

Комбинированные осциллографы

Серия MDO4000



Возможности и преимущества

Основные технические характеристики

- 4 аналоговых канала
 - модели с полосой пропускания 500 МГц и 1 ГГц
- 16 цифровых каналов
 - режим высокоскоростного захвата MagniVu™ обеспечивает разрешение по времени 60,6 пс
- 1 радиочастотный канал
 - модели с диапазонами частот от 50 кГц до 3 ГГц или 6 ГГц
 - сверхширокая полоса захвата — более 1 ГГц
- Пассивные пробники с входной ёмкостью 3,9 пФ и полосой пропускания 500 МГц или 1 ГГц в стандартной комплектации

Комбинированный анализ

- Коррелированный по времени захват аналоговых, цифровых и радиочастотных (РЧ) сигналов с помощью одного прибора
- Панель управления Wave Inspector® обеспечивает простую навигацию по коррелированным по времени данным как во временной, так и в частотной области
- Построение зависимости амплитуды, частоты и фазы от времени для сигналов, полученных с РЧ входа
- Возможность выбора пользователем времени расчёта спектра (функция «Spectrum Time») позволяет наблюдать и анализировать изменение спектра во времени — даже в сохранённом сигнале

Простота использования

- Яркий цветной дисплей XGA с диагональю 10,4 дюйма (264 мм)
- Малые габаритные размеры и небольшой вес — всего 147 мм в глубину при массе 5 кг

Анализ спектра

- Специализированные органы управления на передней панели для самых распространённых задач
- Автоматический пиковый маркер для определения частоты и амплитуды пиков спектра
- Ручные маркеры обеспечивают измерение не пиковых параметров сигнала
- Используемые типы трасс: нормальная, усреднение, удержание максимума, удержание минимума
- Типы детекторов: положительный пик, отрицательный пик, усреднение, выборка
- Режим спектрограмм облегчает визуальный контроль и анализ медленно изменяющихся событий
- Автоматические измерения мощности сигнала в канале, коэффициента развязки соседних каналов по мощности и ширины занимаемой полосы частот (OBW)
- Запуск по уровню мощности в РЧ канале
- Возможность проведения анализа автономно или по запуску

Возможности подключения

- Два хост-порта USB 2.0 на передней и два на задней панели облегчают и ускоряют сохранение данных, распечатку и подключение USB клавиатуры
- Порт USB 2.0 (клиент) на задней панели упрощает подключение к ПК и обеспечивает прямую распечатку на принтере, совместимом с технологией PictBridge®
- Встроенный порт Ethernet 10/100/1000 Base-T для подключения к локальным сетям и видеовыход для вывода изображения с экрана осциллографа на монитор или проектор

Дополнительные возможности по запуску и анализу сигналов последовательных шин

- Функции запуска, декодирования и поиска в сигналах последовательных шин I²C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553 и I²S/LJ/RJ/TDM

Дополнительное программное обеспечение

- Расширенный запуск по РЧ сигналам
- Анализ мощности
- Тестирование по пределам и по маскам
- Анализ сигналов HDTV и нестандартных видеосигналов

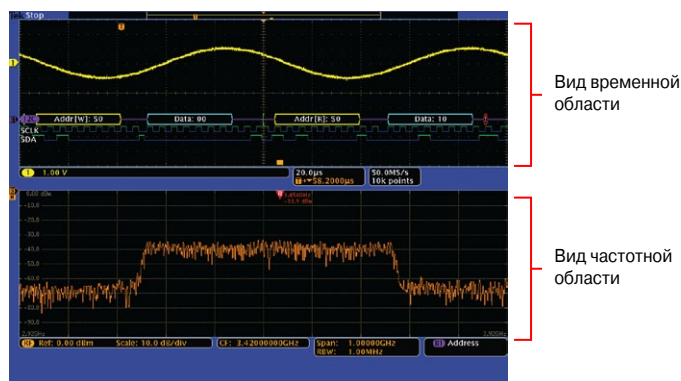
Представляем комбинированный осциллограф

Комбинированные осциллографы серии MDO4000 — это первые и единственные в мире осциллографы со встроенным анализатором спектра. Впервые пользователь имеет возможность захватывать коррелированные по времени аналоговые, цифровые и радиочастотные сигналы, что позволяет получить полное представление о функционировании тестируемого устройства. Теперь можно рассматривать сигналы одновременно во временной и частотной областях. Возможность постоянно отслеживать спектр РЧ сигнала позволяет контролировать его изменения как во времени, так и в зависимости от состояния тестируемого устройства. С помощью комбинированного осциллографа MDO4000 самые сложные проблемы разработки электронных устройств будут решены быстро и эффективно.

Новые приборы построены на базе ставших отраслевым стандартом осциллографов серии MSO4000B. Теперь, чтобы исследовать сигнал в частотной области, вы можете использовать самый популярный инструмент — осциллограф, вместо того, чтобы искать и заново осваивать анализатор спектра. При этом функциональные возможности осциллографов серии MDO не ограничены простым отслеживанием сигналов в частотной области, что позволяет делать и обычные анализаторы спектра. Бесспорным преимуществом новых приборов является их способность соотносить явления в частотной области с вызывающими их событиями во временной области.

Если в осциллографе задействованы одновременно радиочастотный и любой из аналоговых или цифровых каналов, дисплей прибора делится на две части. Верхняя часть служит для традиционного представления сигналов во временной области. В нижней части отображается сигнал с РЧ входа в частотной области. Особо подчеркнём, что представление сигнала в частотной области является не обычным быстрым преобразованием Фурье (БПФ) сигналов с аналоговых или цифровых каналов прибора, а полноценным спектром сигнала, полученного с РЧ входа.

Спектр, отображаемый в частотной области, соответствует периоду времени, обозначенному короткой оранжевой полосой, которая расположена во временной области и называется



Верхняя часть дисплея осциллографа серии MDO4000 служит для отображения во временной области сигналов, поступающих на аналоговые и цифровые каналы, в то время как нижняя часть дисплея может использоваться для представления в частотной области сигнала с РЧ входа. Оранжевая полоса — индикатор «Spectrum Time» — указывает на период времени, используемый для расчёта РЧ спектра.

«временем спектра» (Spectrum Time, ST). Осциллограф серии MDO4000 позволяет перемещать индикатор ST по захваченному сигналу, в результате чего имеется возможность исследовать изменение спектра РЧ сигнала во времени. Следует отметить, что использование ST возможно как на «живом», так и на сохранённом сигнале.

На рисунках 1-4 показано выполнение простой повседневной прикладной задачи — настройка и регулировка генератора, управляемого напряжением (ГУН) и системы с фазовой автоматической подстройкой частоты (ФАПЧ). Эта задача позволяет проиллюстрировать возможности осциллографов серии MDO4000 по корреляции событий во временной и частотной областях. Благодаря широкой полосе захвата и возможности перемещения индикатора ST по сигналу, комбинированный осциллограф за один захват собирает столько же данных, сколько их содержится примерно в 1 500 настроек и сигналов, захватываемых обычным анализатором спектра. С помощью новых приборов впервые обеспечивается чрезвычайно простое сопоставление событий в частотной и временной областях, наблюдение их взаимодействий или измерение временных задержек между ними, что позволяет быстро разобраться в нюансах функционирования разрабатываемого устройства.

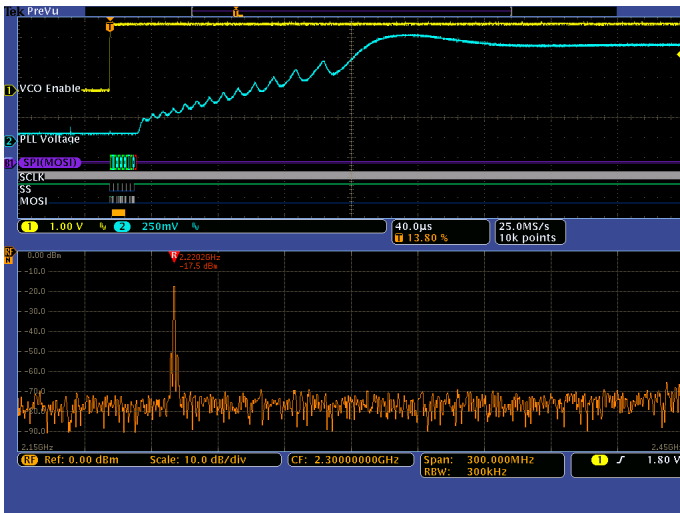


Рис. 1. Представление во временной и частотной областях сигнала включения ГУН/ФАПЧ. На канал 1 (жёлтая осциллограмма) подан сигнал, запускающий ГУН. Осциллограмма канала 2 (голубая) отображает сигнал напряжения ФАПЧ. Сигнал шины SPI, по которой производится программирование ГУН/ФАПЧ на нужную частоту, поступает на три цифровых канала и автоматически декодируется. Обратите внимание, что индикатор ST расположен после момента запуска ГУН и совпадает по времени с командами шины SPI, задающими нужную частоту ГУН/ФАПЧ.

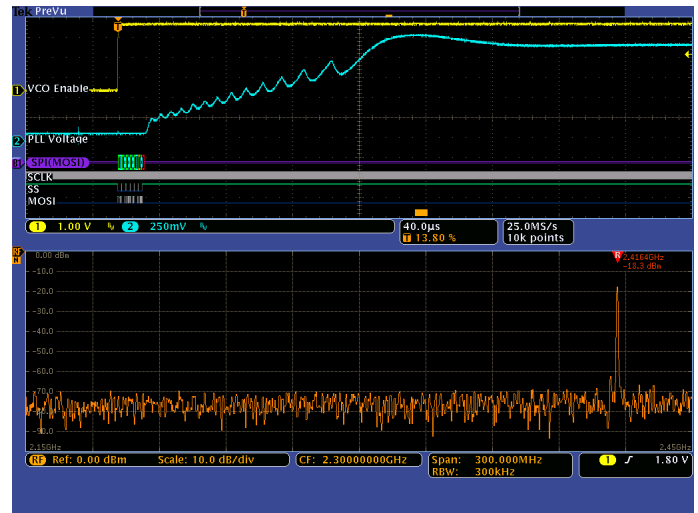


Рис. 3. Индикатор ST перемещён ещё на 120 мкс вправо. В этой точке спектр сигнала свидетельствует о том, что ГУН/ФАПЧ фактически «проскочил» заданное значение частоты, величина которой теперь равна 2,4164 ГГц.

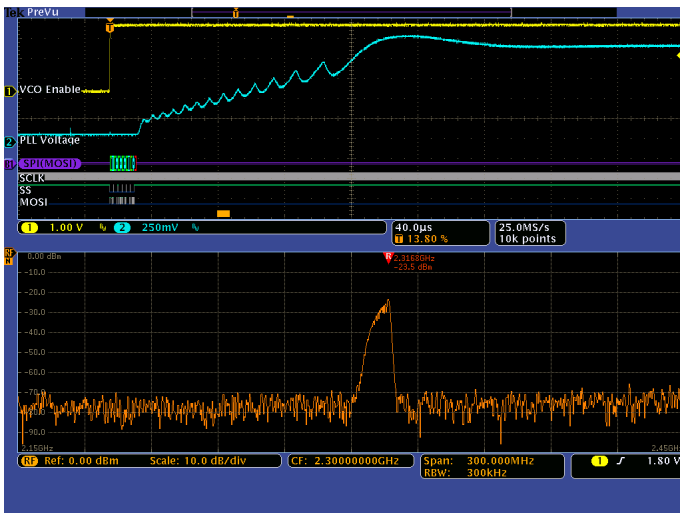


Рис. 2. Индикатор «Spectrum Time» перемещён примерно на 60 мкс вправо. В этой точке спектр сигнала свидетельствует о том, что ГУН/ФАПЧ находится в процессе настройки на заданную частоту (2,400 ГГц). В данный момент частота равна 2,3168 ГГц..

