

# Комбинированные осциллографы

## Серия MDO4000C



### Настраиваемый и полностью модернизируемый осциллограф "6 в 1" обеспечивает глубокий анализ аналоговых, цифровых и РЧ сигналов с корреляцией по времени

Этот осциллограф объединяет в себе шесть приборов: анализатор спектра, генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций, логический анализатор, анализатор протоколов и цифровой вольтметр/частотомер. Осциллограф серии MDO4000C обладает характеристиками, которые помогут вам быстро и эффективно решать сложные задачи при разработке встраиваемых систем. При использовании встроенного анализатора спектра этот осциллограф, позволяющий одновременно захватывать аналоговые, цифровые и РЧ сигналы, является идеальным прибором для тестирования встроенных радиомодулей электронных приборов или обнаружения электромагнитных помех. Возможность конфигурирования и полного обновления осциллографа серии MDO4000C позволяют добавлять функции, которые могут понадобиться в данный момент или позже.

### Основные технические характеристики

- 1. Осциллограф
  - 4 аналоговых канала
  - модели с полосой пропускания 1 ГГц, 500 МГц, 350 МГц и 200 МГц
  - полоса пропускания может быть расширена до 1 ГГц
  - частота дискретизации до 5 Гвыб./с
  - длина записи 20 млн. точек по всем каналам
  - максимальная скорость захвата сигнала >340 000 осциллограмм в секунду
  - пассивные пробники напряжения с входной емкостью 3,9 пФ и аналоговой полосой пропускания 1 ГГц или 500 МГц в стандартном комплекте
- 2. Анализатор спектра (опция)
  - диапазон частот от 9 кГц до 3 ГГц или от 9 кГц до 6 ГГц
  - сверхширокая полоса захвата  $\geq 1$  ГГц
  - захват спектров, а также аналоговых и цифровых сигналов с корреляцией по времени
  - измерение зависимости частоты, амплитуды и фазы сигналов от времени
- 3. Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (опция)
  - 13 предварительно заданных форм сигнала
  - генерация сигналов с частотой до 50 МГц
  - длина записи сигнала произвольной формы 128 000 точек
  - частота дискретизации генератора сигналов произвольной формы 250 Мвыб./с
- 4. Логический анализатор (опция)
  - 16 цифровых каналов
  - длина записи 20 млн. точек по всем каналам
  - разрешение по времени 60,6 пс
- 5. Анализатор протоколов (опция)
  - поддерживаются стандарты последовательных шин: I<sup>2</sup>C, SPI, RS-232/422/485/UART, USB 2.0, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, MIL-STD-1553 и аудиошины
- 6. Цифровой вольтметр / частотомер (бесплатно при регистрации прибора)
  - измерение ср.кв. перем. и пост. напряжения, ср.кв. перем. напряжения с постоянной составляющей с разрешением 4 разряда
  - измерение частоты с разрешением 5 разрядов

				
	<b>MSO/DPO2000B</b>	<b>MDO3000</b>	<b>MDO4000C</b>	<b>MSO/DPO5000B</b>
<b>Характерные особенности</b>	Расширенные возможности отладки и приемлемая цена	Осциллограф "6 в 1"	Характеристики осциллографа "6 в 1", коррелированный по времени глубокий анализ аналоговых, цифровых и РЧ сигналов	Непревзойденное качество сигналов с расширенным анализом и математической обработкой
<b>Области применения</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Разработка и отладка</li> <li>■ Обучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Разработка и отладка</li> <li>■ Обнаружение помех</li> <li>■ Обучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Разработка и отладка</li> <li>■ Обнаружение помех</li> <li>■ Разработка и интеграция стандартных РЧ модулей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Расширенная разработка и отладка систем</li> <li>■ Проверка на соответствие спецификации USB и Ethernet</li> <li>■ Исследовательская работа</li> </ul>
<b>Полоса пропускания аналоговых каналов</b>	70 МГц, 100 МГц, 200 МГц	100 МГц, 200 МГц, 350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц	200 МГц, 350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц	350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц
<b>Макс. частота дискретизации аналогового сигнала</b>	1 Гвыб./с	5 Гвыб./с	5 Гвыб./с	10 Гвыб./с
<b>Число аналоговых каналов</b>	2, 4	2, 4	4	4
<b>Длина записи</b>	1 млн. точек	10 млн. точек	20 млн. точек	25 млн. точек, до 125 млн. точек (опция)
<b>Число цифровых каналов</b>	16 (опция)	16 (опция)	16 (опция)	16 (опция)
<b>Канал анализатора спектра (РЧ)</b>	нет	От 9 кГц до верхней границы полосы пропускания аналоговых каналов (станд.), 9 кГц - 3 ГГц (опция)	9 кГц - 3 ГГц (опция), 9 кГц - 6 ГГц (опция)	нет
<b>Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций</b>	нет	до 50 МГц (опция) с генерированием сигналов произвольной формы и 13 станд. функций	до 50 МГц (опция) с генерированием сигналов произвольной формы и 13 станд. функций	нет
<b>Анализ сигналов последовательных шин</b>	<b>Запуск и декодирование:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN	<b>Запуск и декодирование:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay, USB2.0, MIL-STD-1553 и аудиошины	<b>Запуск и декодирование:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay, USB2.0, Ethernet, MIL-STD-1553 и аудиошины	<b>Запуск и декодирование:</b> I <sup>2</sup> C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay, USB2.0, Ethernet, MIL-STD-1553 <b>Только декодирование:</b> USB-HSIC, MIPI D-PHY <b>Тестирование на соответствие стандартам:</b> BroadR-Reach, USB2.0, USB-PWR, Ethernet, MOST
<b>Расширенные функции анализа</b>		Анализ источников питания, тестирование по предельным значениям/маске, анализ видеосигналов	Анализ источников питания, тестирование по предельным значениям/маске, анализ видеосигналов, анализ спектрограмм, векторный анализ сигналов	Анализ источников питания, тестирование по предельным значениям/маске, анализ видеосигналов, векторный анализ сигналов, анализ джиттера
<b>Характеристики стандартных пробников</b>	100 МГц, 12 пФ или 200 МГц, 12 пФ	250 МГц, 3,9 пФ 500 МГц, 3,9 пФ или 1 ГГц, 3,9 пФ	500 МГц, 3,9 пФ или 1 ГГц, 3,9 пФ	500 МГц, 3,9 пФ или 1 ГГц, 3,9 пФ

## Области применения

### ■ Разработка встраиваемых систем

Быстрое обнаружение и решение проблем системного уровня при отладке встраиваемых систем со смешанными сигналами, в которых используются распространенные последовательные шины и беспроводные интерфейсы.

### ■ Разработка источников питания

Достоверные и воспроизводимые измерения напряжения, тока и мощности, а также автоматические измерения качества питающих напряжений, коммутационных потерь, гармонических составляющих, пульсаций, модуляции и области безопасной работы с широким выбором пробников в рамках приемлемого по цене решения.

### ■ Обнаружение ЭМ помех

Быстрое обнаружение источника электромагнитных помех во встраиваемой системе за счет анализа сигналов во временной области. Наглядное представление излучаемых ЭМ помех системы в режиме реального времени.

### ■ Исследование сигналов беспроводных сетей

Осциллограф серии MDO4000C позволяет исследовать сигналы всей системы – аналоговые, цифровые и РЧ, – а также временные соотношения между ними. Это обеспечивает глубокое понимание поведения различных систем беспроводной связи – Bluetooth, 802.11 WiFi, ZigBee и других. При одном захвате в ультраширокой полосе частот можно оценивать взаимодействия между сигналами нескольких беспроводных технологий или просматривать весь диапазон частот современного широкополосного стандарта, такого как 802.11/ad.

### ■ Обучение

Одновременное управление несколькими приборами на стенде может оказаться затруднительным. При использовании осциллографа серии MDO4000C, выполненного по принципу "шесть в одном", нет необходимости управлять несколькими приборами. При наличии встроенного анализатора спектра можно провести лабораторную работу по современным беспроводным технологиям с минимальными затратами. Возможность полной модернизации позволит добавлять функциональность по мере необходимости и в зависимости от бюджета.

### ■ Производственные испытания и диагностика

В производственных цехах часто возникают проблемы из-за недостатка места для размещения приборов. Осциллограф серии MDO4000C, в котором использовано решение "6 в 1", позволит минимизировать пространство, занимаемое измерительными приборами. Объединение функций нескольких приборов в одном корпусе снижает расходы на производственное тестирование и диагностику.

## 1- Осциллограф

Осциллограф серии MDO4000C – это осциллограф высокого класса с разнообразными функциями для ускорения каждого этапа отладки – от быстрого обнаружения и захвата аномалий до поиска в записи осциллограммы интересующих событий, анализа характеристик этих событий и поведения исследуемого устройства.

**Технология цифрового люминофора с режимом быстрого захвата FastAcq™** – Для того чтобы устранить проблему, нужно ее локализовать. Каждому инженеру-конструктору приходится тратить время на поиск проблем в разрабатываемом устройстве, что при отсутствии необходимых инструментов превращается в весьма утомительный и трудоемкий процесс.

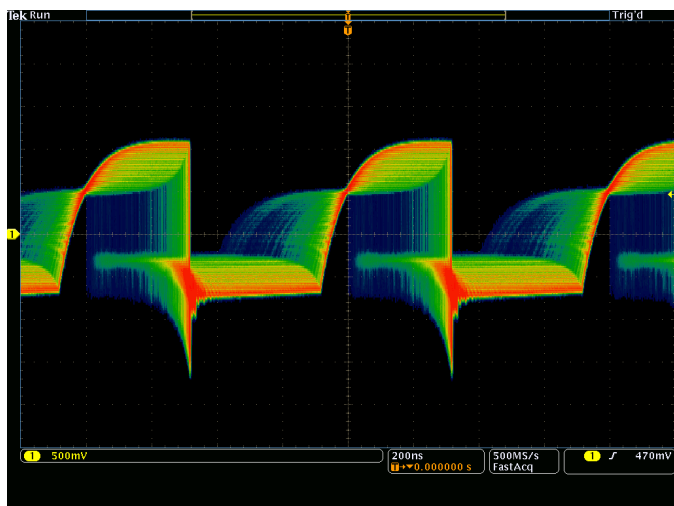
Технология цифрового люминофора с режимом захвата FastAcq позволяет быстро оценить истинные процессы, происходящие в исследуемом устройстве. Большая скорость захвата – более 340 000 осциллограмм в секунду – обеспечит высокую вероятность обнаружения кратковременно возникающих проблем, достаточно распространенных в цифровых системах: рантов, глитчей, нарушений синхронизации и многих других.

Градация яркости для индикации частоты появления редких переходов относительно среднестатистических характеристик сигналов позволяет улучшить отображение редких событий. В режиме захвата FastAcq для отображения осциллограмм применяются четыре цветовые палитры.

- *Температурная палитра* использует цветовое кодирование для индикации часто появляющихся событий с помощью теплых цветов (красный и желтый) и редко появляющихся событий – с помощью холодных цветов (синий и зеленый).
- *Спектральная палитра* использует цветовое кодирование для индикации часто появляющихся событий с помощью холодных цветов, например синего цвета, и редко появляющихся событий – с помощью теплых цветов, например красного цвета.
- *Нормальная палитра* использует стандартный цвет канала (например, желтый для первого канала) с градацией яркости для индикации частоты появления событий, причем более высокая яркость соответствует часто появляющимся событиям.
- *Инвертированная палитра* использует стандартный цвет канала с градацией яркости для индикации частоты появления событий, причем более высокая яркость соответствует редко появляющимся событиям.

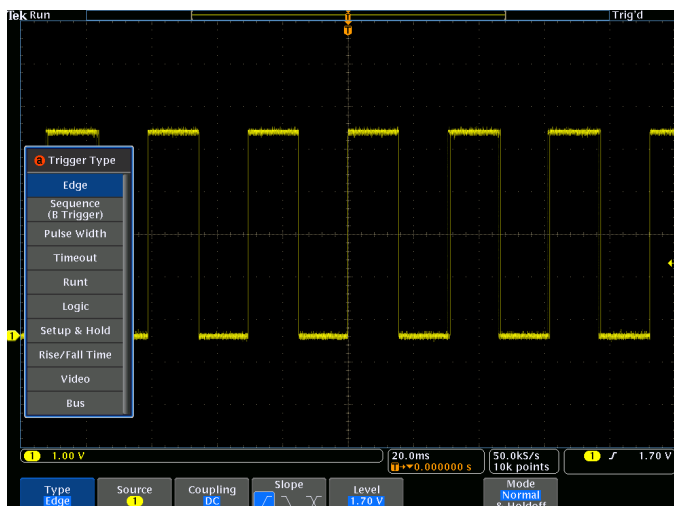
За счет этого сразу выделяются часто появляющиеся события или, в случае неперiodических аномалий, редко появляющиеся события.

Возможность выбора бесконечного или регулируемого времени послесвечения позволяет задавать время наблюдения осциллограмм на дисплее и помогает определять частоту появления аномалии.



