гбит/с и 12,5 Гбит/с.

BERT последовательных шин N4960A до 32 и 17 Гбит/с, от 1 до 4 каналов, предназначен для тестирования приёмопередатчиков на этапах производства и НИОКР.

Многоканальный модульный BERT последовательных шин N4967A до 40 Гбит/с используется для определения параметров оптических приёмопередатчиков на этапе НИОКР.

Многоканальный BERT N4965A до 12,5 Гбит/с применяется для определения характеристик нескольких линий.

BERT последовательных шин для минимизации стоимости тестирования оптических приёмопередатчиков до 12,5 Гбит/с на производстве:

BERT последовательных шин до 3,125 Гбит/с для производства N5980A позволяет проводить тестирование приёмопередатчиков на производстве. Стоимость тестирования при его использовании снижается в 6 раз по сравнению с другими BERT.

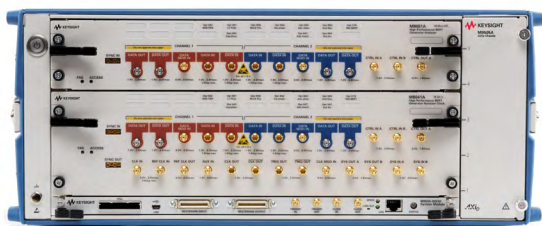
BERT последовательных шин до 12,5 Гбит/с N4962A является экономичным техническим решением для производственного тестирования приёмопередатчиков.

В сочетании с осциллографами серий DCA-X 86100D и 90000X семейства Infiniium эти BERT являются наиболее законченным техническим решением для анализа и тестирования на устойчивость к джиттеру из предлагаемых на рынке.

Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A

www.keysight.com/find/m8020a

- Скорости передачи данных до 8,5/16 Гбит/с для генератора кодовых последовательностей и детектора ошибок; возможность увеличения до 32 Гбит/с при использовании с мультиплексором M8061A
- От 1 до 4 каналов BERT со скоростями передачи данных 16 Гбит/с в 5-слотовом шасси в формате AXIe
- Встроенные калиброванные источники джиттера: случайный джиттер (RJ), одно- или двухтональный периодический джиттер (PJ1 и PJ2), синусоидальный джиттер (SJ), ограниченный некоррелированный джиттер (BUJ), джиттер тактового сигнала половинной частоты ($\text{clk}/2$), тактовый сигнал с распределенным спектром (SSC), синусоидальные помехи
- Встроенная схема положительной и отрицательной коррекции предискажений на основе КИХ-фильтра с 8 коэффициентами, до 20 дБ
- Настраиваемая встроенная межсимвольная интерференция (ISI)
- Интерактивная система обучения и контроля состояния канала (LTSSM) для PCI Express
- Встроенная схема восстановления тактового сигнала и коррекция последовательных данных
- Автоматизированная калибровка на месте эксплуатации
- Возможность модернизации модулей и опций



Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A с 4 каналами

Высокопроизводительный тестер J-BERT M8020A позволяет быстро и точно определять параметры приёмников устройств, использующих одну или несколько линий и работающих на скоростях передачи данных до 16 или 32 Гбит/с.

За счёт высочайшей степени интеграции J-BERT M8020A упрощает создание испытательной системы. Кроме того, автоматизированная калибровка схем формирования сигналов прямо на месте эксплуатации обеспечивает точные и стабильные результаты измерений. Благодаря интерактивной тренировке канала связи J-BERT M8020A может вести себя как партнёр канала связи тестируемого устройства, что позволяет ускорить отладку разрабатываемых устройств.

Области применения

Разработка и тестирование интегральных схем, устройств, плат и систем с последовательными портами ввода-вывода, обеспечивающими скорости передачи данных до 16 Гбит/с или 32 Гбит/с, для которых необходимо определять параметры и проверять их на соответствие требованиям стандартов. Тестер J-BERT M8020A может использоваться для тестирования на соответствие требованиям стандартов последовательных шин, таких как PCI Express®, USB, MIPI® M-PHY®, SATA/SAS, DisplayPort, SD UHS-II, Fibre Channel, управляющие шины и шины памяти, объединительные платы, повторители, активные оптические кабели, Thunderbolt, 10 GbE, 100GbE (оптические и электрические), SFP+, приёмопередатчики CFP2/4, CEI.

Технические характеристики

Для рабочего диапазона 32 Гбит/с: см. M8061A

Для рабочего диапазона до 16 Гбит/с: M8041A, M8051A

Генератор кодовых последовательностей

- Рабочий диапазон: от 150 МГц до 8,5 ГГц (опция G08 или C08), от 150 МГц до 16,2 ГГц (опция G16 или C16); для расширения до 32,4 Гбит/с используйте дополнительно M8061A
- Выходы данных: 1 или 4 для 16 Гбит/с (опция 0G2 для второго канала генератора кодовых последовательностей в модуле M8041/51A)
- Амплитуда выходного сигнала: от 50 мВ до 1,2 В (размах) (несимметричный)
- Время нарастания сигнала: от 12 пс (тип.) (от 20 до 80%)
- Положительная и отрицательная коррекция предискажений на основе КИХ-фильтра, имеющего 8 коэффициентов (опция 0G4)
- Уровень собственного джиттера: 8 пс (размах) (тип.)
- Соединители: 3,5 мм (розетка)
- Дополнительные выходы: выход сигнала запуска, выход тактового сигнала, управляющий выход, системный выход

Кодовая последовательность

- ПСДП (PRBS): 2ⁿ-1, n = 7, 10, 11, 15, 23, 23p, 31
- Глубина памяти: 2 Гбит на канал
- Секвенсор: 3 уровня циклов со счётчиком числа повторений, 1 бесконечный цикл
- Интерактивная система обучения и контроля состояния канала (LTSSM) для PCIe

Тестирование на устойчивость к джиттеру

- Калиброванные источники джиттера: низкочастотный джиттер до 5 МГц (до 1000 UI), высокочастотный джиттер до 1 UI с частотой 500 МГц (RJ, PJ1, PJ2, BUJ, sRJ), джиттер тактового сигнала половинной частоты ($\text{clk}/2$): ± 20 пс
- Тактовый сигнал с распределенным спектром (SSC): $\pm 5000 \times 10^{-6}$
- Межсимвольная интерференция (ISI): 8 каналов ISI (см. M8048A)
- Встроенные помехи: в синфазном режиме - до 400 мВ; в дифференциальном - до 30% от амплитуды выходного сигнала
- Автоматическое тестирование устойчивости к джиттеру

Анализатор

- Входы данных: от 1 до 4 (опция 0A2 при заказе второго канала для модуля M8041/51A)
- Встроенная схема восстановления тактового сигнала: настраиваемая ширина полосы пропускания петли системы ФАПЧ до 20 МГц
- Чувствительность: 50 мВ
- Непрерывная линейная коррекция (CTLE): да
- Соединители: 3,5 мм (розетка)

Информация для заказа

J-BERT в 5-слотовом шасси в формате AXIe со встроенным контроллером J-BERT	M8020A-BU1
J-BERT в 5-слотовом шасси в формате AXIe	M8020A-BU2
2-канальный BERT, вход тактового сигнала, скорость передачи данных 16 Гбит/с, 3-слотовый модуль в формате AXIe	M8041A*
2-канальный BERT, скорость передачи данных 16 Гбит/с, 2-слотовый модуль в формате AXIe	M8051A
Мультиплексор 2:1, коррекция предискажений, скорость передачи данных 32 Гбит/с	M8061A
Системное программное обеспечение для серии M8000	M8070A

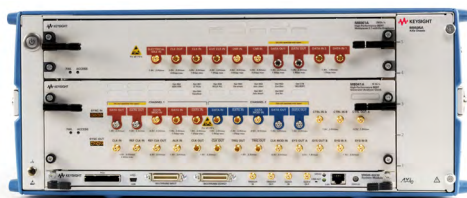
* доступные опции для M8041A:

8,5/16 Гбит/с, только генератор, 2-канальный генератор/анализатор, коррекция предискажений, источники джиттера, источники помех, умножитель частоты опорного тактового сигнала, анализа SER/FER, подготовка линии (link training), непрерывная линейная коррекция (CTLE), межсимвольная интерференция (ISI)

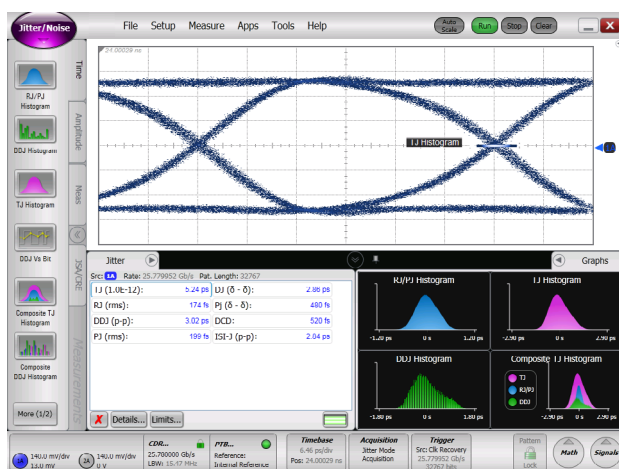
Мультиплексор 2:1 с коррекцией предискажений и скоростью передачи данных до 32 Гбит/с M8061A

www.keysight.com/find/m8061a

- Повышение скорости передачи данных генератора кодовых последовательностей тестера J-BERT M8020A до 32,0 Гбит/с и J-BERT N4903B до 28,4 Гбит/с
- Настраиваемая схема положительной и отрицательной коррекции предискажений, использующая КИХ-фильтр с 4 коэффициентами с возможностью расширения до 8 коэффициентов
- Встроенная функция наложения интерференции уровней для синфазного и дифференциального режимов
- Мультиплексор не влияет на джиттер, сгенерированный тестером J-BERT M8020A или J-BERT N4903B
- Возможность добавления джиттера с частотой, равной половине частоты тактового сигнала
- Состояние ожидания (Electrical idle) дифференциальной линии
- Управление с помощью программного обеспечения серии M8000 или интерфейса пользователя тестера J-BERT N4903B по шине USB



Мультиплексор M8061A используется для увеличения скорости передачи данных тестера J-BERT M8020A до 32 Гбит/с



Мультиплексор M8061A демонстрирует превосходный уровень собственного случайного джиттера < 200 фс СКЗ с M8020A при использовании полосового фильтра M8061A-802.

Инженеры, которым в процессе разработки и тестирования необходимо определять характеристики устройств последовательных интерфейсов со скоростями передачи данных до 32 Гбит/с, могут использовать мультиплексор 2:1 M8061A с опциональными функциями коррекции предискажений для увеличения скорости передачи данных генератора кодовых последовательностей тестера J-BERT M8020A или J-BERT N4903B. Для получения наиболее точных результатов измерения параметров приёмников M8061A предлагает КИХ-фильтр, имеющий четыре калиброванных коэффициента с возможностью расширения до восьми коэффициентов, встроенную функцию наложения интерференции уровней и возможность добавления джиттера с частотой, равной половине частоты тактового сигнала. M8061A выполнен в виде 2-слотового модуля в формате AXIe, которым можно управлять по шине USB от программного обеспечения серии M8000, а также от интерфейса пользователя тестера J-BERT N4903B.

Целевые области применения

Разработка и тестирование интегральных схем, устройств, плат и систем с последовательными портами ввода-вывода, обеспечивающими скорости передачи данных до 32 Гбит/с, для которых необходимо определять параметры и проверять их на соответствие требованиям стандартов. Типовые случаи применения тестирования приёмников:

- Оптические приёмопередатчики, соответствующие стандартам 100GBASE-LR4, -SR4 и -ER4 и 32G Fibre Channel
- Интерфейсы параллельно-последовательного и последовательно-параллельного преобразования (SERDES) и межмикросхемные интерфейсы, такие как OIF-CEI-VSR, -SR, -LR
- Объединительные платы, кабели, повторители, соответствующие стандартам 100GBASE-KR4, -CR4 Infiniband EDR, а также активные оптические кабели и схемы межсоединений собственной разработки

Технические характеристики

- Рабочий диапазон выходов данных: от 300 МГц до 28,4 ГГц (N4903B) или от 512 Мбит/с до 32,0 Гбит/с (M8020A)
- Амплитуда выходного сигнала: от 50 мВ до 1,2 В (размах) (несимметричный)
- Коррекция предискажений: 4 коэффициента (опция 004), расширяемая до 8 коэффициентов (опция 008), положительная/отрицательная, 20 дБ (макс.)
- Время нарастания сигнала: 14 пс (тип.) (от 20 до 80%) для скоростей передачи данных > 25 Гбит/с
- Уровень собственного джиттера: 6 пс (размах) (тип.)
- Мультиплексор не влияет на джиттер, сгенерированный M8020A или N4903B
- Автоматическая настройка сдвига между тактовыми сигналами и данными
- Джиттер с частотой, равной половине частоты тактового сигнала, ± 20 пс
- Встроенная функция наложения интерференции уровней для синфазного и дифференциального режимов (CMI, DMI)
- Состояние ожидания (Electrical idle) дифференциальной линии
- Соединители: 2,4 мм (розетка)

Информация для заказа

Мультиплексор 2:1, коррекция предискажений, скорость передачи данных до 28/32 Гбит/с, 2-слотовый модуль в формате AXIe	M8061A-001
Коррекция предискажений, 4 коэффициента	M8061A-004
Коррекция предискажений, расширение до 8 коэффициентов	M8061A-008
Пакетная опция, состоящая из 2-слотового шасси в формате AXIe M9502A-U20 с интерфейсом USB	M8061A-BU2
Комплект согласованных по фазе кабелей для соединения M8061A с J-BERT N4903B	M8061A-801
Комплект согласованных по фазе кабелей для соединения M8061A с J-BERT M8020A	M8061A-804

Рекомендованные принадлежности:

Устройство восстановления тактового сигнала с демультиплексором N4877A	N4877A-232
--	------------

BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A

www.keysight.com/find/n4960a

Компактное решение для быстрого тестирования BER по доступной цене

Для тестирования приёмопередатчиков стандартов 16x Fibre Channel (16GFC), Infiniband FDR, Infiniband EDR, 100 G Ethernet и т.д. требуется оборудование, способное работать на скоростях передачи данных по меньшей мере 25 Гбит/с, обеспечивая точное соответствие параметров строгим допускам. До сих пор такие системы были очень дорогостоящими. Часто это приводило к тому, что несколько разработчиков были вынуждены совместно использовать в лаборатории один последовательный тестер, задерживая план определения параметров и разработки.

BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A компании Keysight является доступной альтернативой для инженеров-разработчиков на скоростях передачи данных до 32 Гбит/с.

Это компактное решение можно легко переносить в пределах лаборатории или производственного участка. А его низкая цена, составляющая только часть стоимости конкурирующих BERT для стрессового тестирования, позволяет снабдить этим прибором каждое рабочее место.



Тестирование приёмопередатчиков сетей 16 x Fibre Channel (16 GFC)

Компактная архитектура

Контроллер BERT последовательных шин N4960A - это платформа, которая формирует основу BERT для стрессового тестирования. Контроллер включает средства прецизионной временной синхронизации и управления, необходимые для выносного генератора кодовых последовательностей и головок детектора ошибок.