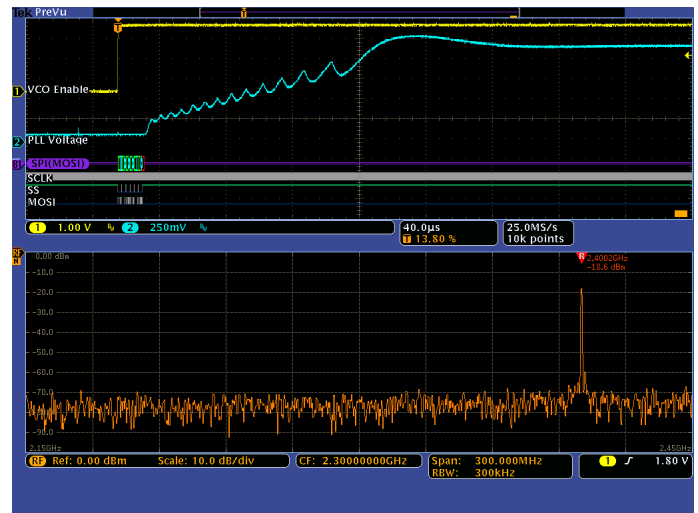
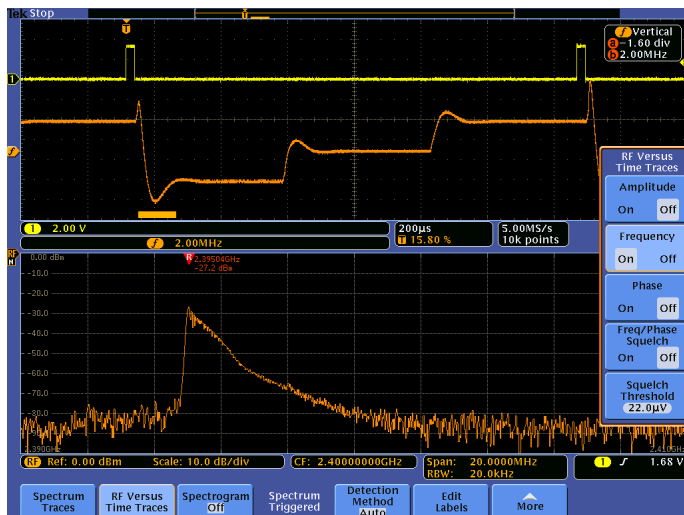


Рис. 4. В конечном итоге примерно через 340 мкс после запуска ГУН система ГУН/ФАПЧ настраивается на требуемое значение частоты 2,400 ГГц.



Оранжевая осциллограмма, отображаемая во временной области, представляет собой график зависимости частоты от времени для сигнала, подаваемого на РЧ вход. Обратите внимание, что индикатор ST расположен в области перехода с высшей частоты на низшую, таким образом, энергия распределена между несколькими частотами. С помощью графика зависимости частоты от времени можно легко отслеживать различные скачки частоты, что упрощает описание поведения устройства при переключении между частотами.

Визуализация РЧ сигнала

Окно временной области дисплея осциллографа серии MDO4000 обеспечивает отображение трёх осциллограмм, которые получаются из основных I и Q параметров сигнала, подаваемого на РЧ вход:

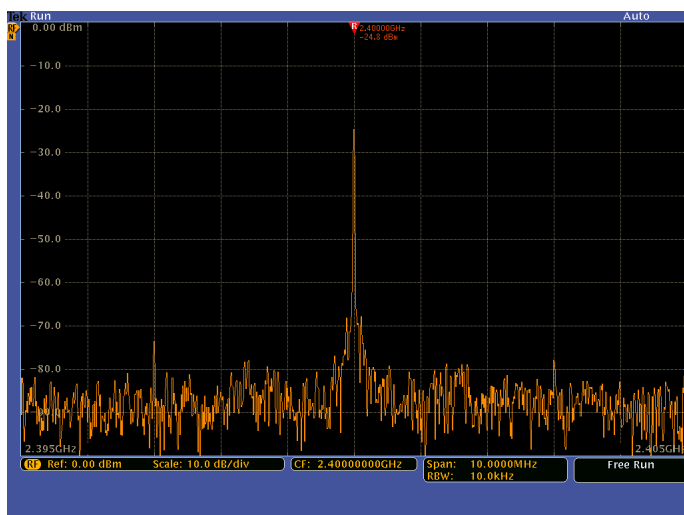
- амплитуда — график зависимости мгновенных значений амплитуды подаваемого на РЧ вход сигнала от времени;
- частота — график зависимости от времени мгновенных значений частоты РЧ сигнала относительно центральной частоты;
- фаза — график зависимости от времени мгновенных значений фазы РЧ сигнала относительно центральной частоты.

Все три осциллограммы могут отображаться на дисплее одновременно, причём каждая из них может быть включена или выключена независимо от других осциллограмм. Представление РЧ осциллограмм во временной области помогает лучше понять поведение изменяющегося во времени радиочастотного сигнала.

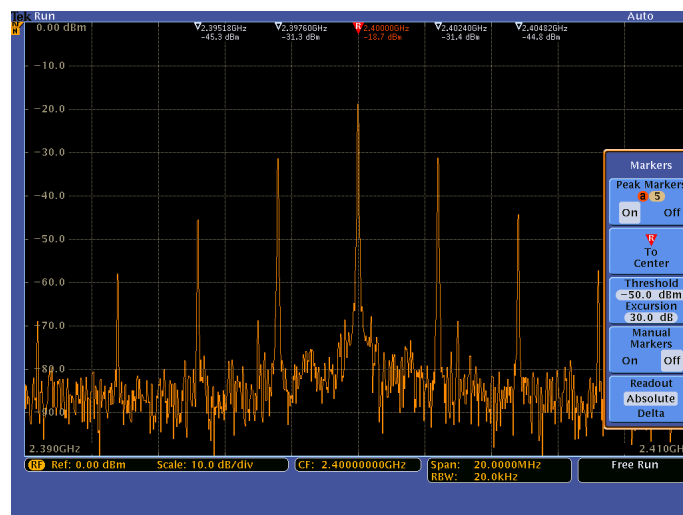
Расширенные возможности запуска

Для работы с быстро изменяющимися во времени сигналами, свойственными современным РЧ приложениям, осциллографы серии MDO4000 оснащены системой запуска, которая полностью интегрирована с РЧ, аналоговыми и цифровыми каналами. Это означает, что одно событие запуска позволяет согласовать сбор данных сразу по всем каналам, в результате чего можно захватить спектр точно в тот момент времени, в который произошло интересное событие во временной области. Приборы оснащены полным набором режимов запуска во временной области, включая запуск по фронту, последовательности, длительности импульса, времени ожидания, вырожденным импульсам (рантам), логическим состояниям, нарушению времени установки/удержания, времени нарастания/спада, видеосигналу, а также различными типами запуска по пакетам последовательных и параллельных шин. Кроме того, можно настроить запуск по уровню мощности на РЧ входе. В качестве примера можно привести осуществление запуска по событию включения РЧ передатчика.

Дополнительный модуль MDO4TRIG обеспечивает расширенные возможности запуска по РЧ сигналам. Этот модуль позволяет использовать уровень мощности на РЧ входе в качестве источника для различных типов запуска: по последовательности, длительности импульса, времени ожидания, вырожденным импульсам (рантам) и логическим состояниям. Так, в частности, можно осуществлять запуск по РЧ импульсу определённой длительности или использовать РЧ канал в качестве входа для запуска по логическим состояниям, что позволяет запускать осциллограф только тогда, когда и РЧ, и остальные сигналы активны.



Отображение частотной области на экране MDO4000.



Автоматические маркеры пиковых значений позволяют быстро обозначать важную информацию. На рисунке показаны пять самых высоких амплитудных пиков, превышающих пороговые значения и величину показателя отклонения и автоматически обозначенные маркерами.

Удобные интеллектуальные маркеры

В традиционных анализаторах спектра включение и размещение достаточно большого количества маркеров для обозначения всех представляющих интерес пиков может стать довольно трудоёмкой и утомительной задачей. Осциллографы серии MDO4000 делают этот процесс намного более эффективным благодаря возможности автоматической расстановки маркеров на пики и отображения значений частоты и амплитуды для каждого пика. Критерии, используемые для определения, что является пиком, могут настраиваться пользователем.

Маркер, обозначающий самый высокий пик, называется опорным (контрольным) маркером и выделяется красным цветом. Отображаемые возле маркеров параметры пика могут выводиться в виде либо абсолютных значений (режим «Absolute»), либо относительных (режим «Delta»). В режиме «Delta» отображаются значения частоты и амплитуды пика относительно опорного маркера.

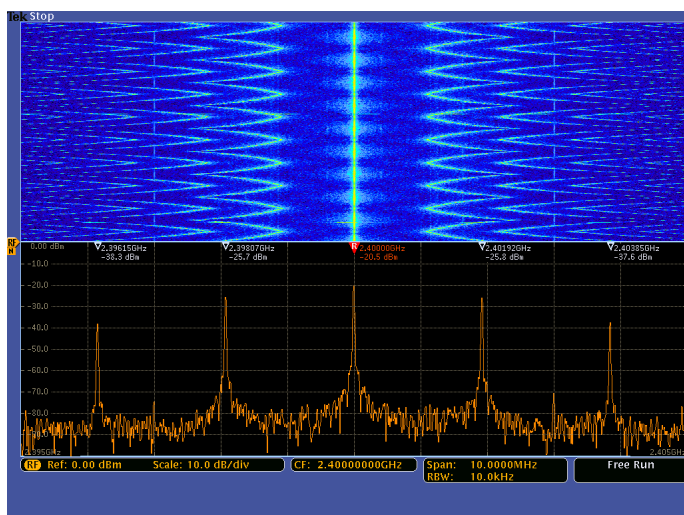
Для проведения измерений не пиковых участков спектра можно воспользоваться двумя ручными маркерами. При их включении один из ручных маркеров выполняет роль опорного маркера, что позволяет проводить измерения в любой части спектра. В зависимости от выбранного режима («Absolute» или «Delta»), помимо значений частоты и амплитуды показания ручных маркеров могут также включать значения плотности шумов и фазовых шумов. С помощью функции «Reference Marker to Center» («Опорный маркер в центр») можно мгновенно переместить частоту, обозначенную опорным маркером, в положение центральной частоты.



Основные параметры спектра могут быть быстро настроены с помощью специализированных органов управления на передней панели.

Быстрый и точный анализ спектра

При использовании только радиочастотного входа дисплей осциллографа серии MDO4000 переходит в режим полноэкранного отображения частотной области. Все основные параметры спектра, такие как центральная частота, полоса обзора, опорный уровень и полоса разрешения, могут быть легко и быстро настроены с помощью специализированных кнопок меню и цифровой клавиатуры на передней панели.