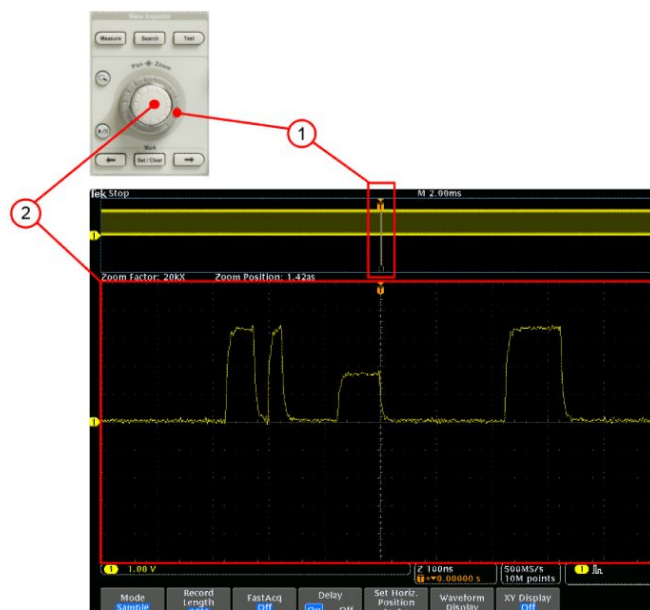
Технология цифрового люминофора обеспечивает захват более 340 000 осциллограмм в секунду и отображение градаций яркости в режиме реального времени.

**Запуск** – Обнаружение неисправности устройства – это лишь первый шаг. Теперь нужно захватить интересное событие, чтобы установить причину его возникновения. В осциллографе серии MDO4000C предусмотрено более 125 комбинаций запуска, обеспечивающих полный набор вариантов для ускорения поиска интересующего события. Запуск может осуществляться по ранту, логической комбинации, длительности импульса/глитча, нарушению времени установки и времени удержания, последовательным пакетам и данным параллельной шины. Благодаря длине записи до 20 млн. точек, можно захватывать сразу несколько интересующих событий и даже тысячи последовательных пакетов с сохранением высокого разрешения, позволяющего детально рассматривать мельчайшие подробности сигнала и записывать достоверные результаты измерений.



Более 125 комбинаций запуска облегчают захват интересующего события.

**Панель управления Wave Inspector® для навигации и автоматического поиска** – Большая длина записи позволяет при одном захвате получать тысячи экранов информации с осциллограммами. С помощью панели управления Wave Inspector®, представляющей лучшее в отрасли средство навигации и автоматического поиска, интересные события можно находить за считанные секунды.

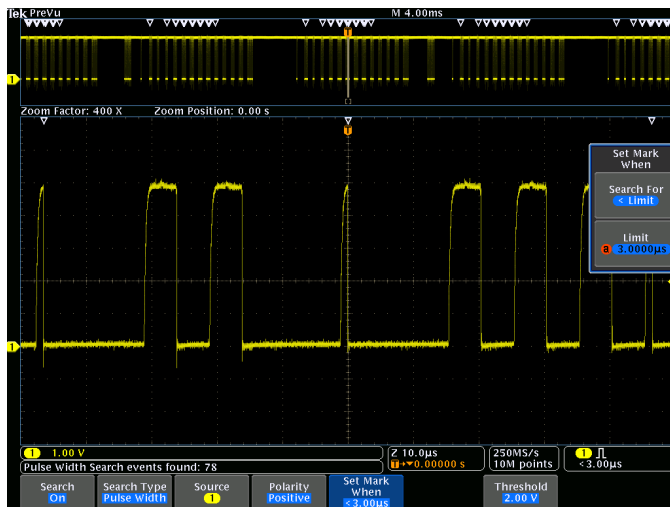


Панель управления Wave Inspector обеспечивает непревзойденную эффективность просмотра, навигации и анализа данных. Поворачивая внешнюю ручку панорамирования (1), можно пролистать все точки записи. Перемещение из начала в конец займет считанные секунды. А если вы увидели нечто интересное и хотите подробнее это рассмотреть? Просто поверните внутреннюю ручку масштабирования (2).

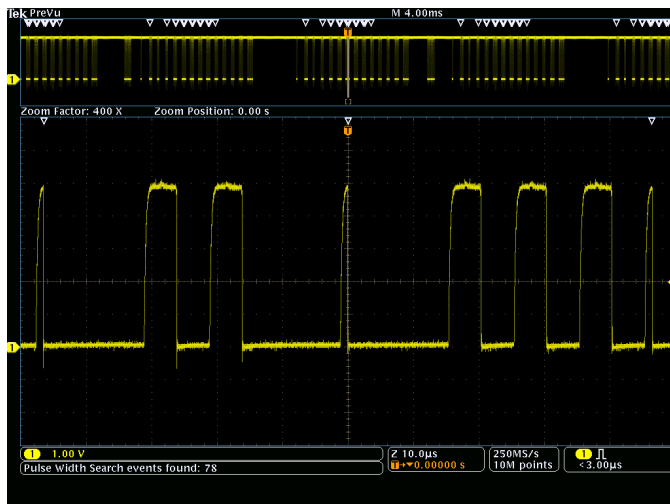
**Масштабирование/панорамирование (Zoom/Pan)** – Специальная двоякая поворотная ручка на передней панели позволяет интуитивно управлять масштабированием и панорамированием. Внутренняя ручка управляет коэффициентом увеличения (или масштабированием); при ее повороте по часовой стрелке выполняется растяжение сигнала с постепенным переходом к более высоким коэффициентам увеличения, а при повороте против часовой стрелки коэффициент увеличения постепенно уменьшается до отключения масштабирования. Вам больше не придется открывать несколько меню для настройки масштаба изображения. Внешняя ручка перемещает окно обзора по сигналу, позволяя быстро достичь нужного фрагмента осциллограммы. Кроме того, внешняя ручка оснащена механизмом обратной связи, который позволяет контролировать скорость панорамирования осциллограммы. Чем больше вы поворачиваете внешнюю ручку, тем быстрее перемещается окно просмотра. Направление панорамирования изменяется простым поворотом ручки в другую сторону.

**Пользовательские метки** – Нажмите кнопку **Set Mark** (Установить метку) на передней панели, чтобы отметить одно или несколько мест на осциллограмме. Для быстрой навигации между метками достаточно нажать кнопки **Previous (Назад)** (←) и **Next (Вперед)** (→) на передней панели.

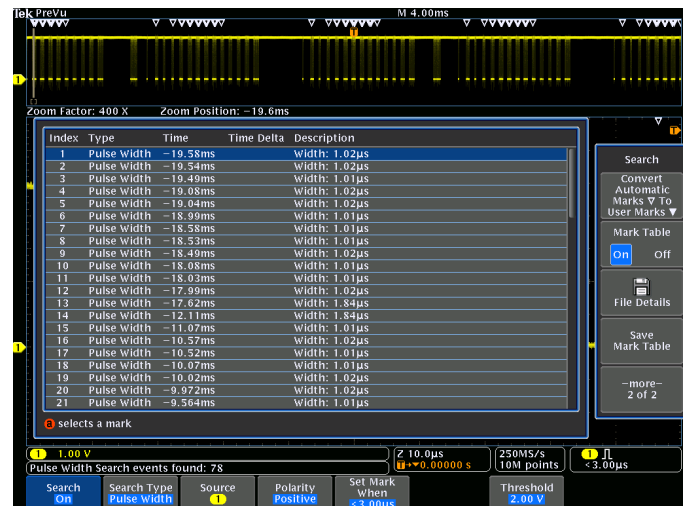
**SearchMarks** – Кнопка **Search** (Поиск) позволяет автоматически просматривать длинные захваченные фрагменты и выполнять поиск определенных пользователем событий. Все появления заданного события помечаются поисковыми метками, между которыми можно перемещаться с помощью кнопок передней панели **Previous (Назад)** (←) и **Next (Вперед)** (→). Возможен поиск фронтов, импульсов/глитчей определенной длительности, заданного времени ожидания, рантов, логических комбинаций, времени установки и удержания, переднего/заднего фронта определенной длительности, данных параллельных шин и содержимого пакетов шин I<sup>2</sup>C, SPI, RS-232/422/485/UART, USB 2.0, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, MIL-STD-1553 и I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM и пакета аудиоданных. События, найденные при автоматическом поиске, отображаются в виде таблицы событий с метками поиска. Каждое событие снабжено меткой времени для облегчения измерений временных интервалов между событиями.



Первый этап поиска. Определение события для поиска.



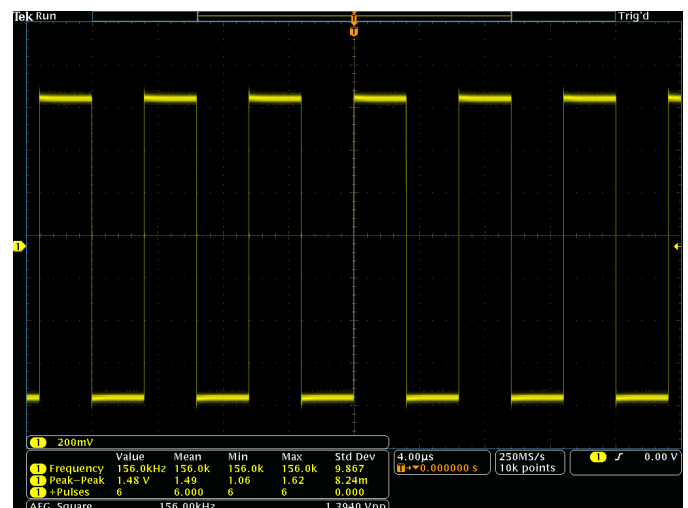
Второй этап поиска. Панель управления Wave Inspector позволяет автоматически просматривать запись и помечать найденные события белыми треугольниками. Теперь можно перемещаться между событиями с помощью кнопок **Previous (Назад)** и **Next (Вперед)**.



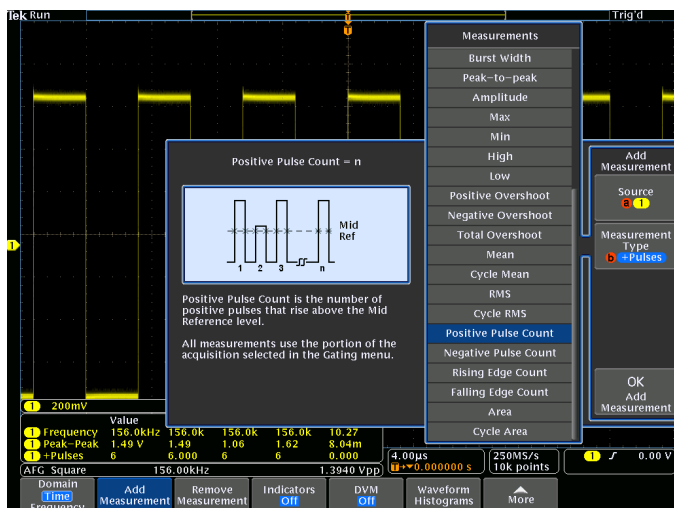
Третий этап поиска. События, найденные при автоматическом поиске, отображаются в виде таблицы событий с метками поиска. Каждое событие снабжено меткой времени для облегчения измерений временных соотношений между событиями.

**Анализ осциллограмм** – Для того чтобы проверить соответствие технических характеристик прототипа его программной модели и убедиться в том, что он способен решать поставленные задачи, необходимо проанализировать все режимы работы. Эта задача может потребовать самых разнообразных измерений – от простой проверки времени нарастания и длительности импульсов до сложного анализа вносимого затухания и исследования источников шумов.

Осциллограф предлагает всеобъемлющий набор встроенных средств анализа, включая привязанные к сигналу и экрану курсоры, автоматические измерения, расширенный набор математических функций, в том числе редактор уравнений, построение гистограмм, быстрое преобразование Фурье и диаграммы трендов для визуального определения изменений результатов со временем.



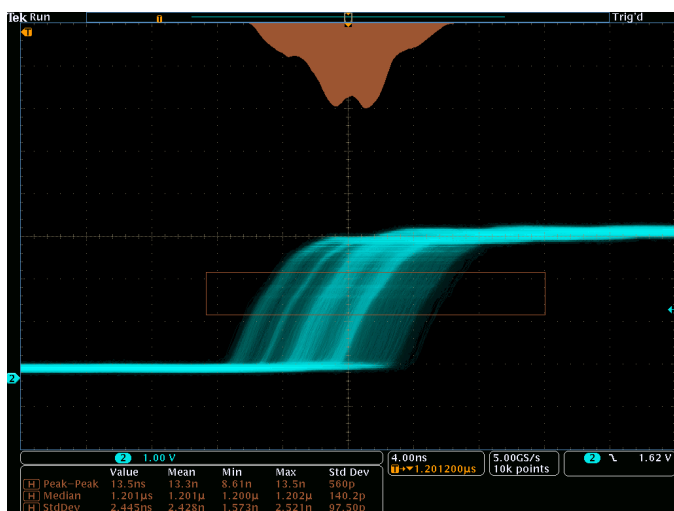
На основе результатов автоматических измерений можно получать статистические представления характеристик сигнала с высокой воспроизводимостью.



Каждое измерение снабжено текстом и символом для объяснения того, как оно выполнено.

Гистограммы сигнала дают визуальное представление об изменении сигналов во времени. Горизонтальные гистограммы сигнала полезны для анализа джиттера и его распределения в синхросигнале. Вертикальные гистограммы используются для анализа шума в сигнале и его спектрального распределения.

На основе измерений, полученных с помощью гистограмм, получают аналитическую информацию о распределении гистограммы сигнала, позволяющую точно определять ширину распределения, среднеквадратическое отклонение, среднее значение и другие значения.



Гистограмма сигнала, построенная по положительному перепаду импульса, помогает оценить распределение положения перепада (джиттер) во времени. На экране отображаются числовые значения результатов измерений, полученные на основе гистограммы.

**Проектирование и разработка видеоустройств (опция)** – Многие инженеры, работающие с видеооборудованием, предпочитают аналоговые осциллографы, считая, что градации яркости на дисплее ЭЛТ дают единственную возможность заметить некоторые мелкие детали видеосигнала. Высокая скорость захвата осциллографов серии MSO/DPO4000C в сочетании с градациями яркости сигнала предоставляет столь же информативное изображение, как и на аналоговом осциллографе, и в то же время позволяет разглядеть значительно больше деталей и воспользоваться всеми преимуществами цифровых осциллографов.