Концепция выносных головок, в первый раз представленная в многоканальном BERT N4965A, предполагает размещение генерации кодовых последовательностей и детектирования ошибок вблизи тестируемого устройства, исключая использование длинных кабелей, ухудшающих качество сигнала. Это особенно важно на высоких скоростях передачи данных.

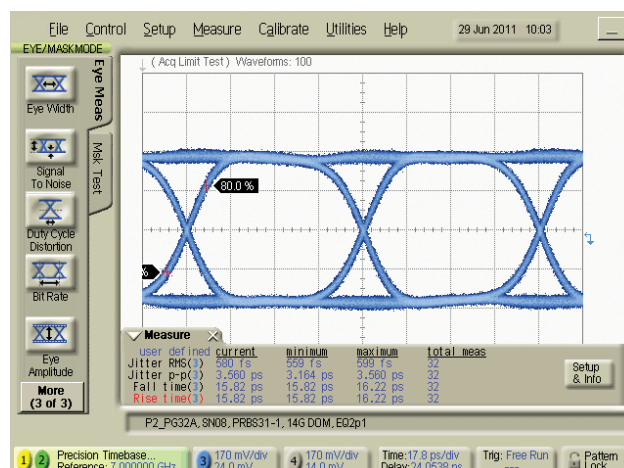


Окно измерения при тестировании на устойчивость к джиттеру ПО N4980A

Доступность без компромиссов

Генератор кодовых последовательностей N4951A/B и выносные головки детектора ошибок N4952A могут работать в двух диапазонах: от 4 до 17 Гбит/с или от 5 до 32 Гбит/с без промежутков или пропущенных значений скоростей передачи данных. Они обеспечивают генерацию и тестирование с помощью кодовых последовательностей на полных скоростях передачи данных непосредственно, не требуя внешних мультиплексоров и согласования задержек, часто используемых в других модульных системах BERT.

Точность воспроизведения сигнала в глазковой диаграмме исключительно высока за счет использования специально разработанных встроенных выходных усилителей. Выходные параметры амплитуды, смещения и напряжения на нагрузке устанавливаются пользователем.



Типовая глазковая диаграмма на скорости передачи данных 14 Гбит/с

Точные и стабильные испытания на устойчивость к джиттеру

Контроллер BERT последовательных шин N4960A содержит точно откалиброванный источник синусоидального джиттера, обеспечивающий большую величину девиации на низких частотах, и меньшую - на частотах выше 200 МГц. Второй источник синусоидального джиттера плюс источник случайного джиттера и тактовый сигнал с распределённым спектром (SSC) могут быть добавлены при заказе опции - CJ1.

Встроенное программное обеспечение анализа

Мультиприборное программное обеспечение (ПО) BERT N4980A поддерживает обе модели N4960A. ПО N4980A обеспечивает интуитивно-понятный интерфейс пользователя, а также возможность одно- или многоканального измерения BER с неограниченным числом каналов. Простая установка позволяет начать тестирование в течение нескольких секунд.

Опциональный пакет для тестирования на устойчивость к джиттеру (JTOL) в составе ПО N4980A (Signal Integrity Studio) выполняет все необходимые установки параметров и управляет одно- и многоканальными измерениями при тестировании устройств с одной или несколькими линиями. С помощью редактора шаблонов можно создавать шаблоны, соответствующие критериям тестирования наиболее распространённых стандартов.

BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A

www.keysight.com/find/n4960a

Технические характеристики контроллера N4960A

Автономный источник тактового сигнала и/или контроллер BERT последовательных шин

Конфигурация выходов тактового сигнала:	Синтезатор частот с 3 дифференциальными выходами: основной выход с джиттером (Jitter) (стрессовое тестирование), задержанный выход (Delay) и выход кратной частоты (Divided). Выходы тактового генератора Jitter и Delay используются совместно с головками генератора кодовых последовательностей (PG) и детектора ошибок (ED), соответственно. Скорость передачи данных PG/ED - в два раза больше, чем частота выходов тактового сигнала.
Диапазон частот	От 1,5 до 16 ГГц (от 1,5 до 8,5 ГГц, если подключён N4951A-P17, N4951B-H17/D17 или N4952A-E17)
Выходы	Основной выход с джиттером (Jitter) (стрессовое тестирование), задержанный выход (Delay) и выход кратной частоты (Divided)
Конфигурация выхода (все выходы)	Дифференциальный
Диапазон амплитуды выходного тактового сигнала	От 300 мВ до 1,7 В (размах), несимметричный
Диапазон задержки задержанного тактового сигнала	От 0 до ±1000 UI
Коэффициент деления частоты тактового сигнала	÷ 1, 2, 3,..., 99 999 999 (целочисленный делитель)
Внесение джиттера тактового сигнала (без присоединённых головок генератора кодовых последовательностей)	
- Синусоидальный (SJ1, SJ2)	От 1 до 200 МГц, до 1UI
- Случайный (RJ)	До 25 mUI
- Периодический (PJ)	От 1 до 17 МГц, до 100 UI (до 62,5 кГц)

Для SJ2, RJ требуется опция –CJ1. Амплитуда любого воздействия (стресса), возникающего на выходе Jitter тактового сигнала, расположенном на передней панели, будет равна 1/2 от значения, возникающего в головке генератора кодовых последовательностей N4951A/B. Изменение амплитуды воздействия (стресса) на выходе Jitter тактового сигнала, расположенном на передней панели, будет также приводить к изменению уровня на выходе генератора кодовых последовательностей.

Тактовый сигнал с распределенным спектром (SSC) (опция -CJ1)	От 1 Гц до 50 кГц, от 0 до 1,0%, форма сигнала модуляции: треугольная, направление девиации: вниз от центра, вверх от центра или по обе стороны от центра.
--	--

N4951B



N4952A



BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A

www.keysight.com/find/n4960a

Технические характеристики головок генераторов кодовых последовательностей

Диапазон скоростей передачи данных	От 4 до 17 Гбит/с (опции P17/H17/D17) От 5 до 32 Гбит/с (опции P32/H32/D32)
Выбор кодовой последовательности	
ПСП (PRBS)	$2^n - 1$, $n = 7, 9, 10, 11, 15, 23, 29, 31, 33, 35, 39, 41, 45, 47, 49, 51$ K28.3, K28.5, K28.7, CJPAT, CJTPAT, CRPAT, JSPAT, JTSPAT
Коэфф-т деления частоты тактового сигнала	$\div 2, \div 4, \div 8, \dots, \div 64$
Последовательность, разработанная пользователем	Длина от 1 бита до 8 Мбит, программируемая с помощью ПО N4980A
Конфигурация выхода данных	Дифференциальный; может работать в несимметричном режиме с неиспользуемым выходом, нагруженным на 50 Ом, связь по переменному току с внутренней цепью подачи смещения
Амплитуда выходного сигнала данных	Настраиваемая до 1 В (размах) в несимметричном (опция P17/32), до 1,5 В (опция D17/D32), до 3 В (опция H17/H32)
Время нарастания (от 20 до 80%)	16 пс (тип.) (опции P17/P32/ D17/ D32), 12 пс (тип.) (опции H17/H32)
Коррекция предискажений	Опция D17/D32 имеет встроенную схему коррекции предискажений (5 коэффициентов)
Внесение джиттера	
Синусоидальный (SJ1, SJ2)	От 1 до 150 МГц, до 0,8 UI
Случайный (RJ)	До 24 мUI
Периодический (PJ)	От 1 до 17 МГц, до 100UI (до 62,5 кГц), для SJ2, RJ требуется контроллер N4960A с опцией -CJ1

Технические характеристики головок детекторов ошибок

Диапазон скоростей передачи данных	От 4 до 17 Гбит/с (опция E17) От 5 до 32 Гбит/с (опция E32)
Выбор кодовой последовательности	
ПСП (PRBS)	$2^n - 1$, $n = 7, 9, 10, 11, 15, 23, 29, 31, 33, 35, 39, 41, 45, 47, 49, 51$ K28.3, K28.5, K28.7, CJPAT, CJTPAT, CRPAT, JSPAT, JTSPAT
Коэфф-т деления частоты тактового сигнала	$\div 2, \div 4, \div 8, \dots, \div 64$
Последовательность, разработанная пользователем	Длина от 1 бита до 8 Мбит, программируемая с помощью ПО N4980A
Конфигурация выхода данных	Дифференциальный; может работать в несимметричном режиме с неиспользуемым выходом, нагруженным на 50 Ом, связь по переменному току с внутренней цепью подачи смещения.
Диапазон амплитудных значений входного сигнала данных	От 100 мВ до 1 В (размах), несимметричный
Диапазон значений задержки входного сигнала данных	± 2000 UI
Виды измерений	Мгновенное и накопленное значение BER, число ошибок, число ошибочных "1" и "0", потери данных, потери синхронизации, значение многоканального BER, зависимость BER от задержки точки дискретизации (U-образная кривая), тестирование на устойчивость к джиттеру (с помощью ПО N4980A)

Опции контроллера N4960A

N4960A-CJ0	Стандартные возможности внесения джиттера (один источник синусоидального джиттера)
N4960A-CJ1	Расширенные возможности внесения джиттера (второй источник синусоидального джиттера плюс источник случайного джиттера и тактовый сигнал с распределённым спектром (SSC))

Опции выносных головок:

- N4951A-P17 Генератор кодовых последовательностей, 17 Гбит/с
- N4951A-P32 Генератор кодовых последовательностей, 32 Гбит/с
- N4951B-H17 Генератор кодовых последовательностей, высокая амплитуда, 17 Гбит/с
- N4951B-H32 Генератор кодовых последовательностей, высокая амплитуда, 32 Гбит/с
- N4951B-D17 Генератор кодовых последовательностей, коррекция предискажений (5 коэффициентов), 17 Гбит/с
- N4951B-D32 Генератор кодовых последовательностей, коррекция предискажений (5 коэффициентов), 32 Гбит/с
- N4952A-E17 Детектор ошибок, 17 Гбит/с
- N4952A-E32 Детектор ошибок, 32 Гбит/с

BERT последовательных шин до 12,5 Гбит/с N4962A и N4963A

www.keysight.com/find/n4962a



BERT последовательных шин до 12,5 Гбит/с N4962A объединяет компактный генератор ПСДП (PRBS) и BERT с высокими характеристиками, работающие на скоростях передачи данных от 0,5 до 12,5 Гбит/с и предназначенные для автоматизированного тестирования на производстве и в исследовательских лабораториях. Внутренний синтезатор обеспечивает возможность работы в диапазоне скоростей передачи данных от 9,85 до 11,35 Гбит/с. При использовании с внешним источником тактового сигнала (например, синтезатором тактового сигнала до 13,5 ГГц N4963A) возможна работа в диапазоне скоростей передачи данных от 0,5 до 12,5 Гбит/с. Компактный размер и простой интерфейс пользователя BERT и синтезатора тактового сигнала делают их идеальными для производственного тестирования.

Области применения

- Производственное тестирование оптических приёмопередатчиков до 10 Гбит/с
- Входной контроль компонентов систем связи
- Определение параметров широко распространённых устройств на скоростях передачи данных до 12,5 Гбит/с

Свойства BERT последовательных шин N4962A

- Внутренний тактовый сигнал, обеспечивающий возможность работы на скоростях передачи данных от 9,85 до 11,35 Гбит/с
- Возможность работы на скоростях передачи данных от 0,5 до 12,5 Гбит/с с внешним тактовым сигналом
- Экономичное решение для производственного тестирования на скоростях передачи данных до 10 Гбит/с

Свойства синтезатора тактового сигнала N4963A

- Обеспечение возможности работы на скоростях передачи данных от 0,5 до 13,5 ГГц
- Опция внесения джиттера
- 6 пар выходов дифференциальных тактовых сигналов

Технические характеристики N4962A

Диапазон скоростей передачи данных	От 0,5 до 12,5 Гбит/с с внешним тактовым сигналом
	От 9,85 до 11,35 Гбит/с с внутренним тактовым сигналом
Выбор кодовой последовательности ПСДП (PRBS)	2 ⁿ – 1, n = 7, 10, 15, 23, 31
Диапазон амплитуды выходного сигнала данных	От 300 до 1800 мВ (размах) (несимметричный)
Джиттер выходных сигналов данных	1,1 пс СКЗ (тип.) на скорости передачи данных 10 Гбит/с
Время нарастания/спада выходных сигналов данных (от 20% до 80%)	18 пс (тип.)
Диапазон напряжений входных сигналов данных	От 0,1 до 2 В (размах) (несимметричный)
Настройка фазы входных сигналов данных	От 0 до 358 °
Конфигурация входа/выхода данных	Дифференциальный; связь по переменному току. Может работать в несимметричном режиме без необходимости подключения неиспользуемых входов/выходов к нагрузке 50 Ом.

Технические характеристики N4963A

Диапазон частот	От 0,5 до 13,5 ГГц
Амплитуда выходного сигнала (каналы 1, 2)	От 0,6 до 2,0 В в диапазоне частот от 0,5 до 7,5 ГГц
	От 0,6 до 1,5 В в диапазоне частот от 7,5 до 13,5 ГГц
Амплитуда выходного сигнала (каналы 3A, 3B, 4A, 4B)	От 0,2 до 0,8 В в диапазоне частот от 0,5 до 7,5 ГГц
	От 0,2 до 0,6 В в диапазоне частот от 7,5 до 13,5 ГГц
Настройка фазы (только канал 1)	От –180 до +178 °
Конфигурация выхода тактового сигнала	Дифференциальный; может работать в несимметричном режиме с неиспользуемым выходом, нагруженным на 50 Ом.
	Каналы 1, 2: связь по постоянному току.
	Каналы 3A, 3B, 4A, 4B: связь по переменному току.
Внесение джиттера	Синусоидальный, от 1 Гц до 200 МГц, до 32 UI

Многоканальный BERT до 12,5 Гбит/с N4965A

www.keysight.com/find/n4965a



Многоканальный BERT до 12,5 Гбит/с N4965A представляет собой модульную многоканальную систему тестирования целостности сигналов, которая идеально подходит для определения параметров каналов последовательной передачи данных, использующих несколько линий. Система для тестирования BER формируется путём добавления дистанционно устанавливаемых головок. Таким образом каждый из его 5 каналов может быть сконфигурирован либо как генератор кодовых последовательностей, либо как детектор ошибок. В качестве доступных кодовых последовательностей можно использовать псевдослучайные двоичные последовательности (ПСДП) различной длины, которые генерируются аппаратными средствами, различные конфигурации тактовых сигналов и уровни напряжения постоянного тока, соответствующие логическому "0" или логической "1".

Все головки могут работать, используя дифференциальное или несимметричное подключение сигналов. Выходные параметры головок генераторов кодовых последовательностей и входные параметры головок детекторов ошибок могут программироваться либо вместе, либо по отдельности. Предварительно заданные установки параметров для наиболее распространённых семейств логических схем упрощают подготовку к проведению измерений.