В режиме спектрограммы отображаются медленно изменяющиеся события в РЧ сигналах. На данном рисунке показан сигнал с несколькими пиками. По мере изменения во времени значений частоты и амплитуды этих пиков, эти изменения легко отслеживаются на спектрограмме.

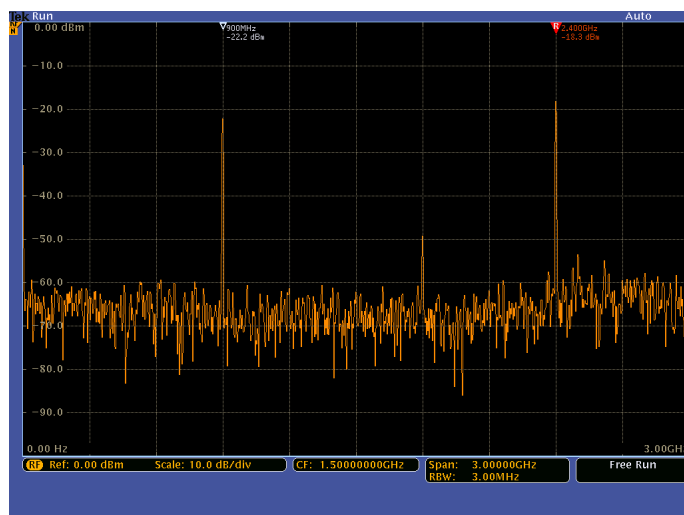
Спектрограмма

Осциллографы серии MDO4000 позволяют отображать спектры в виде спектрограммы, которая является идеальным средством для отслеживания медленно изменяющихся событий в РЧ сигналах. По оси X откладываются значения частоты (как на обычном графике представления спектра), по оси Y — время, а цветом обозначается амплитуда.

Слои спектрограммы формируются следующим образом. Берётся один захваченный спектр и «ставится на ребро», образуя ряд высотой один пиксель. Каждому пикселю ряда присваивается значение цвета, которое зависит от величины амплитуды каждой частотной составляющей спектра. Холодные цвета (синий, зелёный) соответствуют малым значениям амплитуды, а тёплые (жёлтый, красный) — более высоким. Каждый следующий захват добавляет новый слой в нижней части спектрограммы, при этом предшествующие слои сдвигаются на один ряд вверх. Когда сбор данных прекращается, пользователь может прокрутить обратно всю спектрограмму и посмотреть любой отдельный спектр.

Режим работы: с запуском или автономный?

Когда временная и частотная области отображаются на экране одновременно, захват спектра всегда осуществляется с запуском по событию синхронизации, при этом спектр коррелирован по времени с осциллограммами во временной области. Однако если на дисплее отображается только частотная область, РЧ вход может быть настроен на работу в автономном режиме. Этот режим полезен в случаях, когда данные в частотной области непрерывны и не связаны с событиями во временной области.



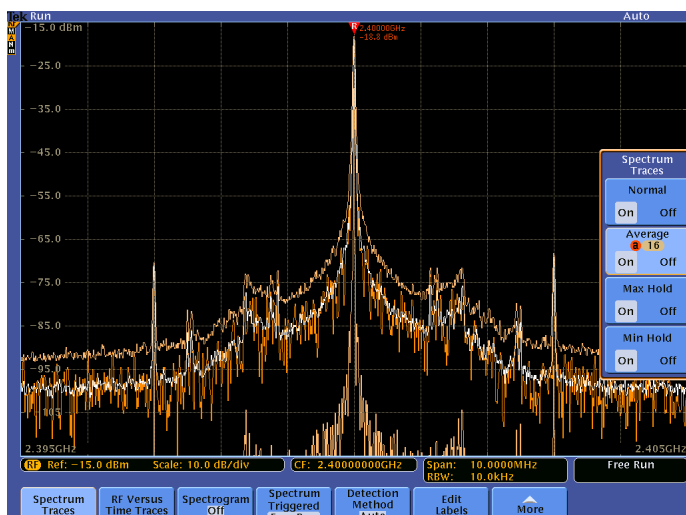
Отображение спектров сигналов пакетной передачи данных от устройства Zigbee на частоте 900 МГц и устройства Bluetooth на частоте 2,4 ГГц, полученных за один захват.

Сверхширокая полоса захвата

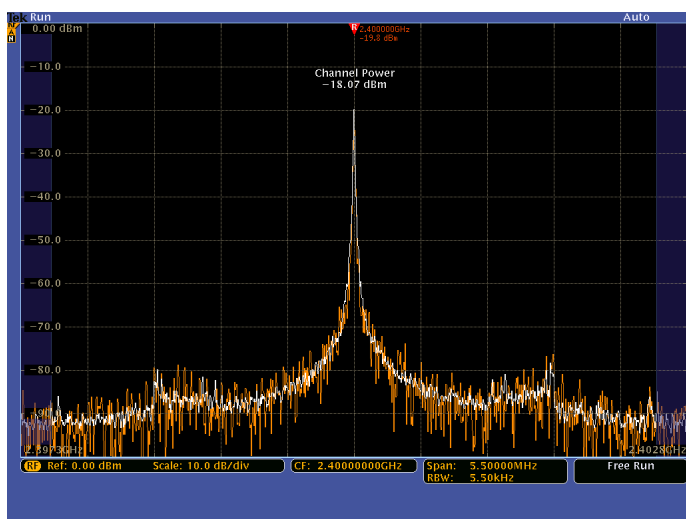
Современные средства беспроводной связи меняются очень быстро. В них зачастую используются технологии, которые включают в себя пакетную передачу данных, а также сложные схемы цифровой модуляции. Эти виды модуляции имеют очень широкий диапазон частот. Традиционные анализаторы спектра последовательного (сканирующие) или параллельного (дискретные) типа плохо приспособлены для исследования таких сигналов, так как они могут видеть лишь узкую часть спектра в каждый момент времени.

Ширина спектра, захватываемого за один цикл сбора данных, называется полосой захвата. Традиционные анализаторы спектра сканируют полосу захвата в пределах установленного диапазона для построения нужного изображения. В результате, пока анализатор захватывает и обрабатывает один участок спектра, представляющее интерес событие может произойти в другой части спектра. Большая часть анализаторов спектра, доступных сегодня на рынке, имеют полосу захвата 10 МГц, иногда с помощью дорогостоящих опций она может быть расширена до 20, 40 или даже 140 МГц.

Чтобы соответствовать требованиям современных РЧ приложений по ширине полосы частот, осциллографы серии MDO4000 обеспечивают полосу захвата более 1 ГГц. При установке значения полосы обзора 1 ГГц и менее сканирование всего диапазона не требуется. Спектр генерируется из данных, полученных за один захват, таким образом обеспечивается гарантия того, что вы увидите все события, которые искали в частотной области.



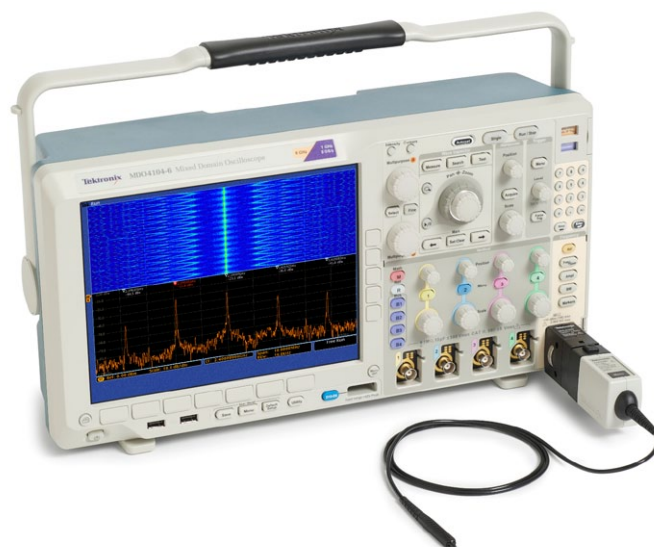
Используемые типы трасс спектра: нормальная, усреднение, удержание максимума, удержание минимума.



Автоматическое измерение мощности в канале.

Трассы спектра

Приборы серии MDO4000 обеспечивают четыре режима отображения спектра (типа трасс) сигналов с РЧ входа: нормальный, усреднение, удержание максимума, удержание минимума. Метод детектирования может быть установлен независимо для каждого типа трассы. Кроме того, можно оставить осциллограф работать в режиме «Auto», который



Дополнительный адаптер TPA-N-VPI обеспечивает подключение любого активного 50-омного пробника TekVPI к РЧ входу.

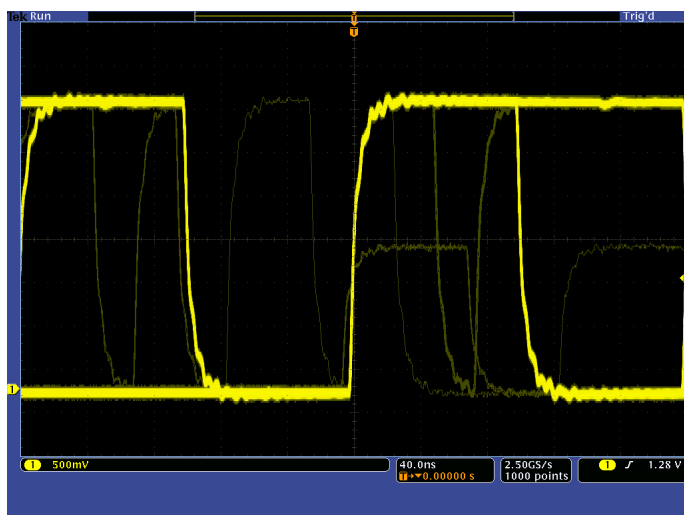
используется по умолчанию и позволяет автоматически устанавливать тип детектирования, оптимальный для текущей конфигурации. Доступны следующие типы детекторов: положительный пик, отрицательный пик, усреднение и выборка.

РЧ измерения

Осциллографы серии MDO4000 позволяют проводить три вида РЧ измерений: мощности сигнала в канале, коэффициента развязки соседних каналов по мощности и ширины занимаемой полосы частот. При активации какого-либо из этих режимов измерений осциллограф автоматически включает режим отображения спектра и метод детектирования «Усреднение» («Average») для оптимизации результатов измерений.

Возможности подачи РЧ сигналов на вход

Возможности подачи сигналов на РЧ вход в анализаторах спектра обычно ограничены возможностью подключения кабелей или антенн. В осциллографах серии MDO4000, благодаря дополнительному адаптеру TPA-N-VPI, для этих целей может использоваться любой активный пробник TekVPI с входным сопротивлением 50 Ом. Это обеспечивает дополнительную гибкость при поиске источников помех и позволяет облегчить анализ спектра благодаря возможности поиска и просмотра сигналов на РЧ входе.



Обнаружение — Высокая скорость захвата сигналов (свыше 50 000 осциллограмм в секунду) максимально повышает вероятность обнаружения кратковременных глитчей и других редко происходящих событий.