Такие стандартные функции, как разметка шкалы в IRE и mV, выравнивание по полям, полярность видеосигнала и автонастройка, достаточно интеллектуальная для обнаружения видеосигналов, превращают осциллографы в самые простые в обращении приборы для видеоприложений. А благодаря широкой полосе пропускания и четырем аналоговым входам такие осциллографы обладают достаточными характеристиками для работы с любыми аналоговыми и цифровыми видеосигналами.

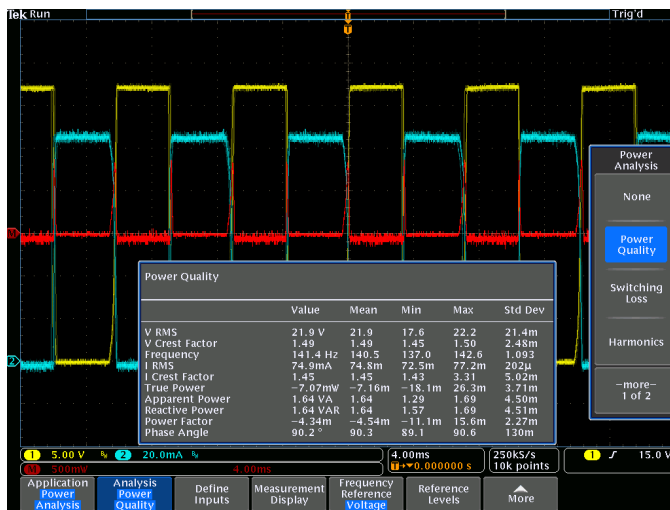
Видеофункции осциллографов расширяются с помощью опционального модуля видеообработки, располагающего наиболее полным в отрасли набором функций запуска по сигналам HDTV и специальным (нестандартным) видеосигналам, а также режима просмотра видеоизображений для видеосигналов стандарта NTSC или PAL. Вы можете оценить дополнительные возможности анализа видеосигналов, воспользовавшись 30-дневной бесплатной лицензией. Действие этой лицензии начинается с момента первого включения прибора.



Просмотр видеосигнала стандарта NTSC. В режиме просмотра видеоизображений предусмотрены автоматическая и ручная регулировка яркости и контрастности.

**Анализ источников питания (опция)** – Постоянно растущие требования к увеличению времени работы от батарей и поиск более экологичных решений с меньшим энергопотреблением заставляют разработчиков источников питания измерять и минимизировать коммутационные потери. Кроме того, для удовлетворения требований международных и национальных стандартов на системы питания, необходимо измерять мощность источников питания, чистоту выходного спектра и уровень гармоник в цепях питания. Традиционно сложилось так, что измерение этих и многих других параметров с помощью осциллографа отнимало много времени и представляло собой кропотливый ручной процесс. Дополнительные средства анализа источников питания, предлагаемые осциллографами серии MSO/DPO4000C, существенно упрощают эти операции, позволяя быстро и точно измерять качество источников питания, коммутационные потери, уровень гармоник, область безопасной работы (ОБР), модуляцию, пульсации и скорость нарастания тока и напряжения (di/dt, dV/dt). Благодаря полной интеграции в схему осциллографа, средства анализа источников питания позволяют одним нажатием кнопки выполнять автоматические, воспроизводимые измерения, причем без внешнего компьютера и сложных программных настроек. Вы можете оценить дополнительные возможности анализа источников питания, воспользовавшись 30-дневной бесплатной лицензией.

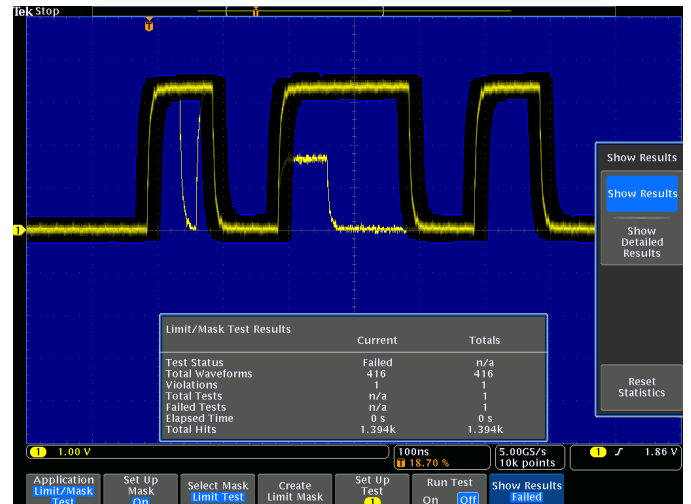
Действие этой лицензии начинается с момента первого включения прибора.



Измерения показателей качества источника питания. Функции автоматического измерения параметров питания позволяют быстро и точно анализировать общие характеристики источников питания.

### Тестирование по предельным значениям и маске (опция) –

Распространенной задачей в процессе разработки систем является контроль параметров определенных сигналов в этой системе. Один из методов, известный как тестирование по предельным значениям, заключается в сравнении исследуемого сигнала с эталоном этого сигнала с определенными пользователем вертикальными и горизонтальными допусками. Другой распространенный метод, известный как тестирование по маске, основан на сравнении исследуемого сигнала с шаблоном и выявлении мест несовпадений. Осциллографы серии MDO4000C поддерживают оба метода, что полезно для долговременного мониторинга сигналов, измерения характеристик сигналов в процессе разработки и для тестирования устройств на производственных линиях. Поддерживается тестирование на соответствие множеству коммуникационных и компьютерных стандартов. Кроме того, пользователь может создавать собственные маски и использовать их для контроля сигналов. Для задания теста в соответствии со специальными требованиями необходимо указать его длительность в единицах времени или в числе осциллограмм, определить порог сравнения, который должен быть превышен для признания теста неудачным, указать число попаданий в маску со статистической информацией и определить действия, которые надо выполнить при выходе за пределы, неудачном тестировании и по завершении теста. И как бы вы ни определяли маску – по известному эталонному сигналу или по специальному или стандартному шаблону – никогда еще разбавка сигнала в зависимости от наличия таких аномалий, как глитчи, не была столь простой, как теперь. Вы можете оценить дополнительные возможности тестирования по предельным значениям и маске, воспользовавшись 30-дневной бесплатной лицензией. Действие этой лицензии начинается с момента первого включения прибора.

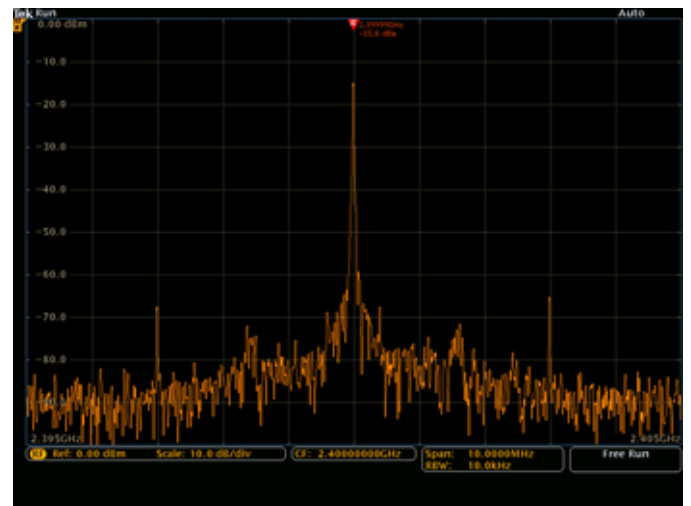


Режим тестирования по предельным значениям, показывающий маску, созданную на основе эталонного сигнала, и результаты сравнения с реальным сигналом. Выводится также статистическая информация о тестировании.

## 2- Анализатор спектра (опция)

**Быстрый и точный анализ спектра** – При использовании только радиочастотного входа дисплей осциллографа серии MDO4000C переходит в режим полноэкранного отображения частотной области.

Все основные параметры спектра, такие как центральная частота, полоса обзора, опорный уровень и полоса разрешения, настраиваются легко и быстро с помощью специальных кнопок меню на передней панели и клавиатуры.

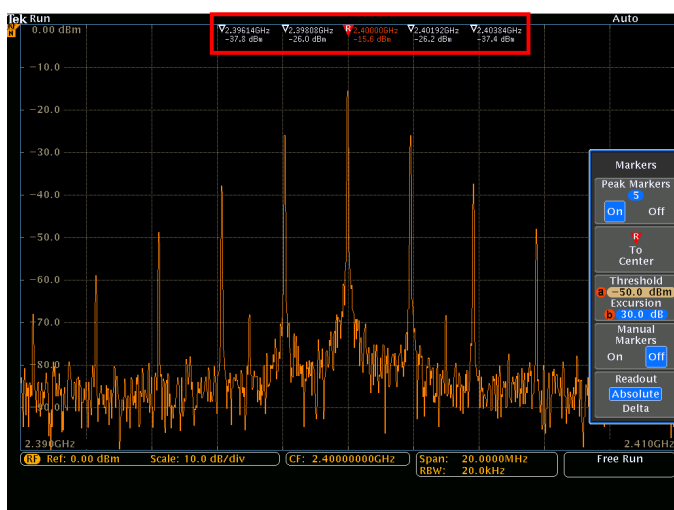


Отображение частотной области на экране MDO4000C.

**Удобные интеллектуальные маркеры** – В обычных анализаторах спектра включение и размещение достаточно большого количества маркеров для обозначения всех интересующих пиков может стать довольно трудоёмкой и утомительной задачей. Осциллографы серии MDO4000C повышают эффективность этого процесса за счет автоматической расстановки маркеров на пиках и отображения значений частоты и амплитуды для каждого пика. Критерии поиска пиков могут настраиваться пользователем.

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

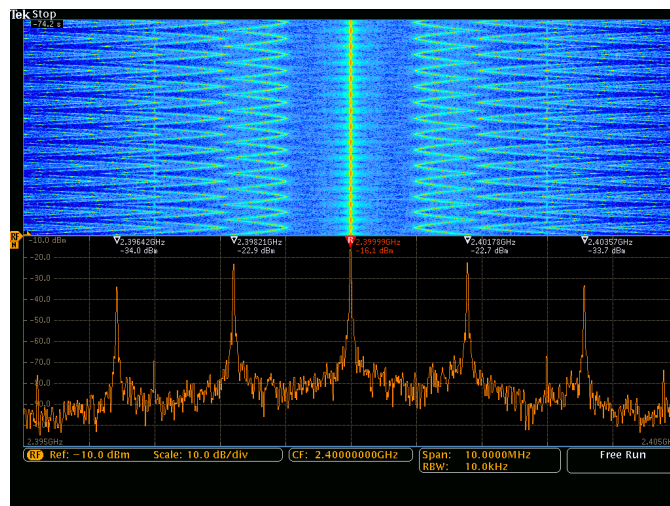
Для измерения непиковых участков спектра можно воспользоваться двумя ручными маркерами. При включении ручных маркеров один из них выполняет роль опорного маркера, позволяя проводить измерения в любой части спектра. В зависимости от выбранного режима («Absolute» или «Delta»), помимо значений частоты и амплитуды показания ручных маркеров представляют плотность шума и фазовый шум. С помощью функции «Reference Marker to Center» («Опорный маркер в центр») можно мгновенно перемещать частоту, обозначенную опорным маркером, в положение центральной частоты.



Автоматические маркеры пиковых значений позволяют наглядно представлять важную информацию. На рисунке показаны пять самых высоких амплитудных пиков. Они автоматически обозначены маркерами, поскольку превышают пороговые значения и величину показателя отклонения; для каждого маркера приведены значения пиковой амплитуды и частоты.

**Спектрограмма** – Осциллографы серии MDO4000C с опцией SA3 или SA6 позволяют отображать спектры в виде спектрограмм, которые являются 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», чтобы создать ряд высотой в 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. При каждом следующем захвате в нижней части спектрограммы появляется новый слой, а предшествующие слои сдвигаются на один ряд вверх. После прекращения сбора данных пользователь может прокрутить всю спектрограмму в обратном направлении и посмотреть любой отдельный спектр.



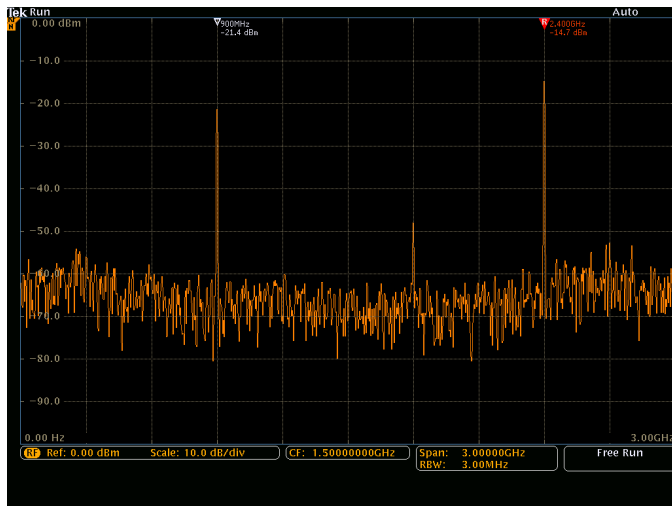
В режиме спектрограммы отображаются медленно изменяющиеся события в РЧ сигналах. На данном рисунке показан сигнал с несколькими пиками. Изменения во времени значений частоты и амплитуды этих пиков легко отслеживаются на спектрограмме.