Основные свойства

- Модульная архитектура поддерживает от 1 до 5 выносных головок генераторов кодовых последовательностей или детекторов ошибок
- Генераторы кодовых последовательностей включают встроенные схемы коррекции предсказаний с 2 или 4 коэффициентами
- Программируемые параметры выхода генератора кодовых последовательностей/входа детектора ошибок
- Тестер не влияет на джиттер
- Уникальный метод, использующий свипирование фазовой задержки генераторов кодовых последовательностей ("агрессоров") при тестировании чувствительности приёмников к перекрёстным помехам
- Измерение BER, U-образной кривой, а также тестирование на устойчивость к джиттеру с помощью ПО N4980A
- Возможность дистанционного управления по шинам USB или GPIB
- Компактный размер

Области применения

- Определение параметров приёмников шин последовательной передачи данных со скоростями до 12,5 Гбит/с
- Определение параметров устройств, использующих для передачи несколько линий
- Определение чувствительности к перекрёстным помехам

Технические характеристики контроллера многоканального BERT (требуется источник внешнего тактового сигнала, например, синтезатор тактового сигнала N4963A)

Диапазон скоростей передачи данных	От 1,0 до 12,5 Гбит/с
Диапазон задержки тактового сигнала (все каналы)	От 0 до ± 1000 UI
Сви́пирование задержки при тестировании чувствительности к перекрёстным помехам (все каналы)	0, 1, 2, 4 UI pp

Технические характеристики выносной головки генератора кодовых последовательностей N4955A

Выбор кодовой последовательности ПСДП (PRBS)	$2^n - 1$, $n = 7, 10, 15, 23, 31$
Коэффициент деления частоты тактового сигнала	$\div N$, где $N = 2, 4$ (опция -P12), $\div N$, где $N = 2, 4, 8, 16, 32, 64$ (опция -D12)
Диапазон амплитуды выходного сигнала данных	От 0,2 до 2,0 В, несимметричный (опция -P12), от 0,6 до 1,2 В, несимметричный (опция -D12)
Схема коррекции предсказаний	2 коэффициента: 1 посткурсор, диапазон: от 0 до -20 дБ (опция -P12))
	4 коэффициента: 1 прекурсор, 2 посткурсора (опция -D12)
Конфигурация выхода данных	Диапазон прекурсор: от 0 до +8 дБ, посткурсор 1: от 0 до -10 дБ, посткурсор 2: от 0 до -8 дБ
	Дифференциальный; может работать в несимметричном режиме с неиспользуемым выходом, нагруженным на 50 Ом, связь по переменному току с внутренней цепью подачи смещения.

Технические характеристики выносной головки детектора ошибок N4956A

Выбор кодовой последовательности ПСДП (PRBS)	$2^n - 1$, $n = 7, 10, 15, 23, 31$
Диапазон амплитудных значений входного сигнала данных	От 100 мВ до 1 В (размах), несимметричный
Диапазон значений задержки входного сигнала данных	± 1000 UI
Конфигурация входа данных	Дифференциальный; может работать в несимметричном режиме с неиспользуемым выходом, нагруженным на 50 Ом, связь по переменному току с внутренней цепью подачи смещения
Виды измерений	Накопленное значение BER, число ошибок, потери данных, потери синхронизации, многоканальный BER, зависимость BER от задержки точки дискретизации (U-образная кривая), тестирование на устойчивость к джиттеру (с помощью ПО N4980A)

Опции контроллера N4965A

- N4965A-CTR Контроллер многоканального BERT

Опции выносных головок:

- N4955A-P12 Генератор кодовых последовательностей, коррекция предсказаний (2 коэффициента), 12,5 Гбит/с
- N4955A-D12 Генератор кодовых последовательностей, коррекция предсказаний (4 коэффициента), 12,5 Гбит/с
- N4956A-E12 Детектор ошибок, 12,5 Гбит/с

Многоканальный модульный BERT последовательных шин до 40 Гвыб/с N4967A

www.keysight.com/find/n4967a



N4967A представляет собой приемлемый по цене и компактный модульный BERT последовательных шин, предназначенный для определения параметров устройств, тестирования при проведении НИОКР и использования в лабораториях в качестве прибора общего назначения. Основные компоненты N4967A:

- Генератор ПСДП (PRBS) до 44 Гбит/с N4974A
- Демультимплексор тактового сигнала и данных до 44 Гбит/с N4968A
- Многоканальный тестер BERT до 12,5 Гбит/с N4965A
- Мультиприборное программное обеспечение BERT N4980A, которое можно использовать со множеством приборов

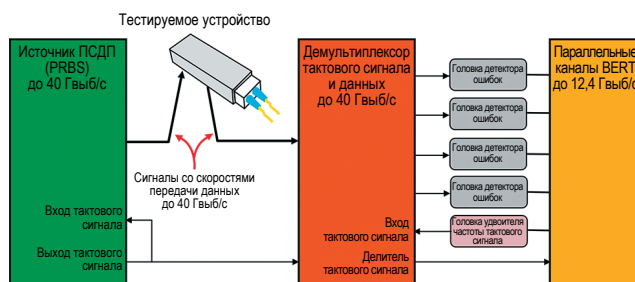
Области применения

Определение параметров оптических приёмопередатчиков, работающих на скоростях передачи данных до 44 Гбит/с и соответствующих требованиям стандартов, таких как:

- OTU OC-768/STM-256
- 100 Gb Ethernet
- InfiniBand EDR
- 32 G Fibre Channel (32GFC)
- Объединительные платы (скорость передачи данных до 40 Гбит/с),
- активные оптические кабели
- CFP

Основные свойства и технические характеристики

- Внутренний тактовый генератор, обеспечивающий возможность работы на скоростях передачи данных до 40 Гбит/с
- Вход внешнего тактового сигнала половинной ($\text{Clock}/2$) частоты, обеспечивающий возможность работы на скоростях передачи данных от 22 до 44 Гбит/с
- Истинная генерация ПСДП (PRBS) на максимальных скоростях передачи данных
- Поддержка дифференциальных или несимметричных входов и выходов
- Полностью поддерживается ПО N4980A



Мультиприборное программное обеспечение BERT N4980A

www.keysight.com/find/n4980a



Мультиприборное программное обеспечение BERT N4980A обеспечивает возможность управления несколькими измерительными приборами через графический интерфейс пользователя на базе Windows® с развитыми функциональными возможностями. Установка параметров измерений коэффициента битовых ошибок упрощается с помощью интуитивно-понятных управляющих экранов. ПО может использоваться для установки параметров и проведения многоканальных измерений BER, а также для тестирования на устойчивость к джиттеру (N4980A-JTS) устройств, использующих несколько линий, и устройств параллельно-последовательного/ последовательно-параллельного преобразования (SerDes). Пользователь может также создавать собственные кодовые последовательности, используя мощные инструменты редактирования, встроенные в редактор кодовых последовательностей.

Основные свойства и технические характеристики

- Программное обеспечение на базе Windows® для управления измерительными приборами по шинам USB или GPIB
- Простая и быстрая установка параметров
- Полные возможности дистанционного управления приборами
- Тестирование BER на одной или нескольких линиях с использованием активных сигналов-агрессоров
- Отслеживание изменения мгновенного значения BER с течением времени, либо измерение BER в течение заданного периода времени
- Быстрое и эффективное тестирование на устойчивость к джиттеру в параллельных каналах передачи данных (N4980A-JTS)
- Представление зависимости BER от положения точки стробирования на единичном интервале UI (часто называемой U-образной кривой, представляющей собой горизонтальный срез глазка)
- Интуитивно-понятный редактор кодовых последовательностей
- Калькулятор весовых коэффициентов коррекции для обеспечения простоты вычисления требуемых установок коэффициентов и программирования поддерживаемых генераторов кодовых последовательностей с коррекцией предискажений

Области применения

- Определение параметров приёмников каналов последовательной передачи данных
- Многоканальные измерения BER
- Опция N4980A-JTS для тестирования на устойчивость к джиттеру
- Определение параметров оптических приёмопередатчиков/ретрансляторов

Мультиприборное программное обеспечение BERT N4980A предоставляет простые в использовании управляющие панели для следующих измерительных приборов:

- Многоканальный BERT до 12,5 Гбит/с N4965A
- BERT последовательных шин до 12,5 Гбит/с N4962A
- Синтезатор тактового сигнала до 13,5 Гбит/с N4963A
- BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A

Базовое программное обеспечение предоставляется бесплатно (для загрузки требуется регистрация). Пакет для тестирования на устойчивость к джиттеру N4980A-JTS - опция, активируемая с помощью программного ключа.

Генератор ПСДП N4970A и делители тактового сигнала N4984A

www.keysight.com/find/n4973a



Генератор псевдослучайных двоичных последовательностей (ПСДП) N4970A представляет собой автономный генератор ПСДП, способный работать со скоростью передачи данных ~ 10 Гбит/с. Генератор ПСДП N4970A можно сконфигурировать для использования с внешним источником тактового сигнала, что позволяет ему работать на скоростях передачи данных от 50 Мбит/с до 12,5 Гбит/с. С помощью переключателей, устанавливаемых пользователем, можно выбрать одну из пяти длин ПСДП и одну из трёх установок доли единиц в последовательности.

Основные свойства и технические характеристики

- Широкий рабочий диапазон: от 50 Мбит/с до 12,5 Гбит/с
- Пять установок длины выходной ПСДП: $2^n - 1$, где $n = 7, 10, 15, 23, 31$
- Внутренний источник тактового сигнала с фиксированной частотой
- Три установки доли единиц в последовательности: 1/2, 1/4, 1/8
- Дифференциальные выходы

Области применения

- SONET/SDH
- Ethernet до 10 Гбит/с
- Производственное тестирование



Делители тактового сигнала N4984A относятся к тестовым принадлежностям широкого применения, предназначенным для использования в системах СВЧ-связи и испытательных системах. Для входов и выходов используется связь по переменному току. Делители являются автономными приборами и подключаются к стандартной сети питания переменного тока.

Делитель тактового сигнала N4984A-040 до 40 ГГц одновременно обеспечивает выходы с коэффициентами деления 2, 4 и 8. Несимметричный входной сигнал подаётся на соединитель 2,9 мм, расположенный на задней панели. Соединители SMA выходных сигналов расположены на передней панели.

Делитель тактового сигнала N4984A-020 до 20 ГГц обеспечивает выход с коэффициентом деления 1, 2, 3, 4 или 8. Коэффициент деления устанавливается с помощью переключки на задней панели. Входы и выходы являются дифференциальными.

Основные свойства и технические характеристики

- Широкий диапазон частот: до 40 ГГц
- Высокая чувствительность по входу
- Очень низкий уровень джиттера
- Быстрые времена нарастания/спада
- Выходы с коэффициентами деления 1/2/4/8
- Делители поставляются с внешним адаптером питания от сети переменного тока
- Габаритные размеры: 3,5" x 4,0" x 1" (88,9 x 101,60 x 25,4 мм)

Области применения

Делители N4984A можно использовать для расширения диапазона запуска быстродействующих стробоскопических осциллографов. Точность синхронизированных измерений улучшается за счёт очень низкого уровня добавленного джиттера и быстрых перепадов сигналов. Делители N4984A можно использовать для генерации синхронизированных высокочастотных тактовых сигналов из сигналов имеющих синусоидальных синтезированных источников. Низкий уровень фазового шума (фликкер-шума, 1/f-шума) делителей улучшает характеристики высокочастотных схем ФАПЧ.

Генераторы ПСДП N4974A и N4975A

www.keysight.com/find/n4974a

www.keysight.com/find/n4975a



Генератор псевдослучайных двоичных последовательностей (ПСДП) до 44 Гбит/с N4974A представляет собой автономный генератор кодовых последовательностей, способный работать либо на одной скорости передачи данных при использовании внутреннего генератора с фиксированной частотой, либо в широком диапазоне частот при использовании внешнего источника тактового сигнала половинной частоты. Генератор ПСДП N4974A до 44 Гбит/с работает на скоростях передачи данных от 22 до 44 Гбит/с при использовании с внешним тактовым сигналом или на скорости передачи данных 39,81312 Гбит/с при использовании с внутренним генератором. Генератор можно заказать с двумя дополнительными вариантами внутреннего генератора, которые обеспечивают возможность работы N4974A на скоростях передачи данных 25,78125 или 28,0 Гбит/с.

Основные свойства и технические характеристики

- Скорость передачи данных: 40, 28 или 25 Гбит/с при работе с внутренним тактовым сигналом фиксированной частоты
- Скорость передачи данных: от 22 до 44 Гбит/с при работе с внешним тактовым сигналом
- Превосходное качество глазка: время нарастания/спада < 8 пс (тип.)
- ПСДП (PRBS): $2^n - 1$; $n = 7, 15, 31$
- Дифференциальный выход: 1000 мВ
- Запуск со сверхнизким уровнем шума для решения задач с прецизионной временной синхронизацией
- Выход сигнала запуска кодовой последовательности

Области применения

- Тестирование компонентов сверхскоростных систем связи
- Тестирование компонентов, работающих на скоростях передачи данных до 40 Гбит/с по методу стимул/отклик
- Проверка целостности сигналов объединительных плат
- Определение параметров оптических приёмопередатчиков



Генератор псевдослучайных двоичных последовательностей (ПСДП) до 56 Гбит/с N4975A представляет собой полностью автономный генератор кодовых последовательностей, способный работать на скоростях передачи данных до 56 Гбит/с. Комплексная интеграция основных функциональных блоков N4975A в виде монолитных интегральных схем на основе кремний-германиевой (SiGe) технологии обеспечивает превосходное качество "глазка".

Основные свойства и технические характеристики

- Скорость передачи данных 56 Гбит/с при работе с внутренним генератором, либо от 39,8 до 56 Гбит/с при работе с внешним источником тактового сигнала
- Автономный генератор псевдослучайных двоичных последовательностей (ПСДП) (PRBS)
- Превосходное качество глазка, быстрое время нарастания и быстрое время спада
- Встроенный источник тактового сигнала четвертной частоты (14,0 ГГц)
- ПСДП (PRBS): 1010, 1100 и $2^{15} - 1$
- Настраиваемая амплитуда выходного дифференциального сигнала: от 500 до 1000 мВ
- Выходы тактового сигнала половинной и четвертной частоты
- Выход сигнала запуска кодовой последовательности

Области применения

- Перспективные исследования в области разработки интерфейсов следующего поколения (CEI 56G-VSR)
- Определение параметров оптических приёмопередатчиков и компонентов, работающих на скоростях передачи данных 56 Гбит/с, 40 Гбит/с и 25 Гбит/с
- Определение параметров сверхскоростных последовательных каналов связи

Высокопроизводительный тестер последовательных шин J-BERT N4903B

www.keysight.com/find/jbert

- Рабочий диапазон от 150 Мбит/с до 7, 12,5 или 14,2 Гбит/с
- Встроенные калиброванные и соответствующие требованиям стандартов источники джиттера: случайный джиттер (RJ), одно- или двухтональный периодический джиттер (PJ1 и PJ2), синусоидальный джиттер (SJ), ограниченный некоррелированный джиттер (BUJ)
- Канал с помехами: с синусоидальной помехой и переключаемыми графиками межсимвольной интерференции (ISI)
- Автоматическое определение параметров устойчивости к джиттеру и тестирование на устойчивость к джиттеру в соответствии с требованиями стандартов (кривыми устойчивости)
- Второй выходной канал с независимой ПСДП (PRBS) и памятью кодовых последовательностей
- Встроенная функция восстановления тактового сигнала с настраиваемой шириной полосы пропускания петли системы ФАПЧ
- Тактовый сигнал половинной частоты с изменяемым коэффициентом заполнения, выходы тактовых сигналов с пониженными кратными частотами



Законченное решение для тестирования приёмников на устойчивость к джиттеру

Тестер J-BERT обеспечивает встроенные и калиброванные источники джиттера для наиболее точного тестирования на устойчивость к джиттеру приёмников, используемых во многих интерфейсах последовательных шин с многогигабитными скоростями передачи данных.