Созданы на базе отмеченных наградами осциллографов смешанных сигналов серии MSO4000B

Осциллографы серии MDO4000 обеспечивают тот же полный спектр возможностей, что и их прототип — осциллографы смешанных сигналов серии MSO4000B. Широкий набор функций позволяет ускорить проведение всех этапов отладки — от быстрого обнаружения аномалии и её захвата до поиска событий в записанных сигналах и анализа их характеристик и поведения разрабатываемого устройства.

Обнаружение

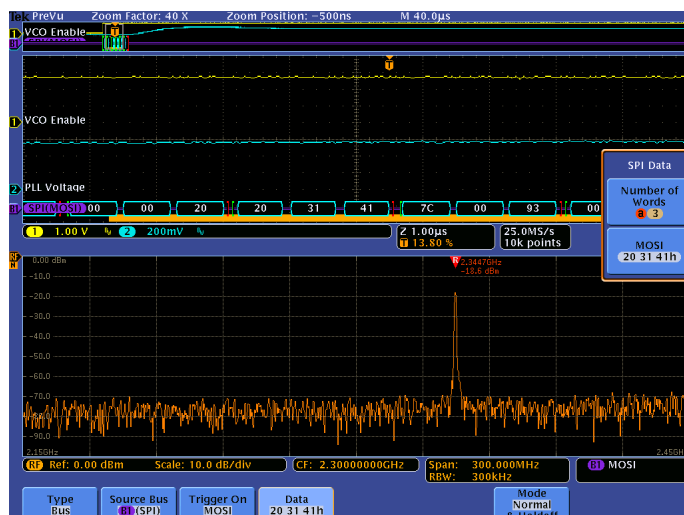
Для того чтобы устранить неполадку, сначала нужно узнать, что она существует. Каждому инженеру-конструктору приходится тратить массу времени на поиск неисправностей в разрабатываемом устройстве, что, при отсутствии подходящих средств отладки, превращается в весьма утомительный и трудоёмкий процесс.

Осциллографы серии MDO4000 предлагают самый полный в отрасли набор средств для отображения сигналов, который позволяет быстрее и глубже проникнуть в природу процессов, протекающих в устройстве. Высокая скорость захвата сигналов — более 50 000 осциллограмм в секунду — позволяет наблюдать глитчи и другие редкие импульсные помехи, что способствует определению истинных причин сбоев, возникающих при работе устройства. Дисплей с цифровым люминофором с градацией яркости даёт возможность отображать динамику изменения сигнала, так как участки осциллограммы, где сигнал появляется чаще, имеют большую яркость, что позволяет визуально оценивать частоту появления аномалий.

Захват

Обнаружение неисправностей устройства — это лишь первый шаг. Теперь нужно захватить интересующее событие, чтобы можно было установить причину его возникновения.

Точный захват любого сигнала обеспечивается правильным подбором пробников. Осциллографы серии MDO4000 комплектуются четырьмя пробниками с малой входной



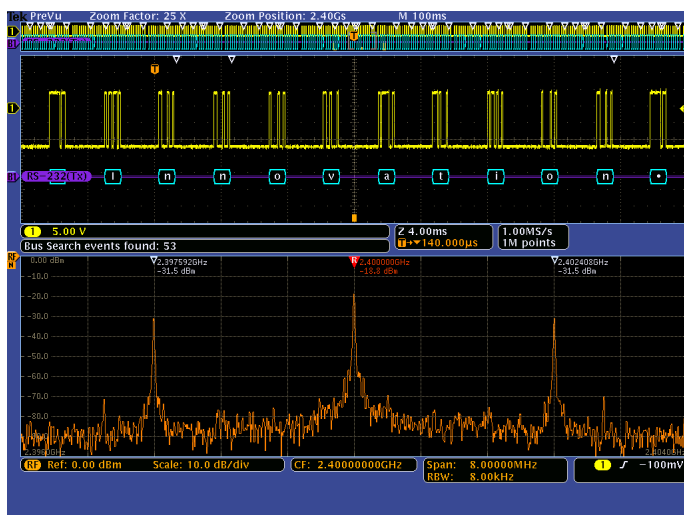
Захват — Запуск по определённому пакету данных, передаваемому по шине SPI. Полный набор функций запуска, включая запуск по содержимому пакета последовательных данных, гарантирует быстрый захват представляющего интерес события.

ёмкостью. Эти первые в отрасли пассивные пробники напряжения с высоким импедансом имеют входную ёмкость менее 4 пФ, что позволяет уменьшить воздействие на измеряемую цепь. При этом они сочетают высокую производительность, свойственную активным пробникам, с гибкостью пассивных.

Осциллографы серии MDO4000 предлагают полный набор функций запуска, включая запуск по вырожденным импульсам (рантам), времени ожидания, логическим состояниям, длительности импульса/глитча, нарушению времени установки/удержания, последовательным пакетам и параллельным данным, что помогает быстро обнаружить интересующее событие. Благодаря длине записи до 20 млн. точек, за один захват можно зафиксировать сразу много событий — вплоть до нескольких тысяч последовательных пакетов данных. При этом сохраняется высокое разрешение, позволяющее детально рассмотреть мельчайшие подробности сигнала.

Осциллографы серии MDO4000 имеют широкие функциональные возможности — от запуска по определённому содержимому пакета данных до автоматического декодирования данных различных форматов. При этом они обеспечивают поддержку самого широкого в своем классе набора последовательных шин: I²C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/UART, MIL-STD-1553 и I²S/LJ/RJ/TDM. Способность одновременного декодирования до четырёх последовательных и/или параллельных шин позволяет быстро распознавать проблемы на системном уровне.

Для более эффективного выявления и устранения неполадок во взаимосвязях на системном уровне в сложных встроенных системах, осциллографы серии MDO4000 имеют 16 цифровых каналов. Режим высокоскоростного захвата MagniVu™ позволяет отображать мельчайшие подробности сигнала вокруг точки запуска (с разрешением до 60,6 пс). Режим MagniVu особенно полезен для точного измерения временных интервалов, что необходимо при определении времени установки и удержания, задержки тактовой частоты, фазовых сдвигов и характеристик глитчей.

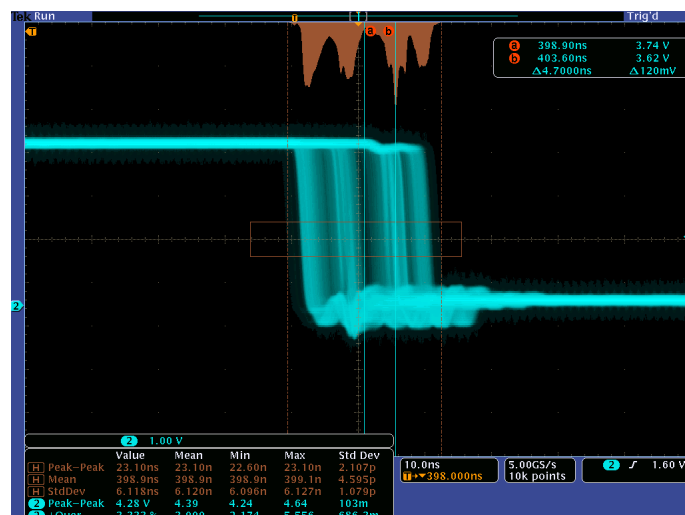


Поиск — Декодирование сигнала шины RS-232 с отображением результатов поиска данных, имеющих значение «n», с помощью функции Wave Inspector. Панель управления Wave Inspector обеспечивает непревзойденную эффективность при навигации и просмотре данных.

Поиск

Без соответствующих инструментов поиск интересующего события в длинной записи сигнала может оказаться весьма трудоёмким процессом. Учитывая, что в современных приборах длина записи превышает миллион точек, поиск события может означать пролистывание нескольких тысяч экранов осциллограмм.

Осциллографы серии MDO4000 предлагают самые совершенные в отрасли средства поиска и навигации, реализованные в виде инновационной панели управления Wave Inspector®. С помощью этих органов управления можно ускорить процессы панорамирования и изменения масштаба фрагментов записи. Благодаря уникальной системе с механизмом обратной связи, пользователь имеет возможность перемещаться из одного конца записи в другой за считанные секунды. С помощью специальных пользовательских меток можно обозначить на осциллограмме любой участок, а потом вернуться к нему для дальнейшего изучения. Кроме того, пользователь имеет возможность проводить автоматический поиск по заданным им критериям. Wave Inspector мгновенно просматривает всю запись, включая аналоговые и цифровые данные, а также данные последовательных шин. При этом он автоматически отмечает каждый момент наступления заданного события. В дальнейшем пользователь может быстро перемещаться между событиями по этим меткам.



Анализ — Гистограмма сигнала, построенная по спаду импульса, позволяет оценить зависимость положения перепада от времени (джиттер). На экране отображаются числовые значения результатов измерений, полученные на основе гистограммы. Полный набор встроенных средств анализа ускоряет проверку характеристик тестируемого устройства.

Анализ

Для того чтобы проверить, насколько параметры опытного образца разрабатываемого устройства соответствуют модели и удовлетворяют ли они поставленным в проекте целям, необходимо всесторонне проанализировать все характеристики устройства. Этот анализ может потребовать самых разнообразных измерений — от простого определения времени нарастания и длительности импульсов до сложного анализа вносимого затухания (потерь мощности) и исследования источников шумов.

Осциллографы серии MDO4000 оснащены полным набором встроенных средств анализа, в том числе привязанные к сигналу и экрану курсоры, 44 вида автоматических измерений, расширенный набор математических функций, включая редактор уравнений, а также функцию построения гистограмм, быстрое преобразование Фурье и диаграммы трендов для визуальной оценки изменения результатов измерений во времени. Кроме того, приборы комплектуются специализированными прикладными программами для анализа сигналов последовательных шин, проектирования источников питания, тестирования по пределам и маскам и разработки видеоустройств.

Для более глубокого анализа может быть использована программное обеспечение LabVIEW SignalExpress™ Tektronix Edition компании National Instruments, которая включает более 200 встроенных функций, в том числе анализ в частотной и временной области, регистрацию данных и создание отчетов в задаваемом пользователем формате.