**Сверхширокая полоса захвата** – Современные средства беспроводной связи развиваются очень быстро. В них часто используются технологии пакетной передачи данных и сложные схемы цифровой модуляции. Эти виды модуляции имеют очень широкую полосу 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 установленных пределах для построения нужного изображения. В результате, пока анализатор захватывает и обрабатывает один участок спектра, представляющее интерес событие может произойти в другой части спектра. Большинство анализаторов спектра, доступных сегодня на рынке, имеют полосу захвата 10 МГц, которая с помощью дорогостоящих опций может быть расширена до 20, 40 или даже 160 МГц.

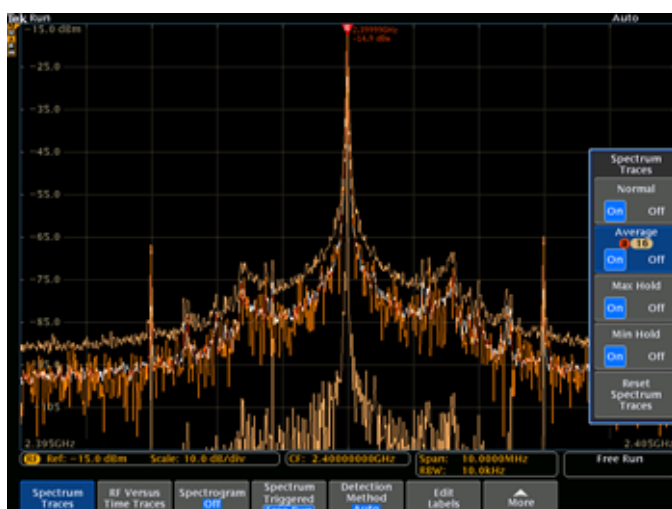


Чтобы соответствовать требованиям современных PC приложений по полосе частот, осциллографы серии MDO4000C обеспечивают полосу захвата  $\geq 1$  ГГц. При установке значения полосы обзора 1 ГГц и менее сканирование всего диапазона не требуется. Спектр генерируется из данных, полученных за один захват, поэтому вы гарантированно увидите все события, которые искали в частотной области. Поскольку встроенный анализатор спектра имеет специальный PC вход, он обладает равномерной АЧХ в полосе до 3 ГГц или до 6 ГГц, что выгодно отличает его от осциллографов с БПФ, в которых наблюдается спад АЧХ до 3 дБ вблизи верхней границы полосы пропускания входного канала.



Отображение спектров сигналов пакетной передачи данных, полученных за один захват, на входе и выходе преобразователя протокола Zigbee (900 МГц) в протокол Bluetooth (2,4 ГГц).

**Трассы спектра** – Приборы серии MDO4000C обеспечивают четыре режима отображения спектра (типа трасс) сигналов с входа анализатора спектра: 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 используется по умолчанию и позволяет автоматически устанавливать тип детектирования, оптимальный для текущей конфигурации. Доступны следующие типы детекторов: положительный пик, отрицательный пик, усреднение, выборка.



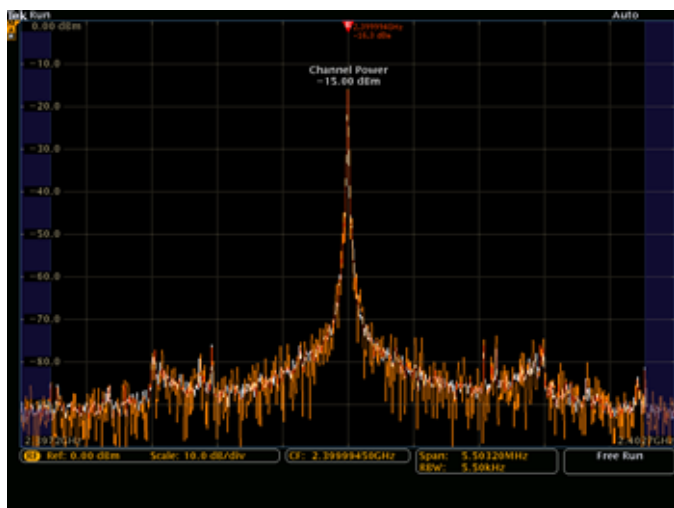
Используемые типы трасс спектра: нормальный, усреднение, удержание максимума, удержание минимума

**Режим запуска: ждущий или автоматический** – Когда представления сигнала во временной и частотной областях отображаются на экране одновременно, захват спектра всегда осуществляется с запуском по системному событию, при этом спектр коррелирован по времени с отображаемыми осциллограммами во временной области. Однако если на экране отображается представление только в частотной области, анализатор спектра может быть настроен на автоматический запуск. Этот режим полезен при непрерывных измерениях в частотной области, не связанных с событиями во временной области.

**Расширенные возможности запуска по сигналам аналоговых, цифровых и PC каналов** – Для работы с быстро изменяющимися во времени сигналами, свойственными современным PC приложениям, осциллографы серии MDO4000C оснащены системой запуска, которая полностью интегрирована с PC, аналоговыми и цифровыми каналами. Это означает, что одно событие запуска позволяет согласовать сбор данных сразу по всем каналам, в результате чего можно захватить спектр именно 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 входе анализатора спектра. В качестве примера можно привести запуск по событию включения или выключения PC передатчика.

Дополнительный модуль MDO4TRIG обеспечивает расширенные возможности запуска по PC сигналам. Этот модуль позволяет использовать уровень мощности на входе анализатора спектра 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 PC импульсу определённой длительности или использовать PC канал анализатора спектра в качестве входа для запуска по логическим состояниям, чтобы запускать осциллограф только тогда, когда и PC, и остальные сигналы активны.

**PC измерения** – Осциллографы серии MDO4000C выполняют три вида автоматических PC измерений: измерение мощности сигнала в канале, коэффициента развязки соседних каналов по мощности и ширины занимаемой полосы частот. При активации какого-либо из этих режимов измерения осциллограф автоматически включает режим отображения спектра и метод детектирования «Усреднение» («Average») для оптимизации результатов измерений.



Автоматическое измерение мощности в канале

**Обнаружение ЭМ помех** – Тестирование на электромагнитную совместимость (ЭМС) обходится довольно дорого, независимо от того, приобретаете ли вы оборудование для самостоятельного тестирования или оплачиваете сторонние услуги по тестированию для сертификации вашей продукции. При этом предполагается, что ваше изделие проходит сертификацию впервые. Несколько визитов в тестовую лабораторию может существенно повысить стоимость и увеличить время выполнения проекта. Минимизировать издержки можно за счет выявления проблем ЭМС на ранних этапах проектирования. Для определения частоты и амплитуды паразитных сигналов обычно использовались анализаторы спектра с комплектами пробников ближнего поля, но их возможности определять причину появления проблемы довольно ограничены. Теперь разработчики все чаще применяют осциллографы и логические анализаторы, поскольку большинство проблем, связанных с ЭМП, возникают в современных устройствах в результате сложного взаимодействия множества цифровых сигналов.

Прибор MDO4000C, объединяющий в себе осциллограф, логический анализатор и анализатор спектра, является идеальным инструментом для выявления проблем электромагнитной совместимости при разработке современных устройств. Многие проблемы, связанные с ЭМП и возникающие в генераторах тактовой частоты, источниках питания и каналах последовательной передачи данных, выявляются в результате анализа во временной области. Обеспечивая коррелированное по времени отображение аналоговых, цифровых и РЧ сигналов, MDO4000C является единственным прибором, который может установить связь между событиями во временной и частотной областях.

**Снятие РЧ сигналов для измерения спектра** – Подача сигнала на вход анализаторов спектра обычно осуществляется по кабельной линии или через антенну. Применение дополнительного адаптера TPA-N-VPI в осциллографах серии MDO4000C позволяет использовать любой активный пробник TekVPI с входным сопротивлением 50 Ом. Это обеспечивает дополнительную гибкость при поиске источников помех и облегчает анализ спектра благодаря возможности быстрой подачи на РЧ вход необходимого сигнала.

Кроме того, для исследования сигналов малой амплитуды используется дополнительный предусилитель TPA-N-PRE, который обеспечивает номинальный коэффициент усиления 12 дБ в полосе частот от 9 кГц до 6 ГГц.

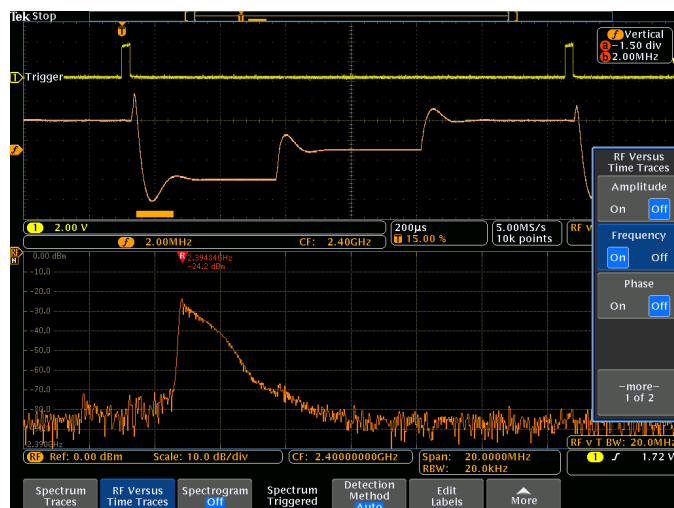


С помощью опционального адаптера TPA-N-VPI к РЧ входу можно подсоединить любой активный пробник TekVPI с входным сопротивлением 50 Ом.

**Визуализация РЧ сигнала** – В окне временной области дисплея осциллографа серии MDO4000C отображаются три осциллограммы, которые получаются из основных I и Q компонентов сигнала, подаваемого на вход анализатора спектра:

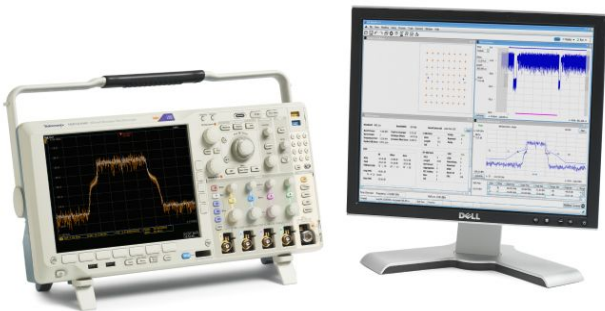
- Амплитуда – зависимость мгновенных значений амплитуды подаваемого на вход анализатора спектра сигнала от времени;
- Частота – зависимость от времени мгновенных значений частоты РЧ сигнала относительно центральной частоты;
- Фаза – зависимость от времени мгновенных значений фазы РЧ сигнала относительно 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.



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

**Расширенный анализ РЧ сигналов** – При совместной работе с ПО SignalVu-PC и опцией Live Link осциллографы серии MDO4000C становятся векторным анализатором сигналов с полосой захвата до 1 ГГц. Программное обеспечение векторного анализа SignalVu-PC позволяет ускорить анализ, отображая все изменения широкополосных сигналов во времени при проведении аттестационных испытаний устройств беспроводной связи WLAN, широкополосных РЛС, высокоскоростных систем спутниковой связи или систем со скачкообразной перестройкой частоты. Среди доступных опций анализа – анализ качества сигналов Wi-Fi (IEEE 802.11 a/b/g/j/n/p/ac), тестирование передатчика Bluetooth на соответствие стандарту, анализ импульсных сигналов, измерения параметров аудиосигналов, анализ аналоговой модуляции AM/ЧМ/ФМ, общий анализ цифровой модуляции и многое другое.



Осциллограф MDO4000C совместно с ПО SignalVu-PC анализирует модулированные сигналы стандарта 802.11ac.

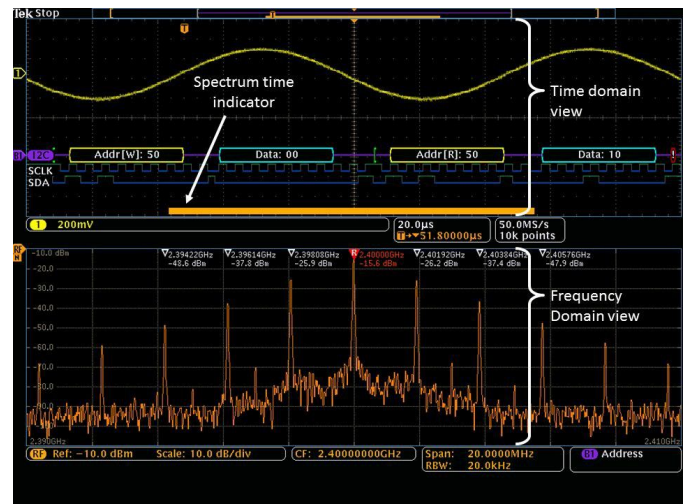
**Глубокий анализ аналоговых, цифровых и РЧ сигналов с корреляцией по времени** – Комбинированные осциллографы серии MDO4000C – это первые в мире осциллографы со встроенным анализатором спектра. Теперь не нужно искать и осваивать анализатор спектра, чтобы исследовать сигнал в частотной области. Вместо этого вы можете использовать самый популярный прибор – осциллограф.

При этом функциональные возможности осциллографов серии MDO4000C не ограничены простым представлением сигналов в частотной области, что позволяют делать и обычные анализаторы спектра. Бесспорным преимуществом новых приборов является их способность соотносить события в частотной области с вызывающими их причинами во временной области.