Он используется на этапах разработки и тестирования полупроводниковых устройств, вычислительной техники и средств связи для определения параметров новых разработок и их проверки на соответствие требованиям стандартов. Тестер J-BERT поддерживает тестирование устройств, которые имеют архитектуру со встроенными или ретранслируемыми тактовыми сигналами для скоростей передачи данных до 14,2 Гбит/с.

Долгосрочные инвестиции

Тестер J-BERT, сконфигурированный исходя из текущих потребностей тестирования и возможностей бюджета, в будущем можно модернизировать, по мере изменения требований.

Основные области применения

- Тестирование приёмников на устойчивость к джиттеру
- PCI Express, USB3, SATA, SAS, DisplayPort
- Интерфейсы с передаваемым тактовым сигналом: QPI
- Fibre Channel
- XFP, SFP, SFP+, 10 GbE, XAUI, 100 GbE (10 x 10 Гбит/с)
- Объединительные платы: CEI, 10 GBASE-KR, 100 GBASE-KR4

Набор видов измерений

- BER, накопленный, интервальный; вероятность символьной ошибки (SER)/частота появления ошибок в кадре (FER) (опция A02); режим восстановления битов (опция A01); захват кодовой последовательности
- Сканирование BER, U-образная кривая, включая разделение составляющих джиттера RJ, DJ, TJ
- Выходной уровень, Q-фактор, глазковая диаграмма с контуром BER и маски глазковых диаграмм
- Быстрое измерение маски глазковой диаграммы, спектральная декомпозиция джиттера, сбор данных о местоположении ошибочных битов, быстрое измерение общего джиттера (TJ)

Технические характеристики

Генератор кодовых последовательностей

- Рабочий диапазон: от 620 Мбит/с до 7 Гбит/с (опция C07 или G07), до 12,5 Гбит/с (опция C13 или G13), до 14,2 Гбит/с (опции G13 + D14 или C13 + D14)
- Выходы данных: 1 или 2 (опция 002), дифференциальные или несимметричные
- Амплитуда выходного сигнала: от 0,1 до 1,8 В (размах)
- Джиттер: < 9 пс (размах)
- Время нарастания: < 25 пс (от 10 до 90%, уровни ЭСЛ)
- Настройка точки пересечения: от 20 до 80%
- Кодовые последовательности: ПСДП (PRBS): $2^n - 1$, $n = 7, 10, 11, 15, 23, 31$
- Память: 32 Мбит, секвенсор генератора кодовых последовательностей (до 120 блоков)
- Вход управления задержкой: до 220 пс для внесения джиттера от внешнего источника
- 150 Мбит/с при использовании внешнего источника тактового сигнала

Тестирование на устойчивость к джиттеру

- Встроенные, калиброванные источники джиттера (опция J10): RJ до 15,7 пс СКЗ на частоте 1 ГГц, PJ1+2 до 620 пс на частоте 300 МГц, SJ на нескольких UI до 5 МГц, BUJ до 220 пс, в соответствии с CEI
- SSC (опция J11): модуляция сигналами треугольной и произвольной формы, до 5000×10^{-6} на частотах от 0,1 до 100 кГц
- Канал с помехами (опция J20): ISI, создаваемый переключаемыми контрольными графиками, синусоидальная помеха (вертикальное закрытие глазка) в синфазном и дифференциальном режимах до 400 мВ на частоте 3,2 ГГц

Детектор ошибок

- Внешний тактовый сигнал: от 150 Мбит/с до 7 Гбит/с (опция C07) или 12,5 Гбит/с (опция C13)
- Вход данных: 1, дифференциальный или несимметричный
- Встроенная функция восстановления тактового сигнала: всегда включена, настраиваемая ширина полосы пропускания системы ФАПЧ от 0,5 до 12 МГц
- Чувствительность: < 50 мВ

Информация для заказа

- N4903B Высокопроизводительный BERT последовательных шин с несколькими принадлежностями
- N4903B-C07/C13 BERT с максимальной скоростью передачи данных 7/12,5 Гбит/с
- N4903B-G07/G13 Генератор кодовых последовательностей с максимальной скоростью передачи данных 7/12,5 Гбит/с
- N4903B-D14 Увеличение скорости передачи данных для генератора кодовых последовательностей до 14,2 Гбит/с
- N4903B-002 ПСДП и кодовая последовательность на вспомогательном выходе данных (2-й выходной канал)
- N4903B-003 Тактовый сигнал половинной частоты с изменяемым коэффициентом заполнения
- N4903B-J10 Источники джиттера (PJ1, PJ2, SJ, RJ, sRJ, BUJ)
- N4903B-J11 Тактовый сигнал с распределенным спектром (SSC), тактовый сигнал с распределенным спектром и остаточной фазовой модуляцией (residual SSC)
- N4903B-J12 Набор тестов для тестирования на устойчивость к джиттеру в соответствии с требованиями стандартов
- N4903B-J20 Канал с помехами
- N4903B-A01 Режим восстановления битов
- N4903B-A02 Анализ SER/FER
- N4903B-UAB Модернизация от N4903A до N4903B

Все опции являются модернизируемыми.

Решение для восстановления тактовых сигналов N4877A/N1075A

www.keysight.com/find/cdr



N4877A/N1075A: решение для восстановления тактовых сигналов электрических и оптических каналов, необходимых для анализа сигналов и тестирования BER

- Непрерывная (без разбиения на диапазоны) настройка от 50 Мбит/с до 32 Гбит/с
- Ультранизкий уровень собственного джиттера: < 100 фс СКЗ
- Образцовая система ФАПЧ с настраиваемой шириной полосы пропускания от 30 кГц до 20 МГц для конфигурируемых испытаний на соответствие стандартам
- Анализ ширины полосы пропускания системы ФАПЧ/передачи джиттера и спектра фазового шума/джиттера

Как тестерам коэффициента битовых ошибок (BERT), так и анализаторам сигналов цифровой связи (DCA) требуется тактовый сигнал для синхронизации измерительной системы с входным потоком данных. Если необходимый сигнал синхронизации/сигнал запуска недоступен, общепринятым решением является выделение тактового сигнала из измеряемых данных. Модуль восстановления тактового сигнала 83496B для 86100D и автономный измерительный прибор для восстановления тактового сигнала N4877A/N1070A обеспечивают идеальные технические характеристики для анализа сигналов и тестирования BER.

Они способны выделять тактовые сигналы из сигналов, использующих метод кодирования без возврата к нулю (NRZ), со скоростями передачи данных от 50 Мбит/с до 32 Гбит/с, обеспечивая максимальную гибкость и ценность. С учётом того, что уровень собственного джиттера не превышает 100 фс СКЗ, остаточный джиттер выходного тактового сигнала является пренебрежимо малым, что позволяет проводить точные измерения очень низких уровней джиттера сигнала и больших запасов при тестировании на устойчивость к джиттеру/приёмников.

- 83496B работает на скоростях передачи данных от 50 Мбит/с до 14,2 Гбит/с и может быть сконфигурирован как для оптических, так и электрических каналов
- N4877A и N1070A работают на скоростях передачи данных от 50 Мбит/с до 32 Гбит/с и имеют выходы тактового сигнала, дополнительного тактового сигнала и демультиплексированных данных
- N4877A работает с электрическими сигналами, а N1070 добавляет блок оптической развязки/преобразователя, позволяющий проводить анализ как оптических, так и электрических сигналов

Анализ системы ФАПЧ и спектра джиттера

Используйте программное обеспечение 86100DU-400 для быстрых, точных и повторяющихся измерений ширины полосы пропускания системы ФАПЧ/передачи джиттера. Если использовать прецизионный источник джиттера 83496B, то N4877 и N1070A можно сконфигурировать в качестве приёмника джиттера для создания системы тестирования ширины полосы пропускания системы ФАПЧ по методу стимул/отклик.

Технические характеристики

- Скорость передачи данных: от 50 Мбит/с до 32 Гбит/с, непрерывно настраиваемая
- Перестраиваемая ширина полосы пропускания петли системы ФАПЧ: до 20 МГц
- Оптические входы: MMF - до 16 Гбит/с, SMF - до 32 Гбит/с
- Остаточный джиттер: < 100 фс СКЗ
- Демультиплексированные данные (выходы могут меняться местами)
- Коэффициент деления восстановленного тактового сигнала: 1, 2, 4
- Чувствительность по входу: 25 мВ, дифференциальный сигнал, 50 Ом
- Входные соединители: 2,4 мм (розетка)
- Выходной соединитель демультиплексированных данных: SMA (розетка)

Параллельный тестер коэффициента битовых ошибок ParBERT 81250

www.keysight.com/find/parbert

- Различные модули с перекрываемым диапазоном скоростей передачи данных от 20,8 Мбит/с до 13,5 Гбит/с
- До 66 синхронных каналов генераторов кодовых последовательностей и анализаторов
- Мощный секвенсор кодовых последовательностей, который обеспечивает организацию циклов и переходы по событиям, позволяя управлять сложными тестами и устройствами
- ПСДП (PRBS)/ПСПС (PRWS) и кодовые последовательности, запомненные в памяти, глубиной до 64 Мбит
- Входы управления задержкой для генерации джиттера
- Модули детекторов ошибок с индивидуальными функциями восстановления тактового сигнала
- Набор видов измерений



Параллельный тестер коэффициента битовых ошибок ParBERT 81250 обеспечивает тестирование BER быстродействующих цифровых коммуникационных портов, компонентов, интегральных схем или модулей. Тестер ParBERT является модульной, гибкой и масштабируемой платформой с обширным набором программных и измерительных средств для производства полупроводниковых приборов, средств вычислительной техники, устройств хранения данных, средств связи и бытовой электроники.

Области применения

- Определение параметров и тестирование на соответствие требованиям стандартов на этапе НИОКР приёмников, использующих одну или несколько линий, и портов передатчиков
- Производственное тестирование множества устройств при одновременном тестировании мультиплексоров/демультиплексоров (MUX/DEMUX)
- Тестирование аналого-цифровых (АЦП) и цифро-аналоговых (ЦАП) преобразователей
- Компьютерные шины, использующие несколько линий: PCI Express, HDMI, MIPI®, системные компьютерные шины, такие как QPI, шины систем памяти, такие как AMB, SMI
- Коммуникационные интерфейсы: PON ONU/OLT, IEEE 802.3 xx (10 GbE, 40 GbE, 100 GbE), XAUI, SONET/SDH, SFI-4, SFI-5, объединительные платы CEI, Fibre Channel

Мощный секвенсор кодовых последовательностей

Запуск сложных тестов с использованием множества тестовых последовательностей в одном слоте без остановки прибора для загрузки последовательностей поддерживается мощным секвенсором кодовых последовательностей ParBERT 81250, который обеспечивает до пяти уровней вложенных циклов и переходы по внешним и внутренним событиям или по командам программирования.

Возможности конфигурирования с использованием множество скоростей передачи данных и каналов

Для системы ParBERT 81250 доступны модули, относящиеся к четырём классам скоростей передачи данных и обеспечивающие формирование и анализ данных со скоростями от 20,8 Мбит/с до 13,5 Гбит/с. Пользователи могут независимо конфигурировать ряд каналов анализаторов и генераторов кодовых последовательностей. Для каждого канала можно запрограммировать индивидуальный уровень, кодовую последовательность и временные параметры. Функциональность тестера ParBERT 81250 может быть легко расширена при возникновении потребности, что обеспечивает защиту инвестиций в течение длительного времени.

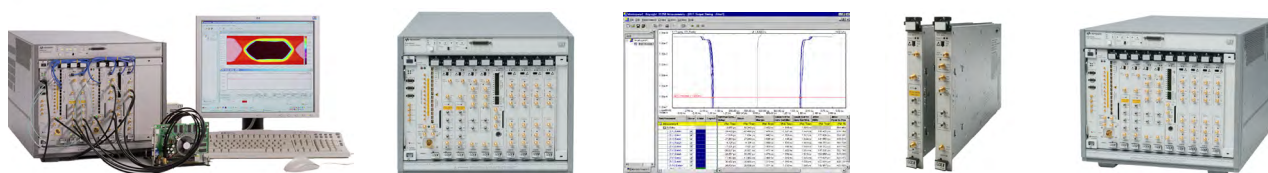
Анализ множества линий в режиме реального времени

Модули анализаторов тестера ParBERT могут автоматически синхронизироваться с входным потоком данных. Тестер ParBERT предлагает обширный набор видов измерений:

- Измерение BER (ошибки при передаче единиц/нулей, накопленные ошибки...)
- Быстрое измерение маски глазковой диаграммы (испытание на соответствие маске с допусковым тестированием)
- Измерение временных параметров выходного сигнала тестируемого устройства (RJ, DJ, TJ, запас по фазе)
- Спектральное разложение джиттера (спектральный анализ джиттера)
- Измерение уровней выходного сигнала тестируемого устройства (высокий уровень/низкий уровень, амплитуда, Q-фактор)
- Раскрытие глазковой диаграммы (анализ глазка в трёх измерениях: напряжение-время-BER)

Тестирование приёмника на устойчивость к джиттеру

Модули генераторов кодовых последовательностей ParBERT со скоростями передачи данных 13,5/7/3,35 Гбит/с обеспечивают возможность внесения джиттера через внешние входы управления задержкой. Это позволяет проводить углублённое тестирование приёмников на устойчивость к джиттеру.



BERT последовательных шин до 3,125 Гбит/с для производства N5980A

www.keysight.com/find/n5980

- Стандартные скорости передачи данных, на которых выполняются измерения: от 125 Мбит/с до 3,125 Гбит/с
- Генерация полиномиальных псевдослучайных двоичных последовательностей (ПСДП) и последовательности K28.5 с уровнями LVDS (низковольтная дифференциальная передача сигналов) и ЭСЛ
- Гибкие возможности подключения к тестируемому устройству с использованием дифференциального электрического коаксиального соединителя 3,5 мм и/или стандартного оптического соединителя
- Сменные модули с соединителем SFP (розетка)
- Внесение одной ошибки для оптического и электрического каналов или с выбранной частотой появления битовых ошибок
- Анализ стробированных измерений BER с отображением абсолютного числа ошибок и возможностью установки времени стробирования
- Значительное упрощение измерений приёмопередатчиков, которые обеспечивают только важнейшие тесты, через односторонний графический интерфейс пользователя (работающий на внешнем ПК с Windows 7 или XP, который подключен к прибору через интерфейс USB 2.0)
- Возможность полного программирования всех функций интерфейса пользователя от других программ



BERT последовательных шин до 3,125 Гбит/с N5980A прекрасно подходит для ручных или автоматизированных производственных испытаний устройств с электрическими и оптическими каналами, работающих на скоростях передачи данных от 125 Мбит/с до 3,125 Гбит/с. Он позволяет выбирать все наиболее часто используемые стандартные скорости передачи данных.