Технические характеристики

Параметр	MDO4054-3	MDO4104-3	MDO4054-6	MDO4104-6
Число аналоговых каналов	4			
Полоса пропускания	500 МГц	1 ГГц	500 МГц	1 ГГц
Частота дискретизации (1-2 канала)	2,5 Гвыб./с	5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с	5 Гвыб./с
Частота дискретизации (3-4 канала)	2,5 Гвыб./с			
Число цифровых каналов	16			
РЧ канал	1			
Диапазон частот	50 кГц ... 3 ГГц		50 кГц ... 6 ГГц	
Полоса захвата в реальном времени	более 1 ГГц			
Полоса обзора	1 кГц ... 3/6 ГГц в последовательности 1-2-5			
Полоса разрешения	20 Гц ... 10 МГц в последовательности 1-2-3-5			
Опорный уровень	–140 дБм ... +30 дБм, шагами по 5 дБм			
Вертикальная шкала	1 дБ/дел. ... 20 дБ/дел. в последовательности 1-2-5			
Вертикальное положение	от –10 дел. до + 10 дел.			
Единицы измерения по вертикали	дБм, дБмВ, дБмкВ, дБмкВт, дБмА, дБмкА			
Средний уровень собственных шумов	50 кГц ... 5 МГц: менее –130 дБм/Гц (менее –134 дБм/Гц тип.) 5 МГц ... 3 ГГц: менее –148 дБм/Гц (менее –152 дБм/Гц тип.) 3 ГГц ... 6 ГГц: менее –140 дБм/Гц (менее –143 дБм/Гц тип.)			
Паразитные составляющие				
Гармонические искажения 2-го и 3-го порядка (> 30 МГц)	< –55 дБн (< –60 дБн тип.)			
Интермодуляционные искажения 2-го порядка	< –55 дБн (< –60 дБн тип.)			
Интермодуляционные искажения 3-го порядка	< –60 дБн (< –63 дБн тип.)			
Другие искажения	< –55 дБн (< –60 дБн тип.)			
Подавление помех от зеркального канала и ПЧ	< –50 дБн (< –55 дБн тип.)			
Остаточные составляющие	< –78 дБм			
Перекры́стные помехи в РЧ канале от осциллографических каналов	частота на входе ≤1 ГГц: < –68 дБ от опорного уровня частота на входе от 1 ГГц до 2 ГГц: < –48 дБ от опорного уровня			
Фазовые шумы на частоте 2 ГГц, при отстройке 10 кГц	< –90 дБн/Гц, < –95 дБн/Гц (тип.)			
100 кГц	< –95 дБн/Гц, < –98 дБн/Гц (тип.)			
1 МГц	< –113 дБн/Гц, < –118 дБн/Гц (тип.)			
Погрешность измерения уровня (уровень входного сигнала от +10 дБм до –50 дБм)	при температуре 20 ... 30°C: менее ±1 дБ (±0,5 дБ тип.) вне рабочего диапазона: менее ±1,5 дБ			
Остаточная частотная модуляция	≤100 Гц от пика до пика на 100 мс			
Максимальный рабочий входной уровень				
Средняя непрерывная мощность	+30 дБм (1 Вт)			
Максимальный безопасный уровень постоянного напряжения	±40 В постоянного напряжения			
Максимальная безопасная мощность (незатухающие колебания)	+33 дБм (2 Вт)			
Максимальная безопасная мощность (импульс)	+45 дБм (32 Вт) (длительность импульса <10 мс, скважность <1%, опорный уровень ≥ +10 дБм)			
Запуск по уровню мощности				
Частотный диапазон	1 МГц ... 3 ГГц		1 МГц ... 6 ГГц	
Диапазон амплитуды	+30 дБм ... –40 дБм			
Пределы, при ЦЧ* от 1 МГц до 3,25 ГГц	–35 дБ от опорного уровня			
при ЦЧ* более 3,25 ГГц	–15 дБ от опорного уровня			
Минимальная длительность импульса	время включения 10 мкс при установленном минимальном времени выключения 10 мкс			
Временной сдвиг между РЧ и аналоговыми каналами	< 5 нс			
Типы трасс в частотной области	нормальный, усреднение, удержание максимума, удержание минимума			
Типы трасс во временной области	амплитуда/время, частота/время, фаза/время			
Типы детекторов	положительный пик, отрицательный пик, усреднение, выборка			
Автоматические маркеры	распознавание от 1 до 11 пиков на основе задаваемых пользователем пороговых значений и отклонения			
Ручные маркеры	два ручных маркера для индикации частоты, амплитуды, плотности шумов и фазовых шумов			
Режимы отображения показаний маркеров	абсолютный и относительный			

* ЦЧ — центральная частота

Продолжительность захвата РЧ сигнала

Полоса обзора	Максимальное время захвата
более 2 ГГц	2,5 мс
от 1 ГГц до 2 ГГц	5 мс
от 800 МГц до 1 ГГц	10 мс
от 500 МГц до 800 МГц	12,5 мс
от 400 МГц до 500 МГц	20 мс
от 250 МГц до 400 МГц	25 мс
от 200 МГц до 250 МГц	40 мс
от 160 МГц до 200 МГц	50 мс
от 125 МГц до 160 МГц	62,5 мс
менее 125 МГц	79 мс

Окна БПФ

Окно БПФ	Коэффициент
Кайзера	2,23
Прямоугольное	0,89
Хэмминга	1,30
Хеннинга	1,44
Блекмана-Харриса	1,90
Окно с плоской вершиной	3,77

Система вертикального отклонения аналоговых каналов

Параметр	MDO4054-X	MDO4104-X
Число входных каналов	4	
Аналоговая полоса пропускания (–3 дБ), 5 мВ/дел. – 1 В/дел.	500 МГц	1 ГГц
Расчетное время нарастания, 5 мВ/дел. (тип.)	700 пс	350 пс
Аппаратное ограничение полосы пропускания	20 МГц или 250 МГц	
Режим входа	открытый (DC), закрытый (AC)	
Входное сопротивление	1 МОм $\pm 1\%$, 50 Ом $\pm 1\%$	
Диапазон входной чувствительности, 1 МОм	от 1 мВ/дел. до 10 В/дел.	
Диапазон входной чувствительности, 50 Ом	от 1 мВ/дел. до 1 В/дел.	
Вертикальное разрешение	8 бит (11 бит в режиме высокого разрешения)	
Максимальное входное напряжение, 1 МОм	300 В _{скз} (Кат II) с пиковыми значениями $\leq \pm 425$ В	
Максимальное входное напряжение, 50 Ом	5 В _{скз} с пиковыми значениями $\leq \pm 20$ В	
Погрешность усиления постоянного напряжения	$\pm 1,5\%$, с ухудшением на $0,1\%/^{\circ}\text{C}$ при температуре более 30°C	
Развязка между каналами	$\geq 100:1$ на частоте ≤ 100 МГц, $\geq 30:1$ на частоте от 100 МГц до верхней границы полосы пропускания, для двух любых каналов с одинаковой чувствительностью	

Диапазон смещения

Диапазон	1 МОм	50 Ом
от 1 мВ/дел. до 50 мВ/дел.	± 1 В	± 1 В
от 50,5 мВ/дел. до 99,5 мВ/дел.	$\pm 0,5$ В	$\pm 0,5$ В
от 100 мВ/дел. до 500 мВ/дел.	± 10 В	± 10 В
от 505 мВ/дел. до 995 мВ/дел.	± 5 В	± 5 В
от 1 В/дел. до 5 В/дел.	± 100 В	± 5 В
от 5,05 В/дел. до 10 В/дел.	± 50 В	–

Система вертикального отклонения цифровых каналов

Параметр	Все модели MDO4000
Число входных каналов	16 (от D15 до D0)
Пороговые напряжения	отдельная настройка для каждого канала
Выбор значений порогов	ТТЛ, КМОП, ЭСЛ, псевдо-ЭСЛ, задаваемый пользователем
Диапазон значений порогов, настраиваемых пользователем	± 40 В
Максимальное входное напряжение	± 42 В _{пик-пик}
Погрешность установки порога	$\pm (100 \text{ мВ} + 3\% \text{ от установленного значения})$
Максимальный динамический диапазон входного сигнала	30 В _{пик-пик} (≤ 200 МГц) 10 В _{пик-пик} (> 200 МГц)
Минимальный размах напряжения	400 мВ
Входное сопротивление	100 кОм
Входная ёмкость пробника	3 пФ
Вертикальное разрешение	1 бит

Система горизонтальной развертки аналоговых каналов

Параметр	MDO4054-X	MDO4104-X
Максимальная длина записи (все каналы)	20 млн. точек	
Максимальная продолжительность захвата с максимальной частотой дискретизации (все каналы/половина каналов)	8/8 мс	8/4 мс
Диапазон скорости развертки	от 1 нс/дел. до 1000 с/дел.	от 400 пс/дел. до 1000 с/дел.
Диапазон задержки развертки	от –10 делений до 5000 с	
Диапазон компенсации сдвига фаз между каналами	±125 нс	
Погрешность развертки	±5·10 ⁻⁶ в любом интервале ≥1 мс	

Система горизонтальной развертки цифровых каналов

Параметр	Все модели MDO4000
Максимальная частота дискретизации (основной режим)	500 Мвыб./с (разрешение 2 нс)
Максимальная длина записи (основной режим)	20 млн. точек
Максимальная частота дискретизации (MagneVu)	16,5 Гвыб./с (разрешение 60,6 пс)
Максимальная длина записи (MagneVu)	10 тыс. точек, центральная точка соответствует моменту запуска
Минимальная распознаваемая длительность импульса (тип.)	1 нс
Сдвиг фаз между каналами (тип.)	200 пс
Максимальная частота переключения входа	500 МГц Максимальная частота синусоидального сигнала, которая может быть правильно воспроизведена в виде логического меандра. Требуется короткий провод заземления для каждого канала. Это максимальная частота при минимальной амплитуде сигнала. При больших амплитудах можно получить большую частоту переключения.

Система запуска

Параметр	Описание
Основные режимы запуска	автоматический, нормальный и однократный
Тип входа запуска	открытый, закрытый, подавление ВЧ (подавление частот >50 кГц), подавление НЧ (подавление частот <50 кГц), подавление шума (снижает чувствительность)
Диапазон задержки запуска	от 20 нс до 8 с

Чувствительность системы запуска

Параметр	Описание
Внутренний запуск, открытый вход	
вход 1 МОм (все модели)	в диапазоне от 1 мВ/дел. до 4,98 мВ/дел.: 0,75 деления на частоте от 0 Гц до 50 МГц, увеличивается до 1,3 деления при повышении частоты до верхнего предела номинальной полосы пропускания
вход 50 Ом (MDO4054-X)	в диапазоне более 5 мВ/дел.: 0,4 деления на частоте от 0 Гц до 50 МГц, увеличивается до 1 деления при повышении частоты до верхнего предела номинальной полосы пропускания
вход 50 Ом (MDO4104-X)	0,4 деления на частоте от 0 Гц до 50 МГц, увеличивается до 1 деления при повышении частоты до верхнего предела номинальной полосы пропускания

Диапазон уровней запуска

Параметр	Описание
Любой канал	±8 делений от центра экрана
Сеть переменного тока	фиксирован на уровне 50% от величины напряжения сети

Измерение частоты сигнала запуска

Отображение значения частоты сигнала запуска с 6-разрядным разрешением.