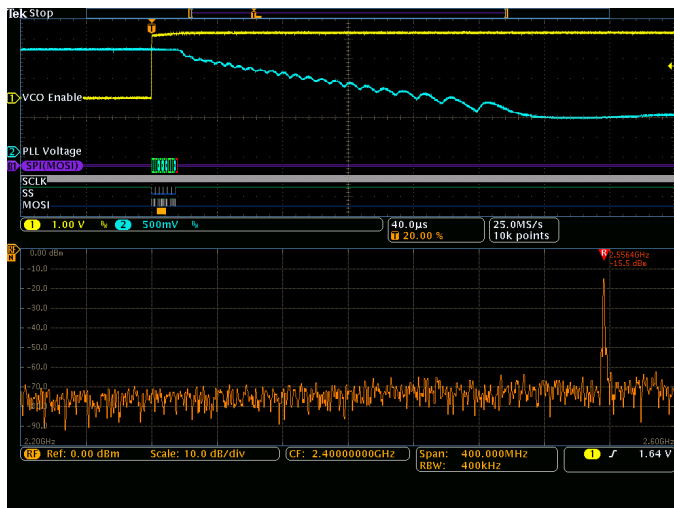
Если в осциллографе задействованы одновременно радиочастотный и любой из аналоговых или цифровых каналов, дисплей прибора делится на две части. Верхняя часть служит для традиционного представления сигналов во временной области. В нижней части отображается сигнал с РЧ входа в частотной области. Особо 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.

Еще одно важное отличие заключается в том, что в традиционном осциллографе с функцией БПФ, как правило, можно увидеть либо представление БПФ, либо представление сигнала во временной области, но никогда оба одновременно. Причина этого кроется в том, что обычные осциллографы имеют только одну систему сбора данных с единственным набором пользовательских настроек, таких как длина записи, частота дискретизации и скорость развертки, определяющих представление данных. В противоположность этому, осциллографы серии MDO4000C имеют независимую систему захвата по РЧ входу, которая коррелирована по времени с системами захвата аналоговых и цифровых каналов. Это позволяет оптимально настраивать представление в каждой области, обеспечивая полную корреляцию по времени при просмотре всех аналоговых, цифровых и РЧ сигналов.

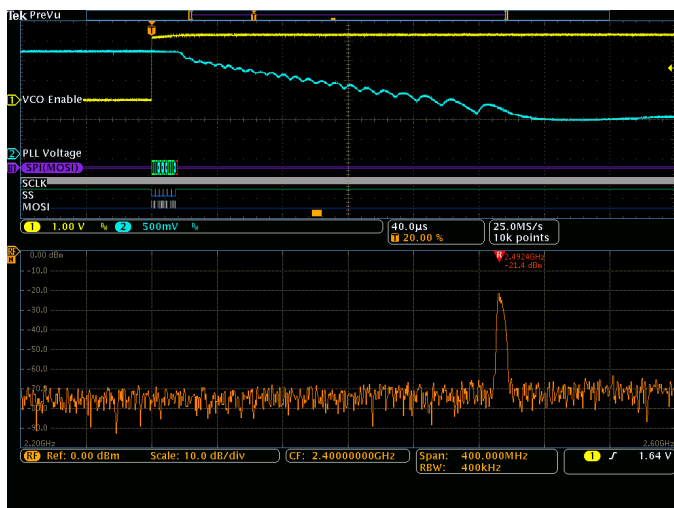
Спектр, отображаемый в частотной области, соответствует периоду времени, обозначенному короткой оранжевой полосой, которая расположена во временной области и называется "временем спектра" (Spectrum Time, ST). Осциллограф серии MDO4000C позволяет перемещать индикатор ST по захваченному сигналу, чтобы исследовать изменение спектра РЧ сигнала во времени. Следует отметить, что использование ST возможно как на «живом», так и на сохранённом сигнале.



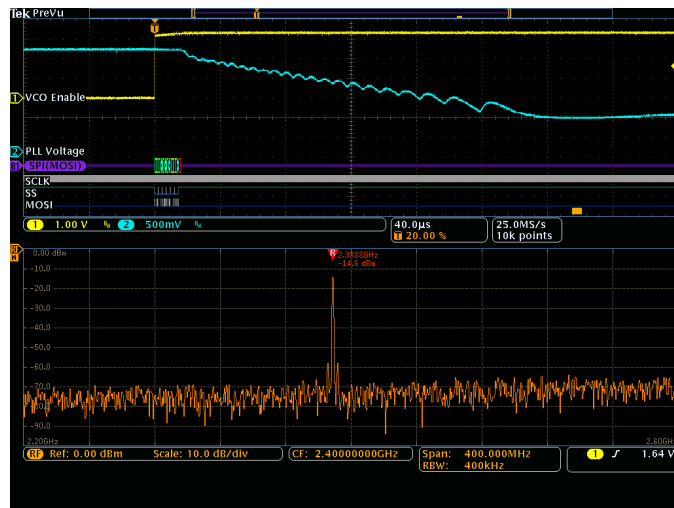
Верхняя часть дисплея осциллографа серии MDO4000C служит для отображения во временной области сигналов, поступающих на аналоговые и цифровые каналы, в то время как нижняя часть дисплея может использоваться для представления в частотной области сигнала с РЧ входа. Оранжевая полоса – индикатор «Spectrum Time» – указывает на период времени, используемый для расчёта РЧ спектра.



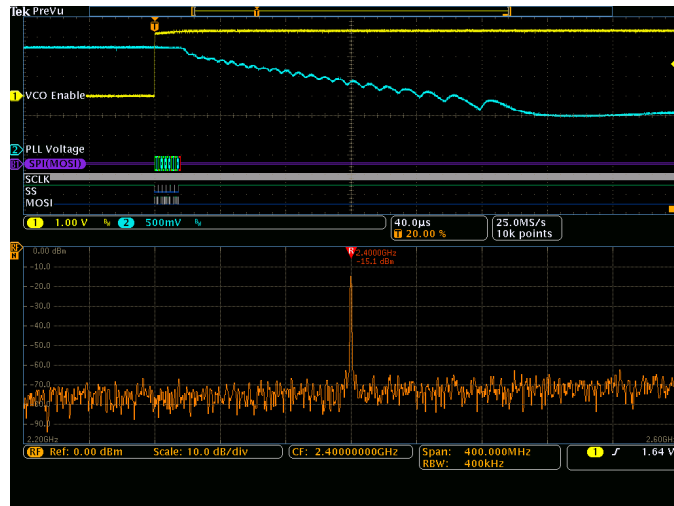
1. Представление во временной и частотной областях сигнала ФАПЧ в процессе включения. На канал 1 (жёлтая осциллограмма) подан сигнал включения ГУН. Осциллограмма канала 2 (голубая) отображает сигнал управления ГУН. Сигнал шины SPI, по которой программируется частота ФАПЧ, поступает на три цифровых канала и автоматически декодируется. Обратите внимание, что индикатор ST расположен после момента включения ГУН и совпадает по времени с командами шины SPI, задающими нужную частоту ФАПЧ, равную 2,400 ГГц. Заметим, что при включении схемы частота РЧ сигнала равна 2,5564 ГГц.



2. Индикатор «Spectrum Time» перемещён примерно на 90 мкс вправо. Спектр сигнала в этой точке указывает на то, что ФАПЧ находится в процессе настройки на нужную частоту (2,400 ГГц). В данный момент частота понизилась до 2,4924 ГГц.



3. Индикатор «Spectrum Time» перемещён ещё на 160 мкс вправо. В этой точке спектр сигнала указывает на то, что ФАПЧ фактически «проскочила» заданную частоту до значения 2,3888 ГГц.



4. В итоге примерно через 320 мкс после включения ГУН система ФАПЧ настраивается на требуемое значение частоты 2,400 ГГц.

### 3- Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (опция)

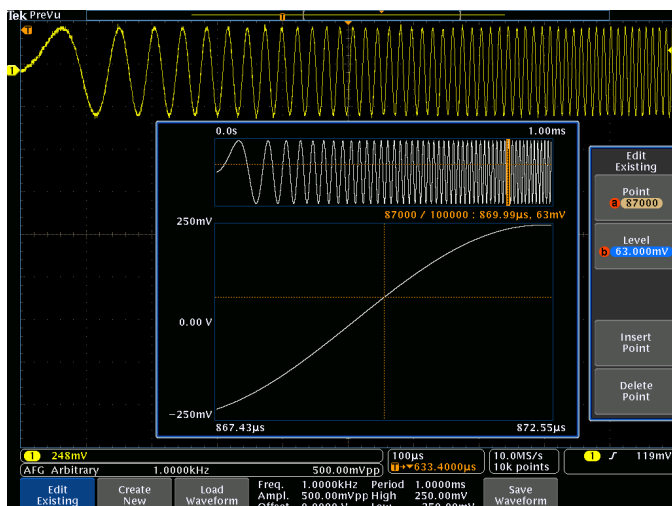
Осциллограф серии MDO4000C содержит опциональный встроенный генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (опция MDO4AFG), идеальный для имитации сигналов датчиков в процессе отладки или для добавления шума к полезным сигналам при моделировании неблагоприятных условий.

Встроенный генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций выдает сигналы с частотой до 50 МГц, в частности синусоидальные, прямоугольные, пилообразные и импульсные сигналы, постоянный ток, шум, сигналы функций кардинального синуса (Sinc), Гаусса и Лоренца, экспоненциального подъема и спада, гаверсинуса и кардиосигнал.



Выбор типа сигнала во встроенном генераторе сигналов произвольной формы и стандартных функций.

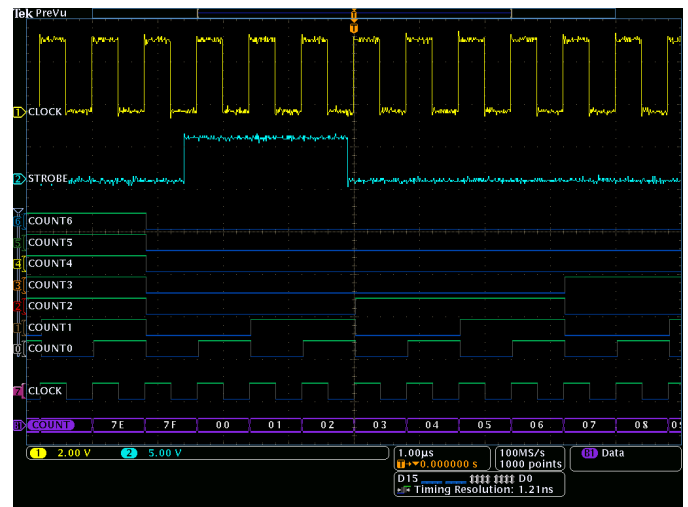
Память генератора сигналов произвольной формы составляет до 128 000 точек. В нее можно записать сигнал с аналогового входа, из сохраненного внутреннего файла, со съемного накопителя USB или с внешнего компьютера. Сигнал, записанный в редактируемую память, может быть модифицирован с помощью экранного редактора, а затем подан на выход генератора. Осциллографы серии MDO4000C совместимы с ПО ArbExpress Tektronix, позволяющим быстро и легко создавать и редактировать сложные сигналы на внешнем компьютере. Чтобы получить требуемый сигнал на выходе генератора, файл с сигналом нужно переписать в редактируемую память осциллографа MDO4000C через интерфейс USB, LAN или с использованием съемного накопителя USB.



Редактор для поточечного редактирования сигналов произвольной формы.

#### 4- Логический анализатор (опция)

Логический анализатор (опция MDO4MSO) предоставляет 16 цифровых каналов, интегрированных в интерфейс пользователя осциллографа. Это упрощает работу и облегчает решение проблем при работе с сигналами в разных областях.

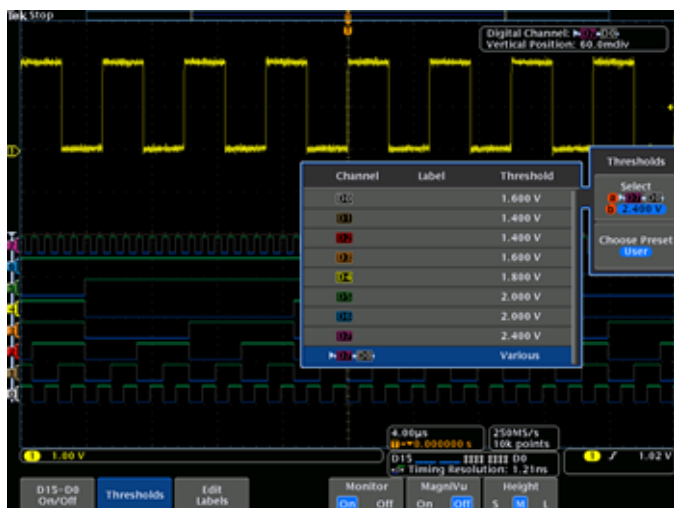


Осциллограф серии MDO4000C обеспечивает 16 цифровых каналов, что позволяет наблюдать и анализировать коррелированные по времени аналоговые и цифровые сигналы.

**Цветовое кодирование осциллограмм** – Осциллографы поддерживают цветовое кодирование логических уровней цифровых сигналов, выделяя единицы зеленым цветом, а нули – синим. Цветовое кодирование также используется в мониторе цифровых каналов. Монитор отображает уровень сигнала (высокий или низкий) или неустановившееся состояние сигнала, что позволяет определять активность канала не загромождая экран развёртками сигналов.

Встроенная схема обнаружения многократных переходов окрашивает фронт сигнала белым цветом при наличии в этой точке множества переходов. Белые фронты указывают на то, что при растяжении сигнала или захвате его с более высокой частотой дискретизации можно получить дополнительную информацию. В большинстве случаев растяжение позволяет увидеть импульсы, незаметные при прежних настройках развертки. Если белые фронты сохраняются и после максимального растяжения, то повышение частоты дискретизации при следующем захвате позволит выявить высокочастотную информацию, недоступную при предыдущих настройках.