Доступная цена и удобство использования

Программный интерфейс пользователя имеет один стандартный или один расширенный экран для обеспечения интуитивно-понятного использования прибора операторами. Это делает прибор удобным в использовании и простым для изучения.

Повышение эффективности измерений

За счет одновременного использования электрического и оптического (SFP) интерфейсов можно удвоить производительность измерений (ввод данных по электрическому каналу/вывод данных по оптическому каналу и наоборот).

Возможности автоматизации

Дистанционное программирование функций интерфейса пользователя с помощью команд SCPI упрощает интеграцию N5980A в другие программы.

Генерация ПСДП, K28.5 или тактовых сигналов и встроенная функция восстановления тактового сигнала

N5980A может генерировать стандартные полиномиальные псевдослучайные двоичные последовательности (ПСДП), символы K28.5 ("запятая") и различные тактовые сигналы с пониженными кратными частотами (от /2 до /20). Он может также вносить ошибки с настраиваемой частотой появления ошибок. Приемник имеет встроенную функцию восстановления тактового сигнала (CDR) и дифференциальные входы (SMA) для сигналов с амплитудой от 50 мВ (размах) до 2 В (размах).

Стандартный соединитель (SFP) для оптических модулей

Прибор имеет стандартный соединитель SFP (розетка). Это позволяет подключать к испытательной установке все другие типы оптических модулей, выбранные пользователем (например, для многомодового/одномодового волокна с длинами волн 850, 1310 и 1550 нм).

Технические характеристики

Скорости передачи данных

- Fast Ethernet: 125 Мбит/с
- OC-3: 155,52 Мбит/с, OC-12: 622,08 Мбит/с, OC-48: 2,48832 Гбит/с
- OC-48 с FEC: 2,66606 Гбит/с
- 1 x FC: 1,0625 Гбит/с, 2 x FC: 2,125 Гбит/с
- 1 x Gb Ethernet: 1,25 Гбит/с
- XAUI: 3,125 Гбит/с
- Погрешность: $\pm 50 \times 10^{-6}$

Генератор кодовых последовательностей

Кодовые последовательности

- ПСДП (PRBS): $2^7 - 1$, $2^{15} - 1$, $2^{23} - 1$, $2^{31} - 1$
- Кодовая последовательность данных: K28.5
- Набор тактовых импульсов: скорость передачи данных, делённая на n , где $n = 2, 4, 8, 10, 16, 20$
- Кодовая последовательность может быть индивидуально настроена для электрического и оптического выходов генератора

Внесение ошибок

- Внесение ошибок с фиксированной частотой появления для электрического и оптического каналов
- Фиксированные значения частоты появления ошибок, выражаемые как 1 ошибка на 10^n бит, где $n = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$
- Внесение одной ошибки
- Для электрического и оптического выходов генератора можно установить различные значения частоты появления ошибок

Электрический выход генератора кодовых последовательностей

Дифференциальный электрический выход расположен на передней панели прибора.

Амплитуда выходного сигнала

ECL (ЭСЛ): 850 мВ (размах) (тип.), несимметричный/
1700 мВ (размах), (тип.), дифференциальный
LVDS: 400 мВ (размах), (тип.), несимметричный/
800 мВ (размах), (тип.), дифференциальный
Джиттер: 0,05 UI (тип.) для OC-12, 0,08 UI (тип.) для GbE,
0,15 UI (тип.) для OC-48

Оптический выход генератора кодовых последовательностей

- Стандартный соединитель типа SFP
- Минимальное число циклов соединения/рассоединения: 200

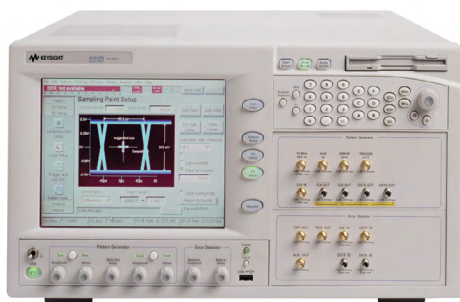
Детектор ошибок

- Дифференциальный электрический вход на передней панели
- Значения скоростей передачи данных те же, что и для генератора кодовых последовательностей
- Кодовые последовательности: ПСДП (PRBS): $2^7 - 1$, $2^{15} - 1$, $2^{23} - 1$, $2^{31} - 1$
- Вход данных: дифференциальный, связь по переменному току
- Макс. амплитуда входного сигнала: 1 В (размах), несимметричный, 2 В (размах), дифференциальный
- Восстановление тактового сигнала: встроенная функция восстановления тактового сигнала (CDR)
- Импеданс: 100 Ом (ном.), чувствительность: < 50 мВ
- Синхронизация: автоматическая по уровню, полярности, фазе, биту или кодовой комбинации

BERT последовательных шин N4906B-003 (до 3,6 Гбит/с) и N4906B-012 (до 12,5 Гбит/с)

www.keysight.com/find/n4906

- Превосходное соотношение между стоимостью и техническими характеристиками
- Изменяемая скорость передачи данных до 3,6 или 12,5 Гбит/с
- Время нарастания: < 25 пс
- Чувствительность по входу: < 50 мВ (размах)
- Быстрое измерение маски глазковой диаграммы для допускового тестирования (опция 101)
- Возможность генерации и анализа истинных дифференциальных данных
- Расширенный набор видов измерений (опция 101)
- Встроенная функция восстановления тактового сигнала (опция 102)
- Небольшие габаритные размеры экономят место на лабораторном столе или пространство в стойке
- Возможность дистанционного управления по шинам LAN, USB, GPIB
- Совместимость с существующими командами дистанционного управления, например, прибора 71612, приборов серий 86130A и N4900 компании Keysight
- Области применения: производственное тестирование, приёмопередатчики систем передачи данных, соответствующих стандартам SONET/SDH, Fibre Channel, 10GbE, XFP/XFI, пассивных оптических сетей (PON-OLT) и высокоскоростных последовательных компьютерных шин



BERT последовательных шин N4906B является тестером коэффициента битовых ошибок общего назначения, предназначенным для тестирования высокоскоростных компонентов и систем цифровой связи. Он является идеальным решением для экономически эффективного тестирования устройств передачи данных. Тестер N4906A можно заказать с опциями генератора кодовых последовательностей и детектора ошибок, работающих на скоростях передачи данных до 3,6 или 12,5 Гбит/с и обеспечивающих превосходное соотношение между стоимостью и техническими характеристиками.

Время нарастания < 25 пс обеспечивает точность измерений. Анализатор можно сконфигурировать со схемой восстановления тактового сигнала для тестирования интерфейсов без отдельной линии тактового сигнала и с истинными дифференциальными входными сигналами. Это позволяет тестировать интерфейсы с низковольтной дифференциальной передачей сигналов (LVDS) и другие интерфейсы с дифференциальными сигналами.

Небольшие габаритные размеры N4906B экономят пространство в стойке; интерфейсы LAN, USB и GPIB позволяют легко интегрировать его в автоматизированные испытательные системы. Для использования на лабораторном столе BERT последовательных шин N4906B предлагает интуитивно-понятный интерфейс пользователя с сенсорным экраном на базе операционной системы Windows XP.

Более глубокие возможности исследования характеристик устройств можно получить с помощью расширенного набора измерений. Он предлагает множество полезных средств анализа сигналов, таких как сканирование BER (так называемая U-образная кривая) с измерением общего джиттера и его разделением на составляющие RJ и DJ, измерение контура глазка, спектральная декомпозиция джиттера и многое другое.

Технические характеристики

Генератор кодовых последовательностей

- Рабочий диапазон:
 - от 9,5 до 12,5 Гбит/с (опция 012)
 - от 150 Мбит/с до 12,5 Гбит/с (опция 102)
 - от 150 Мбит/с до 3,6 Гбит/с (опция 003)
- Выход данных: 1, дифференциальный или несимметричный
- Амплитуда выходного сигнала: от 0,10 до 1,8 В с шагом 5 мВ
- Джиттер: 9 пс (размах) (тип.)
- Время нарастания: < 25 пс (от 10 до 90% и уровни ЭСЛ)
- Настройка точки пересечения: от 20 до 80%

Кодовые последовательности

- ПСДП (PRBS): $2^n - 1$, $n = 7, 10, 11, 15, 23, 31$
- Глубина памяти сигналов, определяемых пользователем: 32 Мбит

Детектор ошибок

- Рабочий диапазон:
 - от 9,5 до 12,5 Гбит/с (опция 012)
 - от 150 Мбит/с до 3,6 Гбит/с (опция 003)
 - от 150 Мбит/с до 12,5 Гбит/с (опция 102)
- Вход данных: 1, дифференциальный или несимметричный (опция 101 или 003)
- Настройка задержки: 1,5 нс
- Встроенная функция восстановления тактового сигнала (опция 102):
 - от 1,058 до 1,6 Гбит/с: полосы пропускания системы ФАПЧ 1 МГц (тип.)
 - от 2,115 до 3,2 Гбит/с: полосы пропускания системы ФАПЧ 2 МГц (тип.)
 - от 4,23 до 6,4 Гбит/с: полосы пропускания системы ФАПЧ 4 МГц (тип.)
 - от 9,9 до 10,9 Гбит/с: полосы пропускания системы ФАПЧ 8 МГц (тип.)
- Чувствительность: < 50 мВ

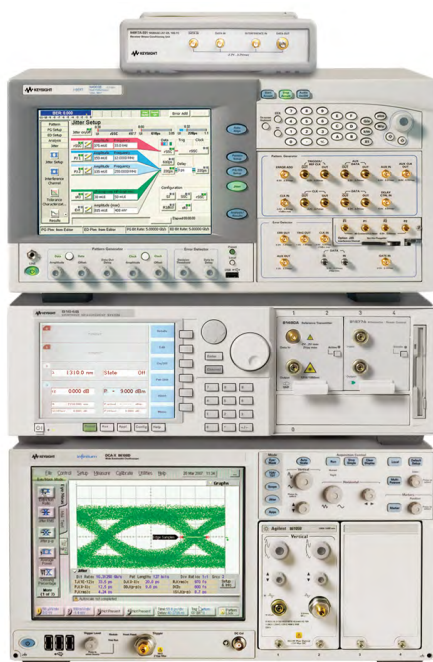
Виды измерений

- BER
- Быстрое измерение маски глазковой диаграммы с допусковым тестированием (опция 101)
- Сканирование BER с разделением составляющих джиттера RJ/DJ (опция 101)
- Быстрое измерение общего джиттера (опция 101)
- Спектральная декомпозиция джиттера (опция 101)
- Измерение контура глазка (опция 101)
- Выходной уровень (опция 101)
- Сбор данных о местоположении ошибочных битов (опция 101)

Решение для стрессового тестирования оптических приёмников N4917A

www.keysight.com/find/optical_stress

- Калиброванное внесение OMA (амплитуда оптической модуляции), ER (коэффициент гашения) и VECF (ухудшение, связанное с вертикальным закрытием глазка) для точных измерений
- Поддерживает множество стандартов: 10 Gb Ethernet -LR, -ER, -SR, 8 GFC, 10 GFC
- Автоматическое измерение зависимости BER от OMA экономит время разработки
- Воспроизводимые результаты благодаря использованию наборов принадлежностей компании Keysight
- Приемлемое по цене решение с одним опорным передатчиком для длин волн 1310 и 1550 нм, одномодовым
- Опорный приёмник для длины волны 850 нм, многомодовый



Законченное решение для стрессового тестирования оптических приёмников с целью обеспечения надёжности работы схем

Программное обеспечение калибровки и автоматизации N4917A компании Keysight обеспечивает повторяющиеся и калиброванные результаты при определении характеристик и тестировании устройств на соответствие требованиям стандартов. Инженеры в процессе разработки и испытаний могут теперь с высокой точностью тестировать оптические приёмопередатчики и приёмные оптические субблоки (ROSA) до 14,2 Гбит/с.

Полные, калиброванные и повторяющиеся результаты стрессового тестирования оптических приёмников

- Оптические приёмопередатчики и приёмные оптические субблоки (ROSA) до 14,2 Гбит/с
- 10 Gb Ethernet, Fibre Channel
- Тестирование на соответствие требованиям стандартов и определение характеристик
- Разработка и тестирование оптических запоминающих устройств и устройств связи

Калиброванное внесение ER, OMA и VECF

Программное обеспечение калибровки и автоматизации N4917A управляет всеми приборами и позволяет пользователю вводить значения ER, OMA и VECF, соответствующие требованиям стандартов.

Автоматическое определение характеристик и тестирование на соответствие требованиям стандартов

Сокращайте время программирования и тестирования с помощью автоматических измерений зависимости BER от OMA.

Воспроизводимые результаты тестирования

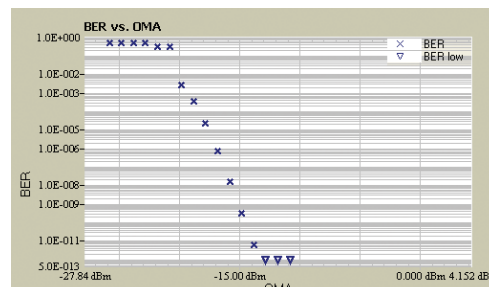
Значения VECF, OMA и ER калибруются с помощью анализатора сигналов цифровой связи 86100C/D семейства Infiniium, который управляется программным обеспечением калибровки и автоматизации N4917A. Воспроизводимые результаты тестирования можно получить в том числе на разных испытательных стендах, если использовать проверенные комплекты принадлежностей компании Keysight, которые включают все требуемые фильтры, адаптеры и кабели.

Доступное решение для длин волн 850, 1310 и 1550 нм

Опорный передатчик 81490A поддерживает многомодовые волоконно-оптические кабели для длины волны 850 нм и одномодовые волоконно-оптические кабели для длин волн 1310/1550 нм, сокращая за счёт этого объём испытательного оборудования при тестировании устройств, относящихся к нескольким стандартам.

ПО калибровки и автоматизации N4917A

Данное программное обеспечение управляет всеми измерительными приборами, которые используются для стрессового тестирования оптических приёмников. Оно направляет действия пользователя в процессе процедур установки параметров и калибровки прибора при использовании с анализатором сигналов цифровой связи 86100C/D семейства Infiniium.



Интерфейс пользователя позволяет выбрать либо стрессовое тестирование в соответствии с требованиями стандарта, либо собственные значения стрессового тестирования для ER, OMA, синусоидальных помех и синусоидального джиттера. Автоматическое измерение зависимости BER от OMA может быть выполнено и отображено в графическом формате на экране и задокументировано в виде отчёта о тестировании.

Программное обеспечение N4917A работает в тестере J-BERT N4903A/B или на внешнем ПК с операционной системой Windows XP.