Режимы запуска

Режим	Описание
Фронт	Положительный или отрицательный фронт на любом канале. Тип входа: открытый, закрытый, с подавлением ВЧ, НЧ или шума.
Последовательность (В-триггер)	Задержка запуска на время — от 4 нс до 8 с. Задержка запуска до некоторого события — от 1 до 4 000 000 событий.
Длительность импульса	Запуск по положительным или отрицательным импульсам, длительность которых $>$, $<$, $=$ или $\neq$ заданному значению (от 4 нс до 8 с).
Время ожидания	Запуск в случае, если в течение заданного периода времени (от 4 нс до 8 с) не будет обнаружено ни одного импульса.
Вырожденный импульс (рант)	Запуск по импульсу, который пересёк один порог, но не пересёк второй порог перед повторным пересечением первого.
Логическое выражение	Запуск происходит в том случае, если заданное логическое состояние каналов становится ложным или остается истинным в течение заданного периода времени (от 4 нс до 8 с). Сигнал на любом из входов можно использовать в качестве сигнала тактовой частоты, по фронтам которого выполняется проверка логического состояния. Логические значения (И, ИЛИ, НЕ-И, НЕ-ИЛИ), указанные для всех аналоговых и цифровых входных каналов, определяются как «Высокое», «Низкое» или «Безразлично».
Установка и удержание	Запуск по нарушению и времени установки, и времени удержания между сигналом тактовой частоты и сигналом данных на любом из входных каналов.
Длительность фронта (время нарастания/спада)	Запуск происходит в том случае, если длительность фронта оказывается больше или меньше заданной величины. Фронт может быть задан или положительный (нарастающий), или отрицательный (спадающий), или любой.
Видеосигнал	Запуск по всем строкам, нечётным, чётным или всем полукадрам видеосигналов NTSC, PAL и SECAM.
Расширенные функции запуска по видеосигналу (опция)	Запуск по видеосигналам 480p/60, 576p/50, 720p/30, 720p/50, 720p/60, 875i/60, 1080i/50, 1080i/60, 1080p/24, 1080p/24sF, 1080p/25, 1080p/30, 1080p/50, 1080p/60 и по специальным видеосигналам с двух- и трехуровневой синхронизацией.
I ² C (опция)	Запуск по старту, повторному старту, стопу, пропущенному подтверждению, адресу (7- или 10-битному), данным или адресу и данным на шинах I ² C со скоростью передачи до 10 Мбит/с.
SPI (опция)	Запуск по активному SS, MOSI, MISO или MOSI и MISO на шинах SPI со скоростью передачи до 50,0 Мбит/с.
USB (опция)	Низкоскоростная шина: запуск по сигналу синхронизации, сбросу, ожиданию, возобновлению, концу пакета, маркерному пакету (адресу), пакету данных, пакету установки соединения, специальному пакету и по ошибке. Запуск по маркерному пакету: любой тип маркера, SOF, OUT, IN, SETUP. Адрес можно указать для типа маркеров: любой маркер, OUT, IN и SETUP. Можно определить запуск по адресу, который $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению или попадает в пределы или за пределы заданного диапазона. Номер кадра для маркера SOF можно вводить в двоичном, шестнадцатеричном, беззнаковом десятичном или любом формате. Запуск по пакету данных: любой тип данных, DATA0, DATA1; можно определить запуск по данным, которые $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению, либо попадают в пределы или выходят за пределы заданного диапазона. Запуск по пакету установки соединения: любой тип установки соединения, ACK, NAK, STALL. Запуск по специальному пакету: любой тип специального пакета, зарезервированный. Запуск по ошибке: проверка PID, CRC5 или CRC16, вставка битов.
	Полноскоростная шина: запуск по сигналу синхронизации, сбросу, ожиданию, возобновлению, концу пакета, маркерному пакету (адресу), пакету данных, пакету установки соединения, специальному пакету и по ошибке. Запуск по маркерному пакету: любой тип маркера, SOF, OUT, IN, SETUP. Адрес можно указать для типа маркеров: любой маркер, OUT, IN и SETUP. Можно определить запуск по адресу, который $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению или попадает в пределы или за пределы заданного диапазона. Номер кадра для маркера SOF можно вводить в двоичном, шестнадцатеричном, беззнаковом десятичном или любом формате. Запуск по пакету данных: любой тип данных, DATA0, DATA1; можно определить запуск по данным, которые $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению, либо попадают в пределы или выходят за пределы заданного диапазона. Запуск по пакету установки соединения: любой тип установки соединения, ACK, NAK, STALL. Запуск по специальному пакету: любой тип специального пакета, PRE, зарезервированный. Запуск по ошибке: проверка PID, CRC5 или CRC16, вставка битов.
	Высокоскоростная шина: запуск по сигналу синхронизации, сбросу, ожиданию, возобновлению, концу пакета, маркерному пакету (адресу), пакету данных, пакету установки соединения, специальному пакету и по ошибке. Запуск по маркерному пакету: любой тип маркера, SOF, OUT, IN, SETUP. Адрес можно указать для типа маркеров: любой маркер, OUT, IN и SETUP. Можно определить запуск по адресу, который $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению или попадает в пределы или за пределы заданного диапазона. Номер кадра для маркера SOF можно вводить в двоичном, шестнадцатеричном, беззнаковом десятичном или любом формате. Запуск по пакету данных: любой тип данных, DATA0, DATA1, DATA2, DATAM; можно определить запуск по данным, которые $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению, либо попадают в пределы или выходят за пределы заданного диапазона. Запуск по пакету установки соединения: любой тип установки соединения, ACK, NAK, STALL, NYET. Запуск по специальному пакету: любой тип специального пакета, ERR, SPLIT, PING, зарезервированный. Можно указать компоненты пакета SPLIT, включая: адрес концентратора; пуск/завершение: безразлично, пуск (SSPLIT), завершение (CSPLIT); адрес порта; начальные и конечные биты: безразлично, управление/массив/прерывание (полноскоростное и низкоскоростное устройство), изохронный (промежуточный пакет, последний пакет, стартовый пакет, все данные); тип конечной точки: безразлично, управление, изохронный, массив данных, прерывание. Запуск по ошибке – проверка PID, CRC5 или CRC16, любая.

Поддержка высокоскоростной шины доступна только в моделях MDO4104-3 и MDO4104-6.

Режимы запуска (продолжение)

Режим	Описание
Ethernet (опция)	10BASE-T: запуск по разделителю начала фрейма, MAC адресу, управляющей информации MAC Q-Tag, длине/типу MAC, заголовку IP, заголовку TCP, данным клиента TCP/IPv4/MAC, концу пакета, ошибке FCS (CRC). MAC адрес: запуск по 48-битному адресу источника или адресу приемника. Управляющая информация MAC Q-Tag: запуск по 32-битному значению Q-Tag. Длина/тип MAC: запуск по величине, которая $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ указанному 16-битному значению, либо попадает в пределы или выходит за пределы указанного диапазона. Заголовок IP: запуск по 8-битному значению IP протокола, адресу источника, адресу приемника. Заголовок TCP: запуск по порту источника, порту приемника, номеру последовательности и номеру Ack. Данные клиента TCP/IPv4/MAC: запуск по величине, которая $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ указанному значению, либо попадает в пределы или выходит за пределы указанного диапазона. Можно указывать число байтов для запуска в пределах от 1 до 16. Варианты смещения байта: безразлично, 0-1499.
	100BASE-TX: запуск по разделителю начала фрейма, MAC адресу, управляющей информации MAC Q-Tag, длине/типу MAC, заголовку IP, заголовку TCP, данным клиента TCP/IPv4/MAC, концу пакета, ошибке FCS (CRC). MAC адрес: запуск по 48-битному адресу источника или адресу приемника. Управляющая информация MAC Q-Tag: запуск по 32-битному значению Q-Tag. Длина/тип MAC: запуск по величине, которая $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ указанному 16-битному значению, либо попадает в пределы или выходит за пределы указанного диапазона. Заголовок IP: запуск по 8-битному значению IP протокола, адресу источника, адресу приемника. Заголовок TCP: запуск по порту источника, порту приемника, номеру последовательности и номеру Ack. Данные клиента TCP/IPv4/MAC: запуск по величине, которая $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ указанному значению, либо попадает в пределы или выходит за пределы указанного диапазона. Можно указывать число байтов для запуска в пределах от 1 до 16. Варианты смещения байта: безразлично, 0-1499.
CAN (опция)	Запуск по началу кадра, типу кадра (данные, удалённый запрос, ошибка, перегрузка), идентификатору (стандартный или расширенный), данным, идентификатору и данным, концу кадра, пропущенному подтверждению или ошибке заполнения битов в сигналах шины CAN со скоростью передачи до 1 Мбит/с. Запуск можно настроить так, чтобы он происходил в том случае, если данные окажутся $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$ или $\neq$ заданному значению. По умолчанию настраиваемая пользователем точка выборки устанавливается на 50%.
LIN (опция)	Запуск по синхроимпульсу, идентификатору, данным, идентификатору и данным, кадру активизации, кадру дежурного режима, а также по ошибкам синхронизации, чётности или контрольной суммы на скоростях до 100 кбит/с (по определению шины LIN, 20 кбит/с).
FlexRay (опция)	Запуск по началу кадра, типу кадра (нормальный, информационный, нулевой, синхронизирующий, стартовый), идентификатору, числу циклов, полю завершения заголовка, данным, идентификатору и данным, концу кадра или по ошибкам, таким как ошибка CRC заголовка, CRC трейлера, нулевого кадра, кадра синхронизации или стартового кадра на скоростях до 100 Мбит/с.
RS-232/422/485/UART (опция)	Запуск по стартовому биту передачи, стартовому биту приёма, концу передаваемого пакета, концу принимаемого пакета, передаваемым данным, принимаемым данным, ошибке чётности передачи и ошибке чётности приема на скоростях до 10 Мбит/с.
MIL-STD-1553 (опция)	Запуск по синхросигналу, типу слова¹ (командное, статуса, данных), командному слову¹ (задаётся отдельно RT адрес, T/R, субадрес/режим, счётчик слов данных/код режима, чётность), слову статуса¹ (задаётся отдельно RT адрес, ошибка сообщения, оборудование, бит запроса на обслуживание, приём циркулярной команды, занято, флаг подсистемы, динамический контроль шины, флаг терминала, чётность), слову данных (задаваемое пользователем 16-битное значение), ошибке (синхросигнала, чётности, кода манчестер, связности данных), времени ожидания (минимальное время от 4 мкс до 100 мкс, максимальное время от 12 мкс до 100 мкс; запуск осуществляется, если время меньше минимального, больше максимального, попадает или не попадает в диапазон). RT адрес можно настроить так, чтобы запуск происходил в том случае, если его значение $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$, $\neq$ заданному значению, либо попадает в пределы или выходит за пределы заданного диапазона.
I ² S/LJ/RJ/TDM (опция)	Запуск по выбору слова, по синхросигналу кадра или по данным. Кроме того, можно настроить запуск так, чтобы он срабатывал при соблюдении условия $\leq$, $<$, $=$, $>$, $\geq$ или $\neq$ для некоторого указанного значения или при попадании значения в пределы или за пределы указанного диапазона. Максимальная скорость передачи данных для I²S/LJ/RJ равна 12,5 Мбит/с. Максимальная скорость передачи данных для TDM равна 25 Мбит/с.
Параллельная шина	Запуск по значениям данных на параллельной шине. Параллельная шина может иметь разрядность от 1 до 20 бит. Поддерживаются данные в двоичном и шестнадцатеричном форматах.

¹ При выборе режима запуска по командному слову запуск осуществляется по командному слову и по неопределённому командному слову или слову статуса. При выборе режима запуска по слову статуса запуск осуществляется по слову статуса и по неопределённому командному слову или слову статуса.

Режимы регистрации данных

Режим	Описание
Выборка	Захват дискретизированного сигнала
Пик-детектор	Захват глитчей длительностью от 800 пс (модели с полосой 1 ГГц) или от 1,6 нс (модели с полосой 500 МГц) на всех режимах развертки.
Усреднение	Усреднение по заданному количеству осциллограмм (от 2 до 512)
Огибающая	Огибающая минимумов-максимумов, отображающая данные, полученные в результате обнаружения пиковых значений в течение нескольких захватов.
Высокое разрешение	Усреднение с узкополосным фильтром в реальном времени позволяет снизить случайный шум и повысить вертикальное разрешение.
Прокрутка	Прокрутка осциллограммы по экрану справа налево со скоростью развертки меньше или равной 40 мс/дел.