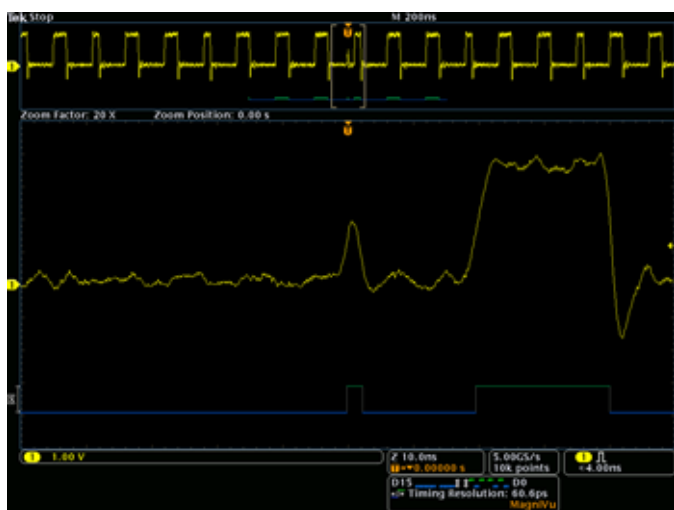
Из нескольких цифровых каналов можно сформировать группу и ввести с USB клавиатуры метки для каждого канала. Сигналы можно объединять в группу, просто размещая их на экране один рядом с другим.



Цветовое кодирование цифровых сигналов позволяет объединять их в группы, просто размещая их на экране один рядом с другим. Помеченные цифровые каналы можно перемещать единой группой.

Когда группа сформирована, все каналы группы можно перемещать по экрану одновременно. Это существенно сокращает время настройки, которое увеличивается при отдельном перемещении каждого канала.

**Режим быстрого захвата MagniVu®** – Основной режим захвата цифровых сигналов осциллографов серии MSO4000C позволяет записывать до 20 млн. точек со скоростью 500 Мвыб./с (разрешение 2 нс). Кроме этого осциллографы предлагают режим захвата со сверхвысоким разрешением по времени, получивший название MagniVu, который позволяет записывать в память прибора 10 000 точек со скоростью до 16,5 Гвыб./с (разрешение 60,6 пс). Обе осциллограммы – основная и MagniVu – захватываются при каждом запуске, при этом можно переключаться между ними и выводить их на экран в режиме остановленной или живой развертки. MagniVu обладает значительно лучшим разрешением по времени, чем другие системы захвата аналогичных моделей осциллографов других производителей, обеспечивая уверенность при выполнении точных измерений временных соотношений цифровых сигналов.



Режим захвата MagniVu обеспечивает разрешение по времени 60,6 пс, позволяя выполнять точные измерения временных характеристик цифровых сигналов.

**Пробник R6616 MSO** – Этот уникальный пробник имеет два пода по восемь каналов. Каждый из восьми сигнальных кабелей пода снабжен наконечником с возможностью подключения вывода заземления, что упрощает подключение к тестируемому устройству. Для быстрой идентификации первый кабель каждого пода окрашен в голубой цвет. В качестве общего контакта «земли» используется плоский штыревой контакт, широко применяемый в тестовых оснастках. Для подключения к группам штыревых контактов на плате тестируемого устройства на наконечники пробника R6616 нужно установить адаптеры, удлиняющие «земляной» контакт. R6616 обладает превосходными электрическими характеристиками – его входная емкость составляет всего 3 пФ, входное сопротивление 100 кОм, частота регистрируемых цифровых сигналов превышает 500 МГц, а длительность импульсов – порядка 1 нс.



Пробник R6616 MSO имеет два пода по восемь каналов каждый для упрощения подключения к исследуемому устройству.

## 5 – Запуск по сигналам последовательных шин и их анализ (опция)

Сигнал последовательной шины содержит, как правило, адрес, управляющую информацию, данные и тактовую частоту, что затрудняет интерпретацию изображения на экране осциллографа и выделение интересных событий.

Средства автоматического запуска, декодирования и поиска событий и условий в сигналах, передаваемых по последовательной шине, предоставляют надежный набор средств отладки последовательных шин. Вы можете оценить дополнительные возможности анализа и запуска по сигналам последовательных шин, воспользовавшись 30-дневной бесплатной лицензией. Действие этой лицензии начинается с момента первого включения прибора.



Запуск по конкретному пакету полноразрешенной шины USB. Желтая осциллограмма представляет собой сигнал D+, а синяя – D-. Осциллограмма сигнала шины показывает декодированное содержимое пакета, включая Старт, Синхронизацию, Идентификатор пакета, Адрес, Конечную точку, Контрольную сумму, Данные и Стоп.

**Запуск по сигналам последовательных шин** – В осциллографах серии MDO4000C поддерживается запуск по содержимому пакета, например, по началу, по конкретным адресам или данным, по уникальным идентификаторам и т. п., таких популярных последовательных интерфейсов как I<sup>2</sup>C, SPI, USB 2.0, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/ UART, MIL-STD-1553 и I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM.

**Представление шины** – Высокоуровневое комбинированное представление отдельных составляющих сигнала шины (тактовой частоты, данных, выбора кристалла и т. п.) упрощает поиск начала и конца пакетов и идентификацию их компонентов, таких как адрес, данные, идентификатор, контрольная сумма и т. п.

**Декодирование сигналов шин** – Устали от постоянного поиска тактовых частот, нулей и единиц? Надоело объединять биты в байты и вычислять шестнадцатеричные значения? Так поручите эту работу осциллографу! После того как вы определите шину, осциллографы серии MSO/DPO4000C будут декодировать каждый пакет на этой шине и отображать его значение в шестнадцатеричном, двоичном, десятичном (только USB, Ethernet, MIL-STD-1553, LIN и FlexRay), десятичном со знаком (только I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM) или ASCII (только USB, Ethernet и RS-232/422/485/UART) формате.

## Стандарты последовательных шин, поддерживаемые осциллографом MDO4000C

Стандарт		Запуск, декодирование, поиск	Закажите опцию
Встраиваемые системы	I <sup>2</sup> C	Да	DPO4EMBD
	SPI	Да	DPO4EMBD
Компьютер	RS232/422/485, UART	Да	DPO4COMP
USB	USB низко-, полно-, высокоскоростной	Да (запуск только для низко-, полно- и высокоскоростных шин) Декодирование высокоскоростных шин только в моделях с полосой пропускания 1 ГГц	DPO4USB
Ethernet	10Base-T 100Base-TX	Да	DPO4ENET
Автомобильная электроника	CAN	Да	DPO4AUTO или DPO4AUTOMAX
	LIN	Да	DPO4AUTO или DPO4AUTOMAX
	FlexRay	Да	DPO4AUTOMAX
Военное и аэрокосмическое оборудование	MIL-STD-1553	Да	DPO4AERO
Аудиосистемы	I <sup>2</sup> S	Да	DPO4AUDIO
	LJ, RJ	Да	DPO4AUDIO
	TDM	Да	DPO4AUDIO

**Таблица событий** – Кроме отображения декодированных пакетных данных на самой осциллограмме, можно представлять захваченные в память прибора пакеты в табличной форме подобно тому, как они представляются в листинге программы. При этом пакеты снабжаются метками времени и разбиваются на столбцы для каждого отдельного типа сигнала (адрес, данные и т. п.). Содержимое таблицы событий можно сохранить в формате .csv.

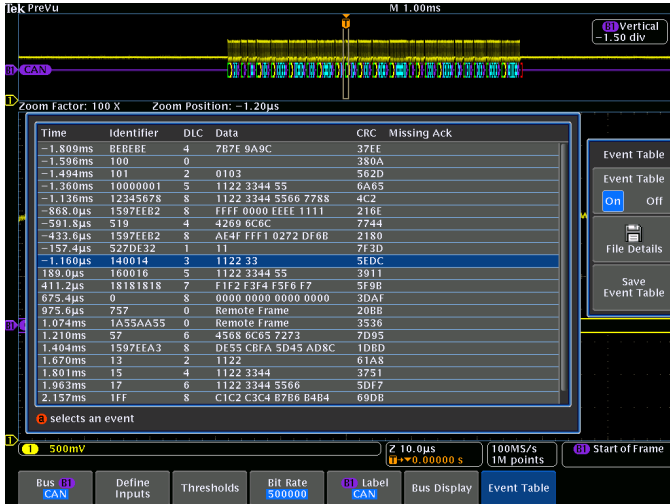
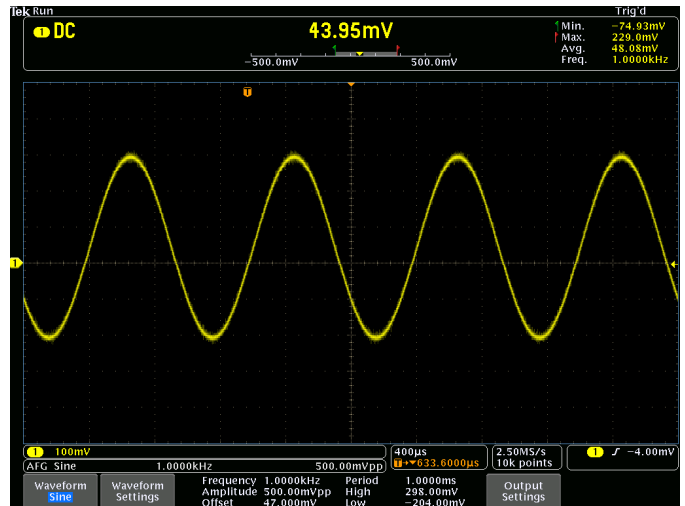


Таблица событий отображает декодированные идентификатор, код длины данных (DLC), данные и контрольную сумму (CRC) для каждого пакета шины CAN в течение длительного захвата.

**Поиск (запуск по сигналам последовательных шин)** – Запуск по сигналам последовательных шин очень полезен для выделения интересных событий. Вы захватили такое событие и хотите его проанализировать, что делать дальше? Раньше для поиска причины возникновения того или иного события вам пришлось бы вручную просматривать осциллограммы, подсчитывая и преобразуя биты. Теперь у вас есть осциллограф, позволяющий автоматически просматривать захваченные данные и выполнять поиск по указанным критериям, в том числе и по содержанию пакетов последовательных данных. Каждое обнаруженное событие снабжается меткой. Для быстрой навигации между метками достаточно нажать кнопки **Previous (Назад)** (←) и **Next (Вперед)** (→) на передней панели.

## 6 – Цифровой вольтметр и частотомер

Осциллограф MDO4000C содержит встроенные 4-разрядный цифровой вольтметр и 5-разрядный частотомер. Сигнал с любого аналогового входа осциллографа может быть подан на вольтметр без переключения пробников. Результаты измерения динамически отображаются на дисплее в цифровой и графической форме. На дисплее также отображаются минимальное, максимальное и среднее измеренные значения и диапазон значений, измеренных в течение предыдущего 5-секундного интервала. Цифровой вольтметр и частотомер имеются во всех моделях серии MDO4000C и активируются при регистрации прибора.



Результаты измерения в течение 5-секундного интервала представлены с указанием минимального, максимального и среднего значений постоянного напряжения. Показана также частота сигнала.

## Платформа осциллографов серии MDO4000C



Осциллограф MDO4000C призван облегчить вашу работу. Большой дисплей с высоким разрешением показывает мельчайшие подробности сигнала. Специальные органы управления на передней панели упрощают работу. Два хост-порта USB на передней панели позволяют сохранять снимки экрана, настройки прибора и осциллограммы на внешних носителях.

**Большой дисплей с высоким разрешением** – Осциллографы серии MDO4000C оборудованы большим ярким 10,4-дюймовым (264 мм) цветным дисплеем (XGA) со светодиодной подсветкой, позволяющим рассмотреть мельчайшие подробности сигнала.

**Интерфейсы** – Осциллограф MDO4000C имеет несколько портов, которые могут быть использованы для соединения прибора с сетью, непосредственно с компьютером или другим контрольно-измерительным оборудованием.

- Два хост-порта USB 2.0 на передней панели и два хост-порта USB на задней панели позволяют легко передавать снимки экрана, настройки прибора и данные сигнала на съемный накопитель USB. Клавиатура USB может быть подсоединена к хост-порту USB и использована для ввода данных.
- Порт USB 2.0 на задней панели используется для дистанционного управления осциллографом от компьютера или для непосредственной печати результатов измерений с помощью принтера, совместимого с технологией PictBridge®.



- Стандартный порт 10/100/1000BASE-T Ethernet на задней панели прибора позволяет легко подсоединяться к локальной сети, обеспечивает возможность печати с помощью сетевого принтера и печати сообщений электронной почты, а также совместимость с LXI Core 2011. Возможность монтирования сетевых дисков упрощает сохранение копий экрана, конфигурационных файлов и результатов измерений.
- Выходной видеопорт на задней панели прибора позволяет выводить изображения на внешний монитор или проектор.

**Интерфейсы передачи данных и дистанционного управления прибором** – Для экспорта данных и результатов измерений достаточно подключить осциллограф к компьютеру кабелем USB. Всё необходимое программное обеспечение – OpenChoice® Desktop и панели инструментов Microsoft Excel и Word – входят в стандартный комплект поставки и обеспечивают быстрое и простое взаимодействие с ПК, работающим под управлением Windows.

Для упрощения работы можно использовать входящее в комплект поставки ПО OpenChoice Desktop, которое обеспечивает взаимодействие осциллографа с компьютером через порт USB или LAN для передачи настроек, осциллограмм и снимков экрана.

Встроенное ПО e\*Scope® позволяет легко управлять осциллографом по сети через стандартный обозреватель интернета. Просто введите IP адрес или сетевое имя осциллографа, и в обозревателе откроется страница управления. Передайте и сохраните настройки, осциллограммы, измерения и снимки экрана или оперативно измените настройки осциллографа непосредственно на странице управления.



**Пробники** – В стандартный комплект осциллографа серии MDO4000C входят пассивные пробники напряжения с интерфейсом TekVPI.