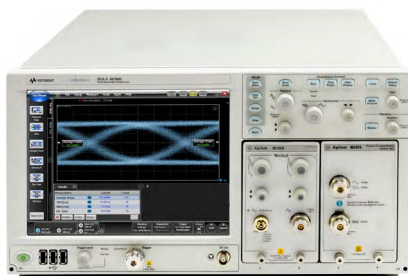
Состав решения для стрессового тестирования оптических приёмников:

- Программное обеспечение калибровки и автоматизации с комплектом принадлежностей для 10GbE и 8G/10G Fibre Channel N4917A
- Базовый блок системы для оптических измерений 8164B плюс:
 - Опорный передатчик:
 - 81490A-135 для длин волн 1310/1550 нм - для одномодовых волоконно-оптических кабелей
 - или
 - 81490A-E03 для длины волны 850 нм - для многомодовых волоконно-оптических кабелей
 - Оптический аттенуатор 81576A или серии 77
- Тестер J-BERT N4903A/B с опциями -C13, -J10, -J12, -J20
- Анализатор сигналов цифровой связи 86100C/D с модулями 86105B/C/D

Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D

www.keysight.com/find/dcax

Анализатор сигналов цифровой связи DCA-X 86100D - промышленный стандарт для определения параметров высокоскоростных сигналов передатчиков. Интегрированные калиброванные опорные приёмники оптических сигналов в сочетании со встроенным программным обеспечением для автоматического тестирования на соответствие требованиям стандартам являются ключевыми факторами для точных измерений.



DCA-X 86100D обеспечивает высокую точность измерений, широкие функциональные возможности и простоту использования. Кроме лидирующих в отрасли измерений характеристик целостности сигналов DCA-X обеспечивает:

Точное определение параметров оптических сигналов

DCA-X 86100D является идеальным измерительным прибором для исследования сигналов оптических приёмопередатчиков. Ряд сменных модулей со встроенными оптическими приёмниками обеспечивают высокую точность анализа сигналов. Опорные приёмники, соответствующие требованиям промышленных стандартов, обеспечивают надлежащую частотную характеристику для оценки на соответствие требованиям стандартов, таких как SONET/SDH, Ethernet, Fibre Channel и других. Возможность выбора сменных модулей позволяет создать конфигурацию, которая лучше всего подходит для тестирования конкретных приёмопередатчиков. Встроенные прикладные программы обеспечивают проведение следующих измерений:

- Автоматические испытания на соответствие маскам глазковых диаграмм промышленных стандартов
- Точное измерение параметров глазковых диаграмм, в том числе таких как коэффициент гашения, ширина и высота глазка, процент пересечения и так далее
- Высокая производительность и одновременное тестирование нескольких каналов для значительного снижения стоимости испытаний
- Одновременные испытания на соответствие маскам, использующие до 16 параллельных каналов для проведения до 64 параметрических измерений

Новые мощные возможности АНАЛИЗА

- Встроенная функция внесения/компенсации эффектов влияния схем при использовании лицензии на программное обеспечение InfiniiSim-DCA (опция 86100D-SIM)
- Расширенные функции обработки сигналов, такие как фильтрация, БПФ, дифференцирование и интегрирование
- Новые функции измерений, включающие измерение сокращения длительности импульса в зависимости от данных (DDPWS), некоррелированный джиттер (UJ), J2, J9 и многое другое

Улучшенное УДОБСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

- Двойной интерфейс пользователя:
 - FlexDCA — новый настраиваемый векторный интерфейс пользователя для измерений в режимах осциллографа, глазковых диаграмм и джиттера
 - традиционный интерфейс пользователя DCA-J для обеспечения 100%-ой обратной совместимости
- Настраиваемый интерфейс пользователя
- Одновременное отображение результатов до 64 измерений
- Настройка параметров измерений с помощью ОДНОЙ клавиши

Повышенная ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

- Встроенный имитатор сигналов с генератором случайного/периодического джиттера и шума
- Анализ сигналов в режиме реального времени или автономном режиме (при использовании программного обеспечения дистанционного доступа N1010A FlexDCA)

Платформа СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

- Поддержка до 16 каналов для тестирования специализированных СБИС/ПЛИС с высокой плотностью каналов и устройств с параллельными шинами. Новая опция 86100D-PTB интегрирует в базовый блок прецизионный опорный генератор, обеспечивающий сверхнизкий уровень джиттера при поддержке до 16 каналов
- Органы управления вертикальным отклонением и смещением, которые можно назначить для всех каналов и функций
- Функция многофункциональной клавиши, определяемая пользователем
- Функция аналоговой ручки управления, определяемая пользователем
- Центральный процессор с быстродействием в 3 раза выше, чем в DCA-J
- 100%-ая обратная совместимость со всеми модулями DCA

Повышение производительности в широком круге областей применения:

- Разработка и производство приёмопередатчиков
- Разработка и определение параметров специализированных СБИС/ПЛИС/ИС
- Измерение целостности сигналов при разработке устройств последовательных шин
- Кабели, печатные платы

Прецизионные измерения параметров высокоскоростных сигналов нажатием одной клавиши

- Режим осциллографа обеспечивает наиболее точные измерения параметров сигналов
- Режим глазковой диаграммы/испытаний на соответствие маске обеспечивает быстрое и точное тестирование приёмопередатчиков на соответствие требованиям стандартов
- Режим рефлектометра во временной области обеспечивает точное измерение импеданса и S-параметров. Время нарастания перепеда передаваемого сигнала рефлектометра не превышает 10 пс при использовании модуля с полосой пропускания 50 ГГц.
- Режим измерения амплитуды и джиттера обеспечивает всесторонний анализ характеристик сигналов

Мощные функции анализа, обеспечивающие возможность более глубокого исследования

- Встроенные функции внесения/компенсации эффектов влияния схем и выравнивания
- Анализ спектра джиттера и параметров систем ФАПЧ
- Анализ джиттера на длинных кодовых последовательностях, таких как PRBS31 (с использованием опции 401)
- Специализированные виды измерений и анализа, разработанные с помощью программного обеспечения MATLAB компании MathWorks

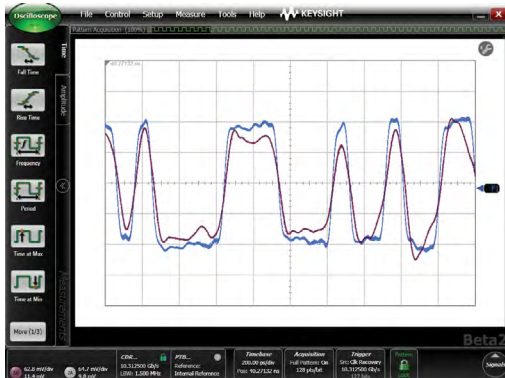
Самая низкая стоимость тестирования

- Модульная платформа поддерживает до 16 параллельных каналов
- Оптимизированные алгоритмы для производственного тестирования
- Модульная архитектура – пользователь приобретает только то, что ему необходимо в настоящий момент, возможность модернизации прибора в будущем
- Защита инвестиций — DCA-X 86100D обеспечивает 100%-ую обратную совместимость со всеми модулями DCA предыдущих поколений

Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D

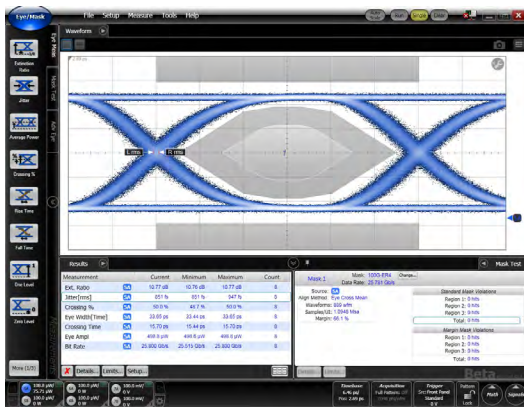
www.keysight.com/find/dcac

Режим осциллографа



Определение параметров сигнала с высокой точностью (фиолетовый цвет: необработанный сигнал, синий цвет: сигнал с компенсацией предискажений)

Режим глазковой диаграммы/тестирования по маске



Быстрое определение параметров передатчиков с использованием анализа глазковых диаграмм и автоматических измерений запасов до границ маски

Прецизионные измерения, возможности более глубокого анализа

Осциллограф DCA-X 86100D обеспечивает широкую аналоговую полосу пропускания, низкий уровень собственного джиттера и низкий уровень собственных шумов, что позволяет точно характеризовать параметры оптических и электрических устройств на скоростях передачи данных от 50 Мбит/с до более чем 80 Гбит/с. Базовый блок обеспечивает основу для мощных возможностей анализа и измерений, таких как компенсация эффектов влияния кабелей и устройств подключения, которые расширяют границы рабочего режима и позволяют инженерам выявить истинные характеристики тестируемых устройств.

Модульная архитектура

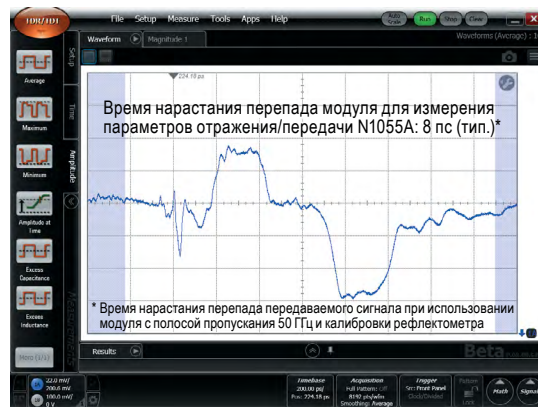
Модульная архитектура означает, что функциональные возможности прибора могут наращиваться по мере необходимости. Поэтому нет необходимости сразу приобретать прибор с функциями, которые в настоящий момент не требуются. Осциллограф DCA-X 86100D поддерживает широкий набор модулей для тестирования оптических и электрических устройств. Выберите модули, имеющие ширину полосы пропускания, возможности фильтрации и характеристики чувствительности, которые необходимы. Базовый блок поддерживает все модули семейства DCA, при этом обеспечивается 100%-ая обратная совместимость по коду с базовым блоком 86100C.

Режим измерения джиттера



Прецизионные возможности анализа джиттера, амплитудных и частотных параметров

Режим рефлектометра во временной области (TDR/TDT)



Точные измерения параметров передачи и отражения во временной области и S-параметров

Программное обеспечение

DCA-X 86100D предоставляет мощные возможности анализа, которые подключаются с помощью лицензируемых программных опций. Например, опция 86100D-200 предназначена для быстрого высокоточного анализа джиттера, а опция 86100D-SIM - для компенсации и/или внесения эффектов влияния устройств подключения и кабелей.

Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D

www.keysight.com/find/dcax

Особенностью осциллографа DCA-X 86100D являются два интерфейса пользователя для оптимального использования. Первый из них является традиционным интерфейсом пользователя DCA. Он обеспечивает полную обратную совместимость с ранее выпущенными моделями базовых блоков DCA. Кроме того, имеется новый интерфейс пользователя Flex-DCA, который обеспечивает новые виды измерений и мощные средства анализа в полностью настраиваемом приложении.

Из панели инструментов и ниспадающих меню доступны указанные ниже виды измерений. Перечень доступных видов измерений зависит от рабочего режима DCA-X.

Режим осциллографа

Виды измерений временных параметров

Длительность фронта, длительность среза, СКЗ джиттера, размах джиттера, период повторения, частота повторения, длительность положительного импульса, длительность отрицательного импульса, коэффициент заполнения, временной дельта-интервал, [значения времени, соответствующие точкам максимума, минимума и перепада - только с помощью команд дистанционного управления]

Виды измерений амплитудных параметров

Выброс за фронтом, средняя мощность, амплитудное значение, размах, СКЗ, уровень вершины, уровень основания, максимальное значение, минимальное значение, среднее значение, амплитуда оптической модуляции (OMA)

Режим глазковой диаграммы/тестирование по маске

Виды измерений глазка при кодировании без возврата к нулю (NRZ)

Коэффициент гашения, СКЗ джиттера, размах джиттера, средняя мощность, процент пересечения, длительность фронта, длительность среза, уровень единицы, уровень нуля, высота глазка, ширина глазка, отношение сигнал/шум (Q-фактор), искажение коэффициента заполнения, скорость передачи в битах, амплитуда глазка

Виды измерений глазка при кодировании с возвратом к нулю (RZ)

Коэффициент гашения, СКЗ джиттера, размах джиттера, средняя мощность, длительность фронта, длительность среза, уровень единицы, уровень нуля, высота глазка, амплитуда глазка, коэффициент раскрыва глазка, ширина глазка, длительность импульса, отношение сигнал/шум (Q-фактор), коэффициент заполнения, скорость передачи в битах, коэффициент контрастности

Тестирование по маске

Открытие маски (Open Mask), запуск тестирования по маске (Start Mask Test), выход из тестирования по маске (Exit Mask Test), фильтр (Filter), пределы тестирования по маске (Mask Test Margins), соотношение границ маски и процента попаданий (Mask Margin to a Hit Ratio), масштабирование маски (Mask Test Scaling), создание маски для кода без возврата к нулю (Create NRZ Mask)

Опции с расширенными возможностями измерений

Опции программного обеспечения 86100D обеспечивают расширенные возможности анализа. Опции 200, 201 и 300 требуют установки в базовом блоке опции 86100-ETR. Опция 202 не требует опции 86100-ETR. Опция 401 не требует установки опций ETR и 200, за исключением случая, когда требуется измерение DDPWS.