Измерение параметров сигналов

Измерение	Описание
Курсоры	Осциллограмма и экран.
Автоматические измерения (временная область)	29 видов, четыре из которых можно вывести на экран одновременно. Возможно измерение следующих параметров: период, частота, задержка, длительность переднего и заднего фронта, скважность положительных импульсов, скважность отрицательных импульсов, длительность положительного импульса, длительность отрицательного импульса, длительность пакета, фаза, положительный выброс, отрицательный выброс, двойной размах, амплитуда, высокий уровень, низкий уровень, максимальное, минимальное и среднее значения, циклическое среднее, среднеквадратическое значение, циклическое среднеквадратическое значение, число положительных импульсов, число отрицательных импульсов, число фронтов, число спадов, площадь и циклическая площадь.
Автоматические измерения (частотная область)	3 вида, один которых может быть отображён на экране одновременно. Возможно измерение следующих параметров: мощности сигнала в канале, коэффициента развязки соседних каналов по мощности (ACPR) и ширины занимаемой полосы частот (OBW).
Статистика измерений	Среднее значение, минимум, максимум, стандартное отклонение.
Опорные уровни	Определяемые пользователем опорные уровни для автоматических измерений могут быть заданы в процентах или в единицах измеряемой величины.
Стробирование	Выделяет конкретное появление события в захваченном сигнале для выполнения его измерения. Выполняется с помощью курсоров экрана или курсоров сигнала.
Гистограммы сигналов	Гистограмма представляет собой массив значений, представляющих собой общее число попаданий в заданную пользователем область экрана. Гистограмма выводится в виде графика распределения числа попаданий, а также в виде массива числовых значений, которые могут быть измерены. Источники данных: Канал 1, Канал 2, Канал 3, Канал 4, Опорный сигнал 1, Опорный сигнал 2, Опорный сигнал 3, Опорный сигнал 4, математические функции. Типы – вертикальная, горизонтальная.
Параметры гистограммы	Число сигналов, попадание в заданные пределы, количество пиков, медиана, максимум, минимум, размах (пик-пик), среднее, стандартное отклонение, сигма1, сигма2, сигма3.

Математическая обработка сигналов

Параметр	Описание
Арифметические операции	Сложение, вычитание, умножение и деление сигналов.
Математические операции	Интегрирование, дифференцирование, быстрое преобразование Фурье (БПФ).
Быстрое преобразование Фурье	Спектральная амплитуда. Вертикальная шкала БПФ: линейная (СКЗ) или в дБВ (СКЗ). Выбор окна БПФ: прямоугольное, Хемминга, Хеннинга или Блэкмана-Харриса.
Математические операции над спектром	Сложение и вычитание трасс в частотной области.
Расширенные математические функции	Определение расширенных алгебраических выражений, включающих осциллограммы, опорные осциллограммы, математические функции. Позволяет включать в математические выражения математические функции (БПФ, интегрирование, дифференцирование, логарифм, экспонента, корень квадратный, модуль, синус, косинус, тангенс, радианы, градусы), скалярные значения, до двух определяемых пользователем переменных и результаты параметрических измерений (период, частота, задержка, положительный фронт, отрицательный фронт, длительность положительного импульса, длительность отрицательного импульса, длительность пакета, скважность положительных импульсов, скважность отрицательных импульсов, положительный выброс, отрицательный выброс, двойной размах, амплитуда, среднеквадратическое значение, циклическое среднеквадратическое, высокий уровень, низкий уровень, максимум, минимум, среднее значение, циклическое среднее, площадь, циклическая площадь и графики тренда), например, $(\text{Intg}(\text{Ch1} - \text{Mean}(\text{Ch1})) \times 1,414 \times \text{VAR1})$.

Измерения мощности (опция)

Измерение	Описание
Измерения качества электроэнергии	Среднеквадратическое напряжение, коэффициент амплитуды напряжения, частота, среднеквадратический ток, коэффициент амплитуды тока, активная мощность, полная мощность, реактивная мощность, коэффициент мощности, сдвиг фазы.
Коммутационные потери	Потери мощности: $T_{вкл}$, $T_{откл}$, проводимость, общие. Потери энергии: $T_{вкл}$, $T_{откл}$, проводимость, общие.
Гармонические составляющие	Полный коэффициент гармоник (THD-F, THD-R), среднеквадратическое значение. Графическое и табличное представление гармоник. Тестирование на соответствие IEC61000-3-2 Класс А и MIL-STD-1399, раздел 300A.
Пульсации	Напряжение пульсаций и ток пульсаций.
Анализ модуляции	Графическое представление типов модуляции длительности положительного импульса, длительности отрицательного импульса, периода, частоты, скважности положительных и отрицательных импульсов.
Область безопасной работы	Графическое представление и тестирование по маске области безопасной работы импульсных источников питания.
dV/dt и dI/dt	Измерение скорости нарастания напряжения и тока с помощью курсоров.

Тестирование сигналов по пределам и маскам

Параметр	Описание
Прилагаемые стандартные маски	ITU-T, ANSI T1.102, USB.
Источник сигнала	Тестирование по пределам: любой из Кан1 - Кан4 или любой из R1 - R4. Тестирование по маске: любой из Кан1 - Кан4.
Создание маски	Тестирование по пределам: вертикальный допуск от 0 до 1 деления с шагом 0,001 деления; горизонтальный допуск от 0 до 0,5 деления с шагом 0,001 деления. Загрузка стандартной маски из внутренней памяти. Загрузка специальной маски из текстового файла, включающего до 8 сегментов.
Масштабирование маски	Привязка к источнику включена (маска масштабируется автоматически при изменении настроек канала источника). Привязка к источнику выключена (маска не масштабируется при изменении настроек канала источника).
Критерии останова теста	Минимальное число осциллограмм: от 1 до 1 000 000; бесконечно. Минимальное прошедшее время: от 1 секунды до 48 часов; бесконечно.
Превышение порога	От 1 до 1 000 000
Действия при отказе	Прекратить захват, сохранить снимок экрана в файл, сохранить осциллограмму в файл, распечатать снимок экрана, выдать сигнал запуска, подать сигнал SRQ на удалённый интерфейс.
Действия при завершении теста	Выдать сигнал запуска, подать сигнал SRQ на удалённый интерфейс.
Отображение результатов	Состояние теста, общее число осциллограмм, число нарушений, частота появления нарушений, общее число тестов, число неудачных тестов, интенсивность отказов, прошедшее время, общее число попаданий в каждый сегмент маски.

Программное обеспечение

ПО	Описание
NI LabVIEW SignalExpress™ Tektronix Edition	Полностью интерактивная измерительная среда, оптимизированная для осциллографов серии MDO4000, позволяет мгновенно захватывать, генерировать, анализировать, сравнивать, импортировать и сохранять результаты измерений и сигналы с помощью интуитивно понятного пользовательского интерфейса; не требует никакого программирования. Версия ПО, входящая в стандартную комплектацию осциллографов серии MDO4000, поддерживает захват, управление, просмотр и экспорт живых сигналов. Полная версия (SIGEXPT) включает дополнительную обработку сигналов, расширенные средства анализа, смешанные сигналы, свипирование, проверку граничных условий и определяемые пользователем пошаговые режимы. Для каждого прибора доступна 30-дневная пробная версия этого ПО.
OpenChoice® Desktop	Обеспечивает быстрое и простое взаимодействие осциллографов серии MDO4000 с компьютерами, работающими под управлением Windows, через интерфейсы USB или LAN. Позволяет передавать и сохранять настройки, осциллограммы, результаты измерений и снимки экрана. В состав ПО входят панели инструментов Word и Excel, позволяющие автоматизировать захват и передачу данных и снимков экрана в Word и Excel для составления отчетов и дальнейшего анализа.
Драйвер IVI	Предоставляет стандартный интерфейс программирования приборов для распространённых приложений: LabVIEW, LabWindows/CVI, Microsoft.NET и MATLAB.
e*Scope® ПО для дистанционного управления на базе веб-страницы	Позволяет управлять осциллографами серии MDO4000 по локальной сети через стандартный обозреватель интернета. Просто введите IP адрес или сетевое имя осциллографа, и в обозревателе откроется страница управления.
Веб-интерфейс LXI, класс C	Обеспечивает подключение к осциллографу MDO4000 через стандартный обозреватель путем ввода IP адреса осциллографа в адресную строку браузера. Веб-интерфейс позволяет контролировать состояние и конфигурацию прибора, проверять и изменять сетевые настройки и управлять прибором с помощью ПО для дистанционного управления на базе веб-страницы e*Scope. Алгоритм работы интерфейса соответствует спецификации стандарта LXI, класс C.

Характеристики дисплея

Параметр	Описание
Тип дисплея	Цветной жидкокристаллический TFT дисплей с диагональю 10,4 дюйма (264 мм).
Разрешение	1024 × 768 пикселей (XGA).
Представление сигналов	векторы, точки, переменное послесвечение, бесконечное послесвечение.
Координатная сетка	полная, сетка, сплошная, перекрестие, рамка, IRE и mB.
Формат	YT и одновременно XY/YT.
Скорость захвата сигналов	>50 000 осциллограмм в секунду (макс.).

Порты ввода/вывода

Порт	Описание
Высокоскоростной порт USB 2.0 (хост)	Поддерживает USB накопители, принтеры и клавиатуру. Два порта на передней панели и два — на задней панели прибора.
Высокоскоростной порт USB 2.0 (клиент)	Поддерживает управление осциллографом через интерфейс USBTMC или GPIB (с TEK-USB-488), а также прямую распечатку на всех принтерах, совместимых с технологией PictBridge. Расположен на задней панели.
Сетевой порт LAN	Разъём RJ-45, поддерживает стандарт 10/100/1000Base-T
Выход видеосигнала XGA	Разъём DB-15, позволяет выводить изображение с экрана осциллографа на внешний монитор или проектор.
Выход компенсатора пробника	Контакты на передней панели, амплитуда 2,5 В, частота 1 кГц
Вспомогательный выход	Разъем BNC на задней панели. $V_{\text{вых}}$ (высокий): $\geq 2,5$ В без нагрузки, $\geq 1,0$ В с нагрузкой на землю 50 Ом. $V_{\text{вых}}$ (низкий): $\leq 0,7$ В при выходном токе ≤ 4 мА; $\leq 0,25$ В с нагрузкой на землю 50 Ом. Выход можно настроить на вывод импульсного сигнала при запуске осциллографа, вывод внутренней тактовой частоты осциллографа или вывод сигнала при тестировании по пределам и маске.
Вход внешнего опорного сигнала	Генератор тактовой частоты может синхронизироваться с внешним опорным генератором частотой 10 МГц (10 МГц ± 1 %)
Замок Kensington	Слот на задней панели под стандартный замок Кенсингтона.
Крепление VESA	Стандартные точки крепления VESA 100 мм (MIS-D 100) на задней панели прибора.

LXI (Расширение LAN для измерительных приборов)

Параметр	Описание
Класс	LXI Класс C
Версия	V1.3

Питание прибора

Параметр	Описание
Напряжение питания	от 100 до 240 В $\pm 10\%$
Частота	от 45 до 66 Гц (85...264 В) от 360 до 440 Гц (100...132 В)
Потребляемая мощность	225 Вт (макс.)