**Стандартные пассивные пробники напряжения.** В комплект поставки осциллографа серии MDO4000C входят пассивные пробники напряжения с минимальной в отрасли входной емкостью, не превышающей 3,9 пФ. Включенные в комплект поставки пробники серии TPP практически не оказывают влияния на исследуемые устройства и с высокой точностью подают на осциллограф сигналы для захвата и анализа. Поскольку полоса пробника равна полосе пропускания осциллографа или превышает ее, вы можете видеть все высокочастотные составляющие сигнала, что очень важно при отладке высокоскоростных устройств. Пассивные пробники серии TPP обладают всеми достоинствами пробников общего назначения, такими как широкий динамический диапазон, гибкие возможности подключения и прочная конструкция, предлагая, в то же время, характеристики активных пробников.

Модели серии MDO4000C	Пробник в комплекте поставки
MDO4024C, MDO4034C, MDO4054C	TPP0500B: пассивный пробник напряжения 10x, 500 МГц. Один на аналоговый канал.
MDO4104C	TPP1000: пассивный пробник напряжения 10x, 1 ГГц. Один на аналоговый канал.

Кроме того, пробники серии TPP с малым ослаблением (2X) позволяют измерять низкие напряжения. В отличие от других пробников с малым ослаблением, пробник TPP0502 имеет широкую полосу пропускания (500 МГц) и низкую входную емкость (12,7 пФ).

**Интерфейс пробников TekVPI®.** Интерфейс подключения пробников TekVPI® существенно упрощает работу. Пробники TekVPI® оборудованы индикаторами состояния и органами управления, в том числе кнопкой вызова меню настройки пробников, расположенной непосредственно на корпусе. Эта кнопка позволяет отобразить на экране осциллографа меню пробника со всеми необходимыми настройками и средствами управления пробником. Интерфейс TekVPI® обеспечивает прямое подключение токовых пробников без применения отдельного источника питания. Поддерживается дистанционное управление пробниками через интерфейс USB, GPIB или Ethernet, что позволяет гибко использовать их в составе автоматизированных контрольно-измерительных систем. От внутреннего источника питания на разъемы передней панели подается мощность до 25 Вт.



Интерфейс TekVPI® упрощает подключение пробников к осциллографу.

Универсальный, полностью настраиваемый и обновляемый осциллограф с 6 в 1

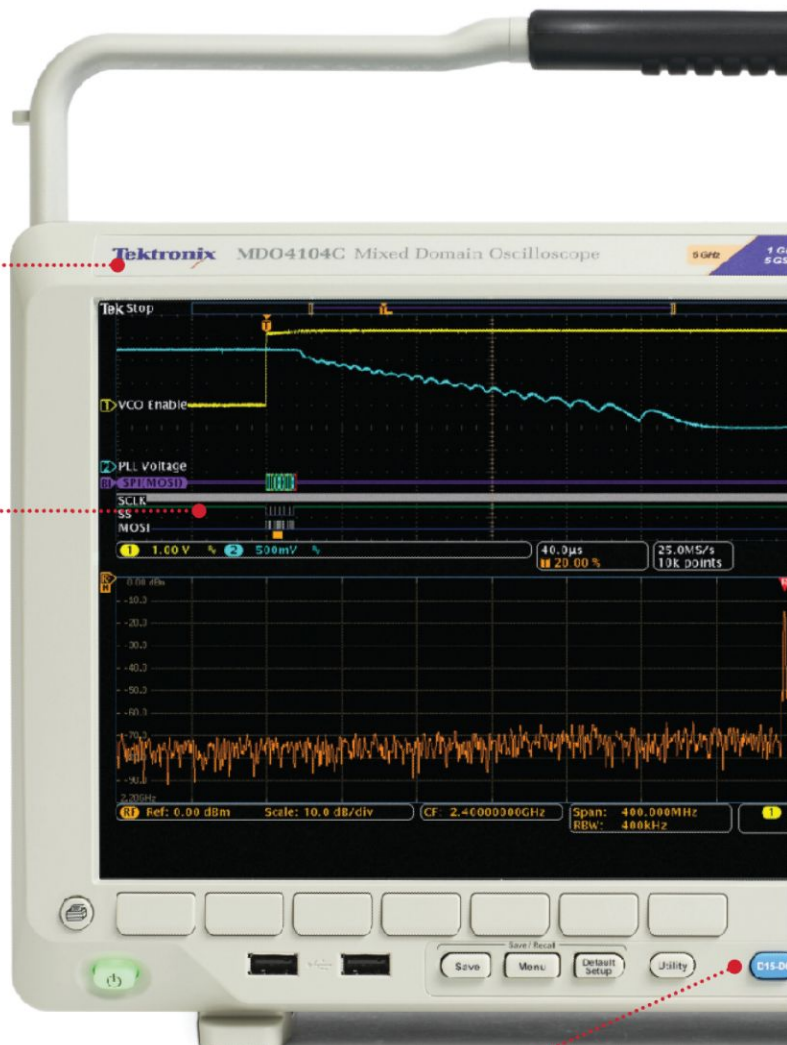
1. Осциллограф
2. Анализатор спектра
3. Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций
4. Логический анализатор
5. Анализатор протоколов
6. Цифровой вольтметр и частотомер

**1 Комбинированный осциллограф**

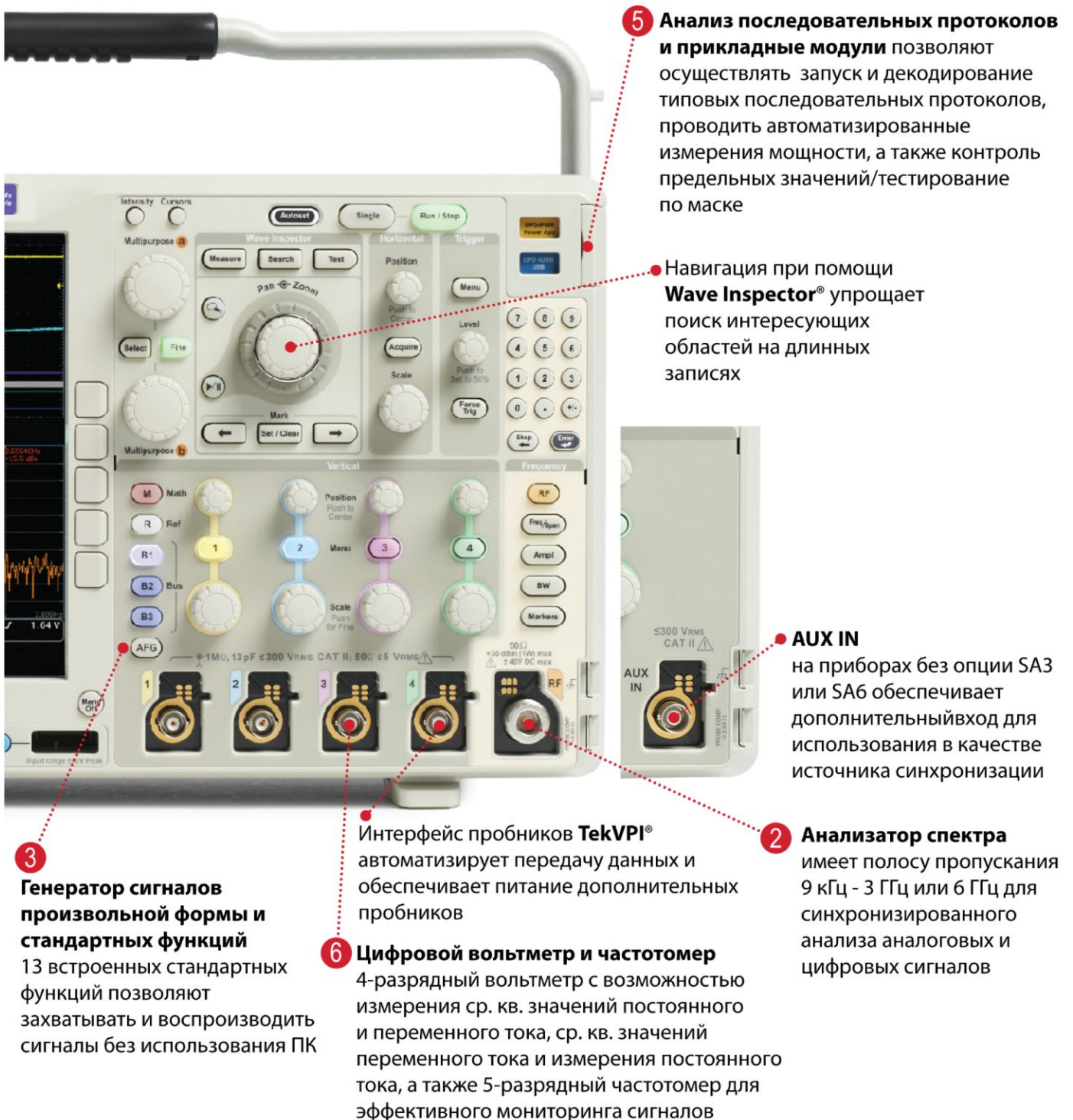
Быстрый сбор данных, выбираемая длина записи, а также полный пакет автоматизированных измерений позволяют легко решить проблемы отладки

**Большой дисплей XGA 10.4 дюйма (1024 x 768)** с автоматическим затемнением для увеличения продолжительности службы

**Стандартные порты на задней панели прибора** поддерживают интерфейсы Ethernet, VGA, USB хост (2) и порт устройства USB, AUX OUT, REF IN, имеется выход генератора сигналов и интерфейсы блокировок VESA и Kensington



**4 Логический анализатор**  
16 цифровых каналов с разрешением 60 пс для точности измерения цифровых сигналов



**5 Анализ последовательных протоколов и прикладные модули** позволяют осуществлять запуск и декодирование типовых последовательных протоколов, проводить автоматизированные измерения мощности, а также контроль предельных значений/тестирование по маске

Навигация при помощи **Wave Inspector®** упрощает поиск интересующих областей на длинных записях

**AUX IN** на приборах без опции SA3 или SA6 обеспечивает дополнительный вход для использования в качестве источника синхронизации

**2 Анализатор спектра** имеет полосу пропускания 9 кГц - 3 ГГц или 6 ГГц для синхронизированного анализа аналоговых и цифровых сигналов

**3 Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций** 13 встроенных стандартных функций позволяют захватывать и воспроизводить сигналы без использования ПК

**4 Интерфейс пробников TekVPI®** автоматизирует передачу данных и обеспечивает питание дополнительных пробников

**6 Цифровой вольтметр и частотомер** 4-разрядный вольтметр с возможностью измерения ср. кв. значений постоянного и переменного тока, ср. кв. значений переменного тока и измерения постоянного тока, а также 5-разрядный частотомер для эффективного мониторинга сигналов

## Технические характеристики

Приведенные характеристики являются типовыми, если не указано иное. Приведенные характеристики относятся ко всем моделям, если не указано иное.

### 1- Осциллограф

	MDO4024C	MDO4034C	MDO4054C	MDO4104C
Число аналоговых каналов	4	4	4	4
Аналоговая полоса пропускания	200 МГц	350 МГц	500 МГц	1 ГГц
Время нарастания	1,75 нс	1 нс	700 пс	350 пс
Частота дискретизации (1 канал)	2,5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с	5 Гвыб./с
Частота дискретизации (2 канала)	2,5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с	5 Гвыб./с
Частота дискретизации (4 канала) Без опции SA3 или SA6 С опцией SA3 или SA6	2,5 Гвыб./с 2,5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с 2,5 Гвыб./с	2,5 Гвыб./с 2,5 Гвыб./с	5 Гвыб./с 2,5 Гвыб./с
Длина записи (1 канал)	20 млн. точек	20 млн. точек	20 млн. точек	20 млн. точек
Длина записи (2 канала)	20 млн. точек	20 млн. точек	20 млн. точек	20 млн. точек
Длина записи (4 канала)	20 млн. точек	20 млн. точек	20 млн. точек	20 млн. точек
Число цифровых каналов с опцией MDO4MSO	16	16	16	16
Число каналов генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций с опцией MDO4AFG	1	1	1	1
Число каналов анализатора спектра с опцией SA3 или SA6	1	1	1	1
Диапазон частот анализатора спектра				
С опцией SA3	9 кГц – 3 ГГц	9 кГц – 3 ГГц	9 кГц – 3 ГГц	9 кГц – 3 ГГц
С опцией SA6	9 кГц – 6 ГГц	9 кГц – 6 ГГц	9 кГц – 6 ГГц	9 кГц – 6 ГГц

### Система вертикального отклонения аналоговых каналов

#### Аппаратное ограничение полосы пропускания

Для моделей с полосой пропускания  $\geq 350$  МГц

20 МГц или 250 МГц

Для моделей с полосой пропускания 200 МГц

20 МГц

#### Режимы входа

Связь по перем. току, пост. току

#### Входное сопротивление

1 МОм  $\pm 1\%$  (13 пФ), 50 Ом  $\pm 1\%$

#### Чувствительность по вертикали

1 МОм

от 1 мВ/дел. до 10 В/дел.

50 Ом

от 1 мВ/дел. до 1 В/дел.