Программное обеспечение расширенного анализа джиттера (опция 200)

Виды измерений

Общий джиттер (TJ), случайный джиттер (RJ), регулярный джиттер (DJ), периодический джиттер (PJ), джиттер, зависящий от данных (DDJ), искажение коэффициента заполнения (DCD), межсимвольная интерференция (ISI), субскоростной джиттер (SRJ), частоты асинхронного периодического джиттера, составляющие субскоростного джиттера

FlexDCA добавляет следующие виды измерений:

Сокращение длительности импульса в зависимости от данных (DDPWS), некоррелированный джиттер (UJ), J2, J9

Режимы отображения данных

Гистограмма общего джиттера (TJ), гистограмма случайного/периодического джиттера (RJ/PJ), гистограмма джиттера, зависящего от данных (DDJ), составная гистограмма, зависимость джиттера DDJ от битовой позиции, U-образная кривая (логарифмическая шкала) или линеаризованная версия U-образной кривой (Q-Scale)

Расширенный анализ сигналов (опция 201)

Виды измерений

Сигналы с большой длиной записи; измерения, определяемые пользователем через интерфейс MATLAB

Режимы отображения данных

Скорректированный (выровненный) сигнал с компенсацией искажений

Расширенные возможности определения характеристик импеданса и S-параметров (опция 202)

Амплитудный анализ/RIN (относительная интенсивность шума)/Q-фактор (опция 300) (требуется опция 200)

Виды измерений

Суммарная интерференция (TI), детерминированная интерференция (двойная функция Дирака, DI), случайный шум (RN), периодическая интерференция (PI) и межсимвольная интерференция (ISI), относительная интенсивность шума (RIN) (дБм или дБ/Гц), Q-фактор

Режимы отображения данных

Гистограмма TI, гистограмма RN/PI, гистограмма ISI

Программное обеспечение для измерения параметров ФАПЧ и спектра джиттера (опция 400)

Измерения спектра джиттера/фазового шума

Интегральный джиттер: общий джиттер (TJ), случайный джиттер (RJ), регулярный джиттер (DJ); амплитуда/частота DJ, график спектра джиттера, график зависимости джиттера от времени, график зависимости частоты джиттера от времени, гистограмма джиттера, обработанные измерения джиттера, график зависимости фазового шума (дБн/Гц) от частоты

Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D

www.keysight.com/find/dcax

Измерения параметров ФАПЧ

Ширина полосы системы ФАПЧ (PLL Bandwidth), ВЧ-коррекция системы ФАПЧ (PLL Peaking), скорость передачи данных (Data Rate), график функции передачи джиттера (JTF), график функции передачи наблюдаемого джиттера (OJTF), модель функции передачи джиттера (JTF Model)

Расширенные возможности анализа глазка (опция 401)

Измерения джиттера

Общий джиттер (TJ), случайный джиттер (RJ), регулярный джиттер (DJ); джиттер J2 (J2), джиттер J9 (J9), сокращение длительности импульса в зависимости от данных (DDPWS)*

* требуется опция 86100D-200

Амплитудные измерения

Суммарная интерференция (TI), случайный шум (RN), детерминированная интерференция (DI), раскрыт глазковой диаграммы

Тестирование по маске

Состояние тестирования по маске (Pass/Fail Status), допустимая граница BER (BER limit)

Пакет повышения производительности (опция 500)

Повышает эффективность тестирования глазковой диаграммы на 40% или больше

InfiniiSim-DCA (опция SIM)

Внесение/компенсация эффектов влияния 2-портовых и 4-портовых цепей; добавление моделируемого случайного джиттера и шума

Режим рефлектометра во временной области (TDR/TDT) (требуется модуль TDR)

Быстрая рефлектометрия во временной области (Quick TDR); установка режима измерения параметров отражения/передачи (TDR/TDT)

Нормализация, измерение параметров отклика, длительности фронта, длительности среза, временного дельта-интервала, минимального импеданса, максимального импеданса, среднего импеданса (измерение несимметричных S-параметров и S-параметров смешанного режима с опцией 202)

Дополнительные возможности

Стандартные функции

Стандартные функции доступны через ниспадающие меню и программируемые клавиши; к некоторым функциям доступ возможен также с помощью органов управления передней панели

Маркеры

Два вертикальных и два горизонтальных маркера (по выбору пользователя)

Маркеры в режиме рефлектометра

- Горизонтальный — отсчет в секундах или метрах
- Вертикальный — отсчет в вольтах, омах или в процентах для коэффициента отражения.
- Характеристики распространения волны — диэлектрическая постоянная или скорость распространения

Допусковые испытания

- Задаваемые пределы, используемые при сборе данных
- Критерий завершения испытания — команда останова (Off), по завершении заданного числа циклов сбора данных сигнала (# of Waveforms), по завершении сбора заданного числа выборок (# of samples)
- Предоставление отчета по завершении испытания — сохранение сигнала в памяти, сохранение экранного изображения

Допусковые испытания для выбранного вида измерения

- Задание числа нарушений для останова допускового испытания
- Определение критерия нарушения — в заданных пределах (Inside Limits), вне заданных пределов (Outside Limits); нарушением считается любой результат измерения (Always Fail), никакой результат измерения не считается нарушением (Never Fail)
- Предоставление отчета о нарушениях: сохранение сигнала в памяти, сохранение экранного изображения, сохранение итоговых данных

Тестирование по маске

- Задание числа выборок, нарушивших условия тестирования по маске
- Предоставление отчета о нарушениях: сохранение сигнала в памяти, сохранение экранного изображения, сохранение итоговых данных

Конфигурирование измерений

Пороговые уровни

- 10%, 50%, 90% или 20%, 50%, 80% или заданные пользователем

Границы глазка

- Определение границ для измерения параметров глазка
- Определение границ для настройки

Единицы измерения

- Искажения коэффициента заполнения — время или проценты
- Отношение гашение/контраст — безразмерные относительные единицы, децибелы или проценты
- Высота глазка — амплитуда или децибелы (дБ)
- Ширина глазка — время или безразмерные относительные единицы
- Средняя мощность — ватты или децибелы (дБм)

Определение уровней вершины/основания

- Автоматическая или пользовательская установка

Определение временного дельта-интервала

- Номер первого перепада, направление перепада, пороговый уровень
- Номер второго перепада, направление перепада, пороговый уровень

Режим анализа джиттера

- Единицы измерения (время или единичный интервал (UI), ватты, вольты или единичная амплитуда)
- Тип сигнала (данные или тактовый сигнал)
- Измерения, базирующиеся на перепадах (все перепады, только положительные, только отрицательные)
- Формат отображения графиков (один/два/четыре графика)

Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D

www.keysight.com/find/dcax

Конфигурирование быстрых измерений

При использовании традиционного интерфейса DCA быстрые измерения ("Quick Measure") инициируются нажатием клавиши <Multi-Purpose> на передней панели.

- Четыре вида измерения для каждого режима работы прибора: Eye/Mask, TDR/TDT и так далее.
- Установки по умолчанию (режим Eye/Mask): коэффициент гашения, СКЗ джиттера, средняя мощность, процент пересечения
- Установки по умолчанию (режим Oscilloscope): длительность фронта, длительность среза, период повторения, амплитуда

Гистограммы

Конфигурирование

- Масштаб гистограммы (от 1 до 8 делений)
- Ось гистограммы (вертикальная или горизонтальная)
- Окно гистограммы (настраивается ручкой управления маркером)

Математические функции — традиционный интерфейс пользователя

- Четыре оператора функций: увеличение, инвертирование, вычитание, представление зависимости одного сигнала от другого, минимум, максимум
- Источник — измерительный канал, результат предыдущей математической операции, данные из памяти, константа, отклик на стимул (в режиме рефлектометра)

Обработка результатов измерения сигналов — FlexDCA

- Математические функции — сложение, вычитание, умножение, усреднение, инвертирование, максимум, минимум, медиана
- Обработка сигналов — разность (дифференцирование), суммирование (интегрирование), интерполяция (линейная, Sin(x)/x), фильтры: Бесселя 4-го порядка, Баттерворта, Гаусса
- Опция IRC — расширенный рабочий диапазон и улучшенная АЧХ оптических опорных приёмников
- Преобразования — БПФ, представление зависимости одного сигнала от другого
- Функция коррекции (опция 201) — линейный корректор с прямой связью (LFE, до 64 коэффициентов)
- Моделирование (опция SIM) — внесение и/или компенсация эффектов влияния схем, случайный джиттер, случайный шум

Калибровка

Полный набор калибровок

- Калибровка модуля (амплитуды)
- Калибровка горизонтальной оси (временной развёртки)
- Калибровка коэффициента гашения, пробника, оптического канала

Уровень выходного калибровочного сигнала на передней панели

- От -2 до 2 В по выбору пользователя

Конфигурирование/калибровка сенсорного экрана

- Калибровка
- Включение/выключение сенсорного экрана

Обновление программного обеспечения

- Расширение возможностей базового блока
- Расширение возможностей модуля

Дополнительные возможности

Автоматическое масштабирование сигнала

Автоматическое масштабирование обеспечивает быструю настройку масштаба отображения импульса и глазковой диаграммы (с кодированием с возвратом к нулю RZ и без возврата к нулю NRZ) по горизонтали и вертикали.

Стробированный запуск

Порт стробирования запуска позволяет упростить внешнее управление сбором данных для экспериментов с динамическими циклами или пакетными данными. Используйте ТТЛ-совместимые сигналы, чтобы регулировать, когда прибор должен выполнять сбор данных, а когда нет.

Упрощение процедуры калибровки

Калибровка прибора упрощается за счёт размещения всех индикаторов уровня производительности и процедур калибровки в диалоговом окне высокого уровня. Это обеспечивает уверенность в результатах измерений и экономии времени на обслуживание оборудования.

Тестирование методом стимул/отклик с помощью тестеров BERT N490X

Анализ частоты битовых ошибок представляет важнейшую часть тестирования устройств передачи цифровых данных. Осциллограф DCA-X 86100D и тестеры BERT N490XA имеют схожие интерфейсы пользователя и вместе образуют мощное решение для тестирования. Если требуются только тестовые сигналы, с 86100D можно использовать генераторы кодовых последовательностей 81133A и 81134A.

Переход от приборов 83480A и 86100A/B/C к DCA-X 86100D

Хотя DCA-X 86100D имеет новые мощные функциональные возможности, которых не было у его предшественников, он обеспечивает совместимость с анализаторами сигналов цифровой связи 86100A, 86100B, 86100C и 83480A, а также широкополосным осциллографом 54750A компании Keysight. Все модули, используемые в 86100A/B/C, 83480A и 54750A, могут также использоваться в DCA-X 86100D. Поскольку DCA-X 86100D включает классический интерфейс пользователя DCA, набор команд дистанционного управления, разработанный для 86100A/B/C, будет исполняться в DCA-X 86100D без изменений. При переходе от 83480A и 54750A потребуются некоторая модификация программных кодов, но набор команд построен так, чтобы свести к минимуму затрачиваемые усилия.

Средства программирования SCPI для FlexDCA

Для обеспечения более простой и быстрой разработки программ дистанционного управления интерфейс пользователя FlexDCA включает ряд средств программирования SCPI. Например, регистратор SCPI записывает взаимодействие пользователя с прибором (через переднюю панель осциллографа, мышь или сенсорный экран) и представляет эквивалентные команды программирования языка SCPI, используя всплывающее окно Record/Playback (запись/воспроизведение).

Драйверы IVI-COM

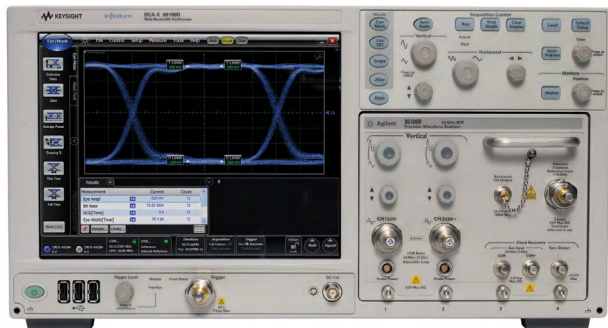
Взаимозаменяемые виртуальные приборы (Interchangeable Virtual Instruments, IVI) представляют собой систему новых спецификаций программного обеспечения для измерительных приборов, созданных ассоциацией IVI Foundation для упрощения взаимозаменяемости, повышения производительности приложения, снижения затрат на разработку и эксплуатацию программ тестирования путём повторного использования уже разработанных программных кодов. Драйверы IVI-COM для 86100D доступны для загрузки с веб-сайта компании Keysight.

Управление прибором через VXI-11.2 и VXI-11.3

DCA-X 86100D обеспечивает управление прибором по локальной сети (LAN).

Прецизионный анализатор сигналов 86108В

www.keysight.com/find/dcax



Образец точности и простоты использования для анализа высокоскоростных электрических сигналов цифровой связи

Наивысший уровень точности, обеспечиваемый характеристиками осциллографа:

- Сверхнизкий уровень остаточного джиттера < 50 фс (тип.)
- Широкая полоса пропускания
> 35 ГГц (опция LBW)
> 50 ГГц (опция HBW)
- Уменьшение задержки между тактовым сигналом и данными (задержка "0 нс")

Удобство установки параметров и использования:

- Выполнение измерений без использования внешнего сигнала запуска при одном подключении
- Автоматическая настройка для дифференциальной передачи сигналов последовательных шин, включая PCI-EXPRESS®, SATA, HDMI, DisplayPort, SFP+, 8 GFC, 10 GbE

Измерение параметров системы ФАПЧ/передачи джиттера:

- Гибкие возможности использования: вход/выход данных или тактового сигнала, от 50 Мбит/с до 2 Гбит/с или от 25 МГц до 16 ГГц
- Соответствие стандартам: одобрено организацией PCI SIG, SONET/SDH

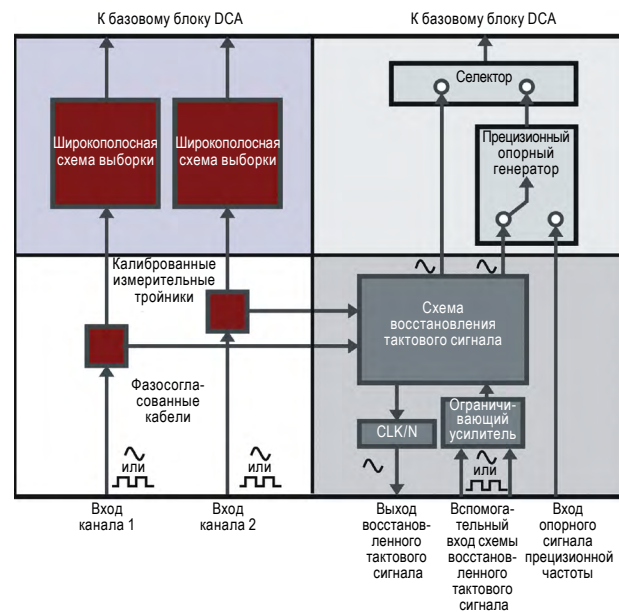
Встроенная схема восстановления тактового сигнала:

- Непрерывный диапазон скоростей передачи данных:
 - от 50 Мбит/с до 16 Гбит/с (опция 216)
 - от 50 Мбит/с до 32 Гбит/с (опция 232)
- Регулируемая ширина полосы пропускания системы ФАПЧ (LBW)/частота перехода Type-2 (ВЧ-коррекция)
 - Настройка ширины полосы пропускания образцовой системы ФАПЧ от 15 кГц до 20 МГц (зависит от скорости передачи данных)
 - ВЧ-коррекция от 0 до > 2 дБ (зависит от полосы пропускания)
- Превышает требования промышленных стандартов, касающиеся восстановления тактовых сигналов с распределённым спектром (SSC)

Прецизионный анализатор сигналов 86108В компании Keysight - сменный модуль, используемый с широкополосными осциллографами/анализаторами сигналов цифровой связи 86100C/D. Оптимальное сочетание сверхнизкого уровня джиттера, низкого уровня собственных шумов и широкой полосы пропускания делает 86108В идеальным выбором для разработки и тестирования устройств шин PCI-EXPRESS®, SATA, SAS, HDMI, DisplayPort, SFP+, Fibre Channel, CEI, Gb Ethernet и собственных устройств со скоростями передачи данных до 32 Гбит/с. Анализатор сигналов 86108В значительно превосходит возможности традиционного тестового оборудования и позволяет разработчикам быть уверенными в том, что сигнал, отображаемый на экране осциллографа, является точным представлением истинных характеристик устройств.

Новая архитектура обеспечивает высокую точность результатов измерений и удобство использования

Прецизионный анализатор сигналов 86108В объединяет два широкополосных канала, схему восстановления тактового сигнала измерительного класса с регулируемой шириной полосы пропускания системы ФАПЧ и ВЧ-коррекцией и прецизионный опорный генератор в одном приборе.



Результатом такого объединения является возможность получения самых точных в мире результатов осциллографических измерений из доступных в настоящее время решений. С помощью установки параметров, аналогичной той, которая используется в реальном времени осциллографах, 86108В предоставляет значительные преимущества по сравнению с традиционными стробоскопическими осциллографами. Архитектура 86108В фактически исключает задержку между запуском и выборкой, свойственную большинству стробоскопических осциллографов, и позволяет проводить точные и соответствующие требованиям стандартов измерения больших величин периодического джиттера (например, с распределённым спектром, SSC) без специально согласованных кабелей, использование которых приводит к ухудшению характеристик.