Физические характеристики

Габаритные размеры, мм	
Высота	229
Ширина	439
Глубина	147
Масса, кг	
Нетто	5,0
Брутто	10,7
Конфигурация при монтаже в стойку	5 U
Зазоры для охлаждения	по 51 мм слева и сзади

Условия окружающей среды

Параметр	Описание
Температура	
рабочая	от 0°C до +50°C
при хранении	от -20°C до +60°C
Относительная влажность	
рабочая	высокая: от 10 до 60% при температуре 40 ... 50°C низкая: от 10 до 90% при температуре 0 ... 40°C
при хранении	высокая: от 5 до 60% при температуре 40 ... 60°C низкая: от 5 до 90% при температуре 0 ... 40°C
Высота над уровнем моря	
рабочая	до 3000 м
при хранении	до 9144 м
Нормативные документы	
электромагнитная совместимость	Директива совета ЕС 2004/108/EC
безопасность	UL61010-1, второе издание; CSA61010-1, второе издание; EN61010-1:2001; IEC 61010-1:2001

Информация для заказа

Серия MDO4000

Модель	Описание
MDO4054-3	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 500 МГц, 16 цифровых каналов, 1 РЧ вход, 3 ГГц
MDO4054-6	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 500 МГц, 16 цифровых каналов, 1 РЧ вход, 6 ГГц
MDO4104-3	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 1 ГГц, 16 цифровых каналов, 1 РЧ вход, 3 ГГц
MDO4104-6	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 1 ГГц, 16 цифровых каналов, 1 РЧ вход, 6 ГГц

В комплект поставки всех моделей входит: один пассивный пробник на каждый аналоговый канал (TPP0500, 500 МГц, 10X, 3,9 пФ для моделей с полосой пропускания 500 МГц; TPP1000, 1 ГГц, 10X, 3,9 пФ для моделей с полосой пропускания 1 ГГц), 16-канальный логический пробник P6616, комплект принадлежностей (020-2662-xx) для логического пробника, передняя крышка (200-5130-xx), адаптер N-BNC (103-0045-00), руководство пользователя (071-2918-xx), компакт-диск с документацией (063-4367-xx), ПО OpenChoice® Desktop, ПО NI LabVIEW SignalExpress™ Tektronix Edition, калибровочный сертификат, кабель питания, сумка с принадлежностями (016-2030-xx), трехлетняя гарантия.

Примечание. При заказе следует указывать тип кабеля питания и язык руководства пользователя.

Прикладные программные модули

Прикладные программные модули поставляются вместе с лицензиями, которые могут свободно переноситься с модуля в осциллограф и обратно. Лицензия может быть привязана к модулю, при этом он может устанавливаться в разные приборы. Кроме того, лицензия может быть привязана к осциллографу, что позволяет извлекать модуль из прибора для обеспечения его сохранности. Возможность привязки лицензии к осциллографу и извлечения модуля позволяет использовать до четырёх приложений одновременно.

Модуль	Описание
DPO4AERO	Модуль анализа и запуска по сигналам последовательных шин для аэрокосмической промышленности. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам MIL-STD-1553, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени. Входы сигнала: любой канал 1-4, математическая функция, любой из опорных сигналов R1-R4. Рекомендуемые пробники: дифференциальный или несимметричный (требуется только один несимметричный сигнал).
DPO4AUDIO	Модуль анализа и запуска по сигналам последовательных аудиосигналов. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по аудиосигналам I ² S, LJ, RJ и TDM, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени. Входы сигнала: любой канал 1-4 и D0-D15. Рекомендуемые пробники: для I ² S, LJ, RJ, TDM — несимметричный.
DPO4AUTO	Модуль анализа и запуска по сигналам автомобильных последовательных шин. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам CAN и LIN, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени. Входы сигнала: LIN — любой канал 1-4 и D0-D15; CAN — любой канал 1-4 (D0-D15, только несимметричный пробник). Рекомендуемые пробники: LIN — несимметричный; CAN — несимметричный или дифференциальный.
DPO4AUTOMAX	Модуль расширенного анализа и запуска по сигналам последовательных автомобильных шин. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам CAN, LIN и FlexRay, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени, а также ПО для анализа глазковых диаграмм. Входы сигнала: LIN — любой канал 1-4 и D0-D15; CAN — любой канал 1-4 (D0-D15, только несимметричный пробник), FlexRay — любой канал 1-4 (D0-D15, только несимметричный пробник). Рекомендуемые пробники: LIN — несимметричный; CAN, FlexRay — несимметричный или дифференциальный.
DPO4COMP	Модуль анализа и запуска по сигналам компьютерных последовательных шин. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам RS-232/422/485/UART, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени. Входы сигнала: любой канал 1-4 (D0-D15, только несимметричный пробник). Рекомендуемые пробники: RS-232/UART — несимметричный; RS-422/485 — дифференциальный.
DPO4EMBD	Модуль анализа и запуска по сигналам последовательных шин встраиваемых систем. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам I ² C и SPI, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени. Входы сигнала: I ² C, SPI — любой канал 1-4 и D0-D15. Рекомендуемые пробники: I ² C, SPI — несимметричный.
DPO4ENET	Модуль анализа и запуска по сигналам шины Ethernet. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам 10BASE-T и 100BASE-TX, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени. Входы сигнала: любой канал 1-4 для несимметричного пробника; любой канал 1-4, математический, любой из опорных сигналов R1-R4 — для дифференциального пробника. Рекомендуемые пробники: 10BASE-T — несимметричный или дифференциальный; 100BASE-TX — дифференциальный.
DPO4USB	Модуль анализа и запуска по сигналам последовательной шины USB. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по низкоскоростным, полноскоростным и высокоскоростным шинам USB. Кроме того, предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление в виде шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени для низкоскоростных, полноскоростных и высокоскоростных шин USB. Входы сигнала: низкоскоростные и полноскоростные шины — любой канал 1-4 (D0-D15 только с несимметричным пробником); низкоскоростные, полноскоростные и высокоскоростные шины — любой канал 1-4, математический, любой из опорных сигналов R1-R4. Рекомендуемые пробники: низкоскоростные и полноскоростные шины — несимметричный или дифференциальный; высокоскоростные шины — дифференциальный. Высокоскоростные шины USB поддерживаются только моделями MDO4104-X.
DPO4PWR	Модуль анализа мощности. Позволяет быстро и точно анализировать качество электроэнергии, коммутационные потери, гармонические составляющие, область безопасной работы, модуляцию, пульсации и скорость нарастания тока и напряжения (di/dt, dv/dt).
DPO4LMT	Модуль тестирования по пределам и маскам. Позволяет выполнять тестирование сигнала по допускам, полученным на основе образцовой («золотой») версии того же сигнала, а также проводить с помощью масок тестирование сигналов на соответствие телекоммуникационным и компьютерным стандартам.
DPO4VID	Модуль запуска по сигналам HDTV и специальным (нестандартным) видеосигналам.
MDO4TRIG	Модуль расширенного запуска по уровню мощности на РЧ входе. Позволяет использовать уровень мощности на РЧ входе в качестве источника для следующих типов запуска: по длительности импульса, вырожденным импульсам (ранту), времени ожидания, логическим состояниям и последовательности.

Опции прибора

Варианты вилки кабеля питания

Опции	Описание
Опция A1	Универсальная европейская

Язык руководства пользователя^{*2}

Опции	Описание
Опция L10	русский

^{*2} Данная опция включает переведенную на соответствующий язык накладку для передней панели.

Сервисные опции^{*3}

Опции	Описание
Опция C3	Услуги по калибровке в течение 3 лет
Опция C5	Услуги по калибровке в течение 5 лет
Опция D1	Отчет с калибровочными данными
Опция D3	Отчет с калибровочными данными в течение 3 лет (с опцией C3)
Опция D5	Отчет с калибровочными данными в течение 5 лет (с опцией C5)
Опция G3	Полное обслуживание в течение 3 лет (включает предоставление подменного прибора на время ремонта, регулярную калибровку и т.д.)
Опция G5	Полное обслуживание в течение 5 лет (включает предоставление подменного прибора на время ремонта, регулярную калибровку и т.д.)
Опция R5	Ремонт в течение 5 лет (включая гарантию)

^{*3} Гарантийные обязательства и сервисные предложения не распространяются на пробники и принадлежности. Гарантийные обязательства и условия калибровки пробников и принадлежностей приведены в соответствующих технических описаниях.

Рекомендуемые пробники

Пробник	Описание
TPP0500	Пассивный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, 10X, входная емкость 3,9 пФ
TPP0502	Пассивный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, 2X, входная емкость 3,9 пФ
TPP0850	Высоковольтный пассивный пробник TekVPI®, 800 МГц, 50X, 2,5 кВ
TPP1000	Пассивный пробник напряжения TekVPI®, 1 ГГц, 10X, входная емкость 3,9 пФ
TAP1500	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI®, 1,5 ГГц
TAP2500	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI®, 2,5 ГГц
TAP3500	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI®, 3,5 ГГц
TDP0500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, входное напряжение ±42 В
TDP1000	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 1 ГГц, входное напряжение ±42 В
TDP1500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 1,5 ГГц, входное напряжение ±8,5 В
TDP3500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 3,5 ГГц, входное напряжение ±2 В
TCP0030	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 120 МГц, 30 А
TCP0150	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 20 МГц, 150 А
P5200A	Высоковольтный дифференциальный пробник, 1,3 кВ, 50 МГц
P5202A ^{*4}	Высоковольтный дифференциальный пробник, 640 В, 100 МГц
P5205A ^{*4}	Высоковольтный дифференциальный пробник, 1,3 кВ, 200 МГц
P5210A ^{*4}	Высоковольтный дифференциальный пробник, 5,6 кВ, 50 МГц
P5100A	Высоковольтный пассивный пробник с делителем 100X, 2,5 кВ

^{*4} Необходим переходник с TekVPI® на TekProbe BNC (TPA-BNC).

Рекомендуемые принадлежности

Принадлежность	Описание
119-4146-00	Комплект пробника поля в ближней зоне, 100 кГц – 1 ГГц
119-6609-00	Гибкая несимметричная вибраторная антенна
TPA-N-VPI	Адаптер N-TekVPI (переходник для подключения пробников TekVPI к РЧ входу)
077-0585-xx	Сервисное руководство (только на английском языке)
SIGEXPT	Программное обеспечение NI LabVIEW SignalExpress™ Tektronix Edition (полная версия)
FPGAView-xx	ПО для отладки ПЛИС Altera и Xilinx.
TPA-BNC	Переходник с TekVPI на TekProbe BNC
TEK-USB-488	Переходник с GPIB на USB
ACD4000B	Мягкая сумка для переноски
HCTEK54	Жесткий кейс для транспортировки (необходима опция ACD4000B)
RMD5000	Комплект для монтажа в стойку
TEK-DPG	Генератор импульсов с компенсацией фазовых сдвигов
067-1686-xx	Приспособление для компенсации фазовых сдвигов и калибровки пробников

Гарантия

Три года на детали и работу, за исключением пробников



Продукт изготовлен на предприятиях, сертифицированных согласно стандарту ISO



Продукт соответствует стандарту IEEE 488.1-1987, RS-232-C, а также стандартам и техническим условиям компании Tektronix.