Полоса пропускания системы ФАПЧ/передачи джиттера и спектр джиттера

Встроенный фазовый детектор анализатора сигналов 86108В обеспечивает точное измерение полосы пропускания системы ФАПЧ, называемой иногда полосой передачи джиттера. Прикладная программа, работающая на внешнем ПК, управляет источником джиттера, чтобы сформировать модулированный тестовый сигнал для тестируемого устройства. Это решение одобрено организацией PCI Special Interest Group (PCI SIG) как соответствующее требованиям стандартов при тестировании ширины полосы пропускания системы ФАПЧ. С помощью этого быстрого измерения с гибкими возможностями можно также тестировать устройства, соответствующие стандарту SONET/SDH, а также другие системы ФАПЧ.

Таблица выбора модулей широкополосного осциллографа DCA-X 86100D

www.keysight.com/find/dcax

Матрица сменных модулей семейства 86100

Семейство 86100 включает большой набор сменных модулей, разработанных для исследования электрических и оптических сигналов, а также для измерения параметров передачи и отражения. Базовый блок семейства 86100 может содержать до 4 модулей, обеспечивающих в общей сложности до 16 измерительных каналов.

Модуль	Опция	Число оптических каналов	Число электрических каналов	TDR/TDT/S-параметры	Мощность пробника ¹	Диапазон длин волн (нм)	Полоса оптического канала без фильтрации (ГГц)	Полоса электрического канала (ГГц)	Волоконно-оптический вход (мм)	Чувствительность при испытаниях на соответствие маске (дБм)	Скорости передачи отфильтрованных данных																												
											155 Мбит/с	622 Мбит/с	1063 Мбит/с	1244/1250 Мбит/с	2125 Мбит/с	2488/2500 Мбит/с	2,666 Гбит/с	3,125 Гбит/с	4,25 Гбит/с	5,00 Гбит/с	6,25 Гбит/с	8,50 Гбит/с	9,953 Гбит/с	10,3125 Гбит/с	10,51875 Гбит/с	10,664 Гбит/с	10,709 Гбит/с	11,096 Гбит/с	11,317 Гбит/с	14,025 Гбит/с	25,80 Гбит/с	27,70 Гбит/с	28,025 Гбит/с	39,813 Гбит/с	41,250 Гбит/с	43,018 Гбит/с			
86105C ⁵	100 ²	1	1			750-1650	8,5	20	62,5	-20			•	•		•					•																		
	200	1	1			750-1650	8,5	20	62,5	-16											•	•			•	•	•	•											
	300 ²	1	1			750-1650	8,5	20	62,5	-16			•	•		•					•	•	•		•	•	•	•											
86105D ^{3,6}		1	1			750-1650	20	35	62,5	-12												•	•			•	•	•	•										
	100	1	1			750-1650	20	35	62,5	-12												•	•			•	•	•	•										
	200	1	1			750-1650	20	35	62,5	-12																													
	281	1	1			750-1650	34	50	62,5	-8																													
86115D ^{3,6}	002	2	0			750-1650	20		62,5	-12												•	•			•	•	•	•										
	102	2	0			750-1650	20		62,5	-12												•	•			•	•	•	•										
	142	2	0			750-1650	20		62,5	-12																													
	004 ⁵	4	0			750-1650	20		62,5	-11												•	•			•	•	•	•										
	104	4	0			750-1650	20		62,5	-11												•	•			•	•	•	•										
	144	4	0			750-1650	20		62,5	-11																													
	282	2	0			750-1650	34		62,5	-8																													
86116C ^{3,6}	025	1	1			1300-1620	45	80	9	-10																													
86116C ^{3,6}	041	1	1			1300-1620	65	80	9	-5																													
54754A		0	2			н/п		18																															
86108A ^{3,4}		0	2			н/п		32																															
86108B ^{3,4}	LBW	0	2			н/п		35																															
	HBW	0	2			н/п		50																															
86112A		0	2			н/п		20																															
	HBW	0	2			н/п		30																															
86117A		0	2			н/п		50																															
86118A		0	2			н/п		70																															
N1045A		0	2-4			н/п		60																															
N1055A		0	2-4			н/п		50																															

н/п - неприменимо

1. Модуль имеет розетку для подачи питания на внешний пробник.
2. Можно выбрать любые четыре скорости (от 155 Мбит/с до 6,25 Гбит/с).
3. Данный модуль несовместим с базовыми блоками анализаторов сигналов цифровой связи 86100A и 86100B. При необходимости модернизации более старых анализаторов сигналов цифровой связи следует обращаться в ближайшее представительство компании Keysight Technologies.
4. Модуль 86108A/B использует все гнезда для размещения модулей.
5. 4 оптических входных порта переключаются внутри на 2 преобразователя оптических сигналов в электрические.
6. Все модули с оптическими каналами могут использовать опцию -IRC для расширения эффективного рабочего диапазона. Опорные приёмники могут быть созданы на любой скорости передачи данных в пределах +/-50% от аппаратных возможностей. Опция IRC также корректирует недостатки аппаратных средств для обеспечения идеальной АЧХ опорного приёмника.

Генераторы импульсов/кодовых последовательностей Keysight - Руководство по выбору

www.keysight.com/find/ppg-selection-guide



Верхняя граница диапазона частот	120 МГц	165 МГц	330 МГц	330 МГц	400 МГц	660 МГц	3,35 ГГц	От 3,125 до 40 Гбит/с
Модель базового блока + интерфейс, 1 или 2 канала, соответственно	81150A (001/002)	81110A и 81111A	81110A и 81112A	81160A (001/002)	81130A и 81131A	81130A и 81132A	81133A (81134A)	 BERT N5980A до 3,125 Гбит/с
Число каналов	1 или 2				1 или 2			
Амплитуда (размах/50 Ом)	От 50 мВ до 10 В	От 100 мВ до 10 В	От 100 мВ до 3,8 В	От 50 мВ до 5 В	От 100 мВ до 3,8 В	От 100 мВ до 2,5 В	От 50 мВ до 2 В	 BERT N4962A до 12,5 Гбит/с
Время нарастания (от 10 до 90%)	От 2,5 нс до 1000 с	От 2 нс до 200 с	0,8 нс или 1,6 нс	От 1 нс до 1000 с	0,8 нс или 1,6 нс	550 пс (тип.)	< 90 пс	
Дифференциальный выход	Да	Нет	Да		Да			
Возможность запуска	Да				Ограниченная			
ПСДП (PRBS) (2 ⁿ – 1)	n = 7...31	n = 7...14		n = 7...31	n = 7...15		n = 5...31	 Многоканальный BERT N4965A до 12,5 Гбит/с
Глубина памяти	Сигналы произв. формы: 12 Кв/б Кодовые последовательности: 16 Мбит	16 Кбит/канал		Сигналы произв. формы: 256 Кв/б Кодовые последовательности: 4 Мбит	64 Кбит/канал		12 Мбит/канал	
Организация циклов с использованием сегментов	1 вложенный цикл, 1 внешний цикл			1 вложенный цикл, 1 внешний цикл	1 вложенный цикл, 1 внешний цикл			 Многоканальный ParBERT 81250 до 675 Мбит/с, 3,35, 7, 13,5 Гбит/с
Внесение джиттера	Модуляция			Модуляция			Вход управления задержкой	
Уровни LVDS	Да				Да		Да, встроенные	
Интерфейсы дистанционного управления	GPIO, LAN, USB	GPIO		GPIO, LAN, USB	GPIO		GPIO, LAN	 BERT N4903B до 7, 12,5 и 14,2 Гбит/с
Программное обеспечение дистанционного управления (информация об интеграции)	SCPI 1992.0, IVI-COM, NI LabView, Matlab, Keysight Waveform Builder Pro	SCPI 1992.0, NI LabView		SCPI 1992.0, IVI-COM, NI LabView, Matlab, Keysight Waveform Builder Pro	SCPI 1992.0		SCPI 1992.0, IVI-COM, NI LabView	 Многоканальный J-BERT M8020A, до 16 Гбит/с, 32 Гбит/с
Примечания	Генератор импульсов, кодовых последовательностей, сигналов стандартной/произвольной формы и шума Опция PAT	Законченный генератор кодовых последовательностей: серия ParBERT 81250A		Генератор импульсов, кодовых последовательностей, сигналов стандартной/произвольной формы и шума Опции 330, 660	Законченный генератор кодовых последовательностей: серия ParBERT 81250A			 N4876A, N4877A Мультиплексор, демультиплексор/схема для восстановления тактового сигнала, до 28,4 Гбит/с
	Суммирование сигналов двух каналов			Суммирование сигналов двух каналов	Суммирование сигналов двух каналов			 BERT N4960A до 17 и 32 Гбит/с

Предметный указатель каталога решений по измерениям в оптическом диапазоне

www.keysight.com/find/lightwave

Том-страница		Том-страница	
Оптические лазерные источники (TLS, DFB, FP)		Генераторы сигналов произвольной формы (AWG)	
Новый перестраиваемый лазерный источник 81606A - взгляд внутрь	I-4	Генератор сигналов произвольной формы, до 12 Гвыб/с	II-33
Модули перестраиваемых лазерных источников (TLS)	I-11	Генератор сигналов произвольной формы, до 65 Гвыб/с	II-35
Компактные модули перестраиваемых лазерных источников	I-13		
Перестраиваемые лазерные источники	I-16	Прецизионные устройства источников/измерителей (SMU)	
Модули лазерных источников с распределённой обратной связью (DFB)	I-18	Прецизионные устройства источников/измерителей (SMU)	II-37
Модули лазеров с резонатором Фабри-Перо (FP)	I-19	6,5-разрядные источники питания/источники сигналов с низким уровнем шумов	II-38
Измерители оптической мощности		Тестеры коэффициента битовых ошибок	
Многопортовый измеритель оптической мощности	I-20	Высокопроизводительный тестер BERT J-BERT M8020A	III-14
Высокочувствительный измеритель оптической мощности	I-21	Высокопроизводительный тестер последовательных шин J-BERT N4903B	III-25
Измерители оптической мощности	I-22	Параллельный тестер коэффициента битовых ошибок ParBERT 81250	III-27
Модули для измерения обратных потерь	I-26	BERT последовательных шин до 32 и 17 Гбит/с N4960A	III-16
Измерительные приборы формирования оптических сигналов		BERT последовательных шин до 12,5 Гбит/с N4962A и N4963A	III-19
Оптические аттенюаторы высокой мощности	II-14	Многоканальный BERT до 12,5 Гбит/с N4965A	III-20
Многоканальные оптические аттенюаторы	II-16	Многоканальный модульный BERT последовательных шин до 40 Гвыб/с N4967A	III-21
Оптические переключатели	II-18	BERT последовательных шин до 3,125 Гбит/с для производства N5980A	III-28
Многоволновые измерители длины волны оптических сигналов		BERT последовательных шин N4906B	III-29
Многоволновые измерители длины волны	I-34	Решение для стрессового тестирования оптических приёмников N4917A	III-30
Модули оптоэлектронных и электрооптических преобразователей		Генераторы ПСДП и делители тактового сигнала	
Быстродействующий оптоэлектронный преобразователь	II-31	Генераторы ПСДП	III-23
Оптический опорный передатчик	II-32	Делители тактового сигнала N4984A	III-23
Прикладное программное обеспечение и принадлежности		Мультиплексор и решение для восстановления тактовых сигналов	
Набор прикладных программ для фотонных измерений N7700A	I-10	Мультиплексор 2:1 с коррекцией предискажений и скоростью передачи данных до 32 Гбит/с	III-15
Оптические принадлежности и интерфейсы	I-36	Решение для восстановления тактовых сигналов	III-26
Приборы для измерения поляризации		Осциллографы (осциллографы и анализаторы сигналов цифровой связи)	
Анализаторы поляризации	I-27	Осциллографы серии Z семейства Infiniium	II-30
Анализатор коэффициента затухания поляризации (PER) и устройство термоклипирования	I-28	Широкополосный осциллограф DCA-X 86100D	III-31
Контроллеры поляризации	I-30	Прецизионный анализатор сигналов 86108B	III-36
Анализатор оптических компонентов	I-32		
Синтезатор поляризации для тестирования интегрированных интрадинных когерентных приёмников (ICR)	II-29		
Анализатор оптических компонентов (LCA)		Описания приложений	
Одномодовый анализатор оптических компонентов	II-19	Решения для оптических измерений со свипированием длины волны	I-6
Многомодовый анализатор оптических компонентов	II-22	Измерения быстро изменяющихся уровней оптической мощности	I-7
Анализатор оптической модуляции (OMA)		Метод сканирования состояний поляризации для измерения поляризационно-зависимых потерь (PDL) и коэффициента затухания поляризации (PER)	I-9
Анализатор оптической модуляции	II-23	Средства анализа оптической модуляции	II-4
Портативный анализатор оптической модуляции	II-24	Тестирование когерентных передатчиков и модуляторов	II-6
Тестирование интегрированных интрадинных когерентных приёмников (ICR)	II-26	Тестирование когерентных передатчиков на производстве	II-7
		Расширенные возможности исследования сигналов с модуляцией OFDM	II-8
		Возможности исследования форматов модуляции	II-9
		Ухудшение качества при передаче сигналов со сложными форматами модуляции	II-10
		Анализ оптических компонентов	II-13
		Оптимизация стоимости производственного тестирования	III-4
		Стрессовое тестирование оптических приёмников	III-5
		Тестирование приёмопередатчиков, используемых в сетях Fibre Channel	III-8
		Решение для тестирования пассивных оптических сетей (PON)	III-9
		Измерения параметров сигналов связи	III-10

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.



www.axiestandard.org

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



www.lxistandard.org

LAN eXtensions for Instruments (расширения LAN для измерительных приборов) добавляет возможности локальной сети Ethernet и Web в измерительные системы. Компания Keysight является членом-учредителем консорциума LXI.



www.pxisa.org

PCI eXtensions for Instrumentation (PXI) (расширения PCI для измерительных систем) - формат модульных измерительных приборов для создания высокопроизводительных измерительных и автоматизированных систем на базе ПК для жёстких условий эксплуатации.



Трёхлетняя гарантия

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение общей стоимости владения. Единственный производитель контрольно-измерительного оборудования, предлагающий стандартную трехлетнюю гарантию на все приборы по всему миру.



Планы обслуживания компании Keysight

www.keysight.com/find/AssurancePlans

До пяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что Ваше измерительное оборудование будет работать в соответствии с заявленными техническими характеристиками, а Вы будете уверены в точности своих измерений.



www.keysight.com/go/quality

Подразделение электронных измерений компании Keysight Technologies, Inc. сертифицировано компанией DEKRA на соответствие требованиям системы менеджмента качества ISO 9001:2008

Торговые партнеры компании Keysight

www.keysight.com/find/channelpartners

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

PCI-SIG®, PCIe® и PCI Express® - зарегистрированные в США торговые и/или сервисные марки PCI-SIG.
MIPI® и M-PHY® - зарегистрированные марки, принадлежащие MIPI Alliance.
D-PHY™ - зарегистрированная марка MIPI Alliance.

www.keysight.com/find/lightwave

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