#### Разрешение по вертикали

8 бит (11 бит в режиме высокого разрешения)

#### Максимальное входное напряжение

1 МОм

300 В<sub>ср. кв.</sub> (КАТ II) с пиковыми значениями  $\leq \pm 425$  В

50 Ом

5 В<sub>ср. кв.</sub> с пиковыми значениями  $\leq \pm 20$  В

**Система вертикального отклонения аналоговых каналов**

Погрешность усиления постоянного напряжения	±1,5 %, с ухудшением на 0,1 %/°C при температуре выше 30 °C
	±3,0 % при переменном коэффициенте усиления, увеличивается на 0,10 %/°C при температуре выше 30 °C
Погрешность смещения	±(0,005 *  смещение - положение  + отклонение пост. напряжения)
Отклонение пост. напряжения	0,1 дел. для пост. напряжения при входном сопротивлении осциллографа 50 Ом (с оконечной нагрузкой 50 Ом по входу BNC)
Развязка между каналами (тип.)	Для двух любых каналов с одинаковой чувствительностью по вертикали – ≥100:1 на частоте ≤100 МГц и ≥30:1 на частоте от 100 МГц до верхней границы полосы пропускания

Случайный шум	Настройка вертикальной шкалы	50 Ом, ср. кв. значение		
		MDO4104C (все конфигурации)	MDO40x4C (с опцией SA3 или SA6)	MDO40x4C (без опции SA3 или SA6)
	1 мВ/дел	0.093 мВ	0.084 мВ	0.163 мВ
	100 мВ/дел	3.31 мВ	2.37 мВ	2.01 мВ
	1 В/дел	24.27 мВ	20.62 мВ	20.51 мВ

Диапазон смещения	Чувствительность по вертикали (В/дел.)	Диапазон смещения	
		Входное сопротивление 1 МОм	Входное сопротивление 50 Ом
	от 1 мВ/дел. до 50 мВ/дел.	±1 В	±1 В
	от 50,5 мВ/дел. до 99,5 мВ/дел.	±0,5 В	±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 10 В/дел.	±100 В	±5 В
	от 5,05 В/дел. до 10 В/дел.	±50 В	–

**Система горизонтального отклонения аналоговых каналов****Диапазон скорости развертки**

Модели с полосой пропускания 1 ГГц (без опции SA3 или SA6) и модели с полосой пропускания 1 ГГц (с опцией SA3 или SA6 и 2 включенными каналами)

от 400 пс до 1000 с

Модели с полосой пропускания ≤ 500 МГц и модели с полосой пропускания 1 ГГц (с опцией SA3 или SA6 и 4 включенными каналами)

от 1 нс до 1000 с

## Система горизонтального отклонения аналоговых каналов

Максимальная продолжительность захвата при максимальной частоте дискретизации (все каналы/ половина каналов)	
Модели с полосой пропускания 1 ГГц (без опции SA3 или SA6) и модели с полосой пропускания 1 ГГц (с опцией SA3 или SA6 и 2 включенными каналами)	8/4 мс
Модели с полосой пропускания ≤ 500 МГц и модели с полосой пропускания 1 ГГц (с опцией SA3 или SA6 и 4 включенными каналами)	8/8 мс
Диапазон задержки развертки	от -10 дел. до 5000 с
Диапазон компенсации сдвига фаз между каналами	±125 нс
Погрешность генератора развертки	±5 × 10 <sup>-6</sup> в любом интервале ≥1 мс

## Система запуска

Режимы запуска	Автоматический, ждущий и однократный
Режим входа запуска	Связь по постоянному току, по переменному току, ФНЧ (подавление частоты >50 кГц), ФВЧ (подавление частоты <50 кГц), подавление шума (снижение чувствительности)
Диапазон задержки запуска	от 20 нс до 8 с
Чувствительность запуска	Внутренний запуск, связь по пост. току
от 1 мВ/дел. до 4,98 мВ/дел.	1,8 дел.
от 5 мВ/дел. до 9,98 мВ/дел.	0,6 дел.
от 10 мВ/дел. до 19,98 мВ/дел.	1,2 дел.
≤20 мВ/дел.	0,5 дел.
Диапазоны уровней запуска	
Любой входной канал	±8 делений от центра экрана, ±8 делений от 0 В, если выбран вход с ФНЧ
Сеть питания	Фиксированный уровень, приблизительно 50 % от напряжения сети
Индикация частоты сигнала запуска	Шестиразрядный частотомер для сигнала запуска.
Типы запуска	
По перепаду	По положительному, отрицательному или любому перепаду сигнала в любом канале. Возможна связь по постоянному току, переменному току, ФНЧ, ФВЧ и подавление шума.
По последовательности (В-триггер)	Задержка запуска по времени: от 8 нс до 8 с. Или задержка запуска по событиям: от 1 до 4 000 000 событий. Задержка запуска по событиям отсутствует при выборе любого перепада ("Either").
По длительности импульса	Запуск по положительным или отрицательным импульсам, длительность которых >, <, = или ≠ указанному значению или попадает в пределы или за пределы указанного диапазона.

## Система запуска

<b>По времени ожидания</b>	Запуск, если в течение указанного периода времени (от 4 нс до 8 с) не обнаружено ни одного события изменения уровня.
<b>По ранту</b>	Запуск по импульсу, который пересёк один порог, но не пересёк второй порог перед повторным пересечением первого.
<b>По логическому выражению</b>	Запуск в том случае, если некоторое логическое выражение состояния каналов принимает значение «Ложь» или сохраняет значение «Истина» в течение указанного времени. Любой из входов можно использовать в качестве источника тактового сигнала, по перепаду которого проверяется логическое выражение. Логические значения (И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ), указанные для всех входных каналов, определяются как Высокое, Низкое или Безразлично.
<b>По времени установки и удержания</b>	Запуск по нарушениям времени установки и времени удержания между сигналом тактовой частоты и появлением данных на любом из аналоговых или цифровых входных каналов.

Запуск по времени установки и времени удержания	Описание
Диапазон времени установки	от -0,5 нс до 1,024 мс
Диапазон времени удержания	от 1,0 нс до 1,024 мс
Диапазон суммы времен установки и удержания	от 0,5 нс до 2,048 мс

<b>По времени нарастания/спада</b>	Запуск по перепадам импульсов, крутизна которых больше или меньше указанного значения. Перепад может быть положительным, отрицательным или любым в диапазоне от 4,0 нс до 8 с.
<b>По видеосигналу</b>	Запуск по всем строкам, нечетным, четным или всем полям видеосигналов стандартов NTSC, PAL и SECAM.  По специальным видеосигналам с двух- и трехуровневой синхронизацией.
<b>По видеосигналам расширенного набора (опция)</b>	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.  По специальным видеосигналам с двух- и трехуровневой синхронизацией.
<b>По данным параллельной шины (требуется опция MDO4MSO)</b>	Запуск по значениям данных на параллельной шине. Разрядность параллельной шины может составлять от 1 до 20 битов (захват по цифровым и аналоговым каналам). Поддерживаются двоичные и шестнадцатеричные числа.

## Система захвата данных

### Режимы захвата данных

<b>Выборка</b>	Захват значений выборок
<b>Обнаружение пиковых значений</b>	Захват глитчей длительностью от 800 пс (MDO4104C с опцией SA3 или SA6 при включении не более двух каналов или MDO4104C без опции SA3 или SA6) или от 1,6 нс (MDO4104C с опцией SA3 или SA6 при включении трёх и более каналов и все другие модели) при любых скоростях свипирования
<b>Усреднение</b>	Усреднение от 2 до 512 осциллограмм.
<b>Огибающая</b>	Огибающая минимумов-максимумов представляет данные, полученные в результате обнаружения пиковых значений в течение нескольких захватов. Число сигналов в огибающей выбирается от 1 до 2000 и бесконечности.
<b>Высокое разрешение</b>	Усреднение серии захватов в реальном времени уменьшает случайный шум и повышает разрешение по вертикали.
<b>Прокрутка</b>	Прокрутка осциллограммы по экрану справа налево со скоростью развертки, меньшей или равной 40 мс/дел.
<b>Режим FastAcq®</b>	Режим FastAcq оптимизирован для анализа динамических сигналов и захвата редких событий. В моделях с полосой пропускания 1 ГГц захватывается более 340 000 осц./с, в моделях с полосой пропускания от 200 МГц до 500 МГц – более 270 000 осц./с.

## Измерение параметров сигнала

<b>Курсоры</b>	Привязка к осциллограмме или к экрану
<b>Погрешность измерения пост. напряжения</b>	$\pm((\text{погрешн. усиления пост. напряжения}) *  \text{показание} - (\text{смещение} - \text{положение})  + \text{погрешн. смещения} + 0,15 \text{ дел.} + 0,6 \text{ мВ})$
<b>Автоматические измерения (во временной области)</b>	30 видов, восемь из которых можно вывести на экран одновременно. Возможно измерение следующих параметров: период, частота, задержка, время нарастания, время спада, скважность положительных импульсов, скважность отрицательных импульсов, длительность положительного импульса, длительность отрицательного импульса, длительность пакета, фаза, положительный глитч, отрицательный глитч, значение от пика до пика, амплитуда, высокий уровень, низкий уровень, максимум, минимум, среднее значение, среднее по периоду, среднеквадратическое значение, среднеквадратическое по периоду, число положительных импульсов, число отрицательных импульсов, число положительных фронтов, число отрицательных фронтов, площадь и площадь периода.
<b>Автоматические измерения (в частотной области)</b>	3 вида, результаты одного из которых могут быть отображены на экране. Возможно измерение следующих параметров: мощность сигнала в канале, коэффициент развязки соседних каналов по мощности и занимаемая полоса частот
<b>Статистическая обработка результатов</b>	Среднее значение, минимум, максимум, стандартное отклонение.
<b>Опорные уровни</b>	Определяемые пользователем опорные уровни для автоматических измерений можно указывать в процентах или в физических единицах.
<b>Стробирование</b>	Выделение конкретного события в захваченном сигнале для его измерения. Выполняется с помощью курсоров экрана или сигнала.
<b>Гистограмма</b>	Гистограмма представляет собой массив значений, отражающих общее число попаданий в заданную пользователем область экрана. Гистограмма выводится в виде графика распределения числа попаданий, а также в виде массива численных значений, которые можно измерять.
<b>Источники сигнала</b>	Канал 1, канал 2, канал 3, канал 4, опорн. 1, опорн. 2, опорн. 3, опорн. 4, результат матем. операции
<b>Типы</b>	Вертикальная, горизонтальная
<b>Статистические параметры сигнала, получаемые на основе гистограммы</b>	12 видов, восемь из которых можно вывести на экран одновременно. Число осциллограмм, число попаданий в прямоугольник, число пиковых значений, медиана, максимум, минимум, размах от пика до пика, среднее значение, стандартное отклонение, сигма 1, сигма 2, сигма 3

## Математическая обработка осциллограмм

<b>Арифметические операции</b>	Сложение, вычитание, умножение и деление сигналов.
<b>Математические функции</b>	Интегрирование, дифференцирование, быстрое преобразование Фурье
<b>БПФ</b>	Амплитудный спектр. Выбор вертикального масштаба БПФ согласно линейному среднеквадратическому значению или среднеквадратическому значению в дБВ. Выбор окна БПФ: прямоугольное, Хемминга, Хеннинга или Блэкмана-Харриса.



## Математическая обработка осциллограмм

Математическая обработка спектра	Сложение и вычитание трасс спектра в частотной области.
Расширенные математические функции	Возможно определение расширенных алгебраических выражений, включающих осциллограммы, опорные осциллограммы, математические функции (БПФ, интегрирование, дифференцирование, логарифм, экспонента, корень квадратный, модуль, синус, косинус, тангенс, радикал, степень), 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, фаза, скважность положительных импульсов, скважность отрицательных импульсов, положительный глитч, отрицательный глитч, размах глитчей, значение от пика до пика, амплитуда, среднеквадратическое значение, среднеквадратическое за период, высокий уровень, низкий уровень, максимум, минимум, среднее значение, среднее за период, площадь, площадь за период и графики тренда). Например, $(Intg(Ch1 - Mean(Ch1)) \times 1,414 \times VAR1)$

## Действие, выполняемое при обнаружении события

События	Действия не выполняются при появлении запуска или после заданного числа захватов (от 1 до 1 000 000)
Действия	Прекращение захвата, сохранение осциллограммы в файле, сохранение снимка экрана, распечатка снимка экрана, выдача импульса с вспомогательного выхода AUX OUT, подача сигнала SRQ интерфейса дистанционного управления, передача уведомления по электронной почте и выдача визуального уведомления
Повторение	Повторение действия при обработке события (от 1 до 1 000 000 и бесконечности)

## Режим просмотра видеоизображений (требуется опция DPO4VID)

Источники сигнала	Канал 1, канал 2, канал 3, канал 4
Видеостандарты	NTSC, PAL
Контрастность и яркость	Ручная или автоматическая регулировка
Выбор поля видеосигнала	Нечетное, четное, первое поле сигнала с чересстрочной разверткой
Положение изображения на экране	Возможность выбора положения изображения по координатам X и Y, регулировки ширины и высоты изображения, управления начальными строкой и пикселем, разностью между строками.

## Измерение параметров источников питания (требуется опция DPO4PWR)

Измерения показателей качества источника питания	$V_{ср.кв.}$ , $V_{пик-фактора}$ , частота, $I_{ср.кв.}$ , $I_{пик-фактора}$ : активная мощность, кажущаяся мощность, реактивная мощность, коэффициент мощности, угол сдвига фаз.
Измерение коммутационных потерь	
Потери мощности	$T_{вкл.}$ , $T_{выкл.}$ : общая проводимость.
Потери энергии	$T_{вкл.}$ , $T_{выкл.}$ : общая проводимость.
Гармонические составляющие	THD-F, THD-R, среднеквадратическое значение. Графическое и табличное представление гармоник. Тестирование согласно IEC61000-3-2, Класс А и MIL-STD-1399, раздел 300А.
Измерение пульсаций	$V_{пульсаций}$ и $I_{пульсаций}$

## Измерение параметров источников питания (требуется опция DPO4PWR)

Анализ модуляции	Графическое представление 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 силовых приборов.
Измерения dV/dt и dI/dt	Измерение скорости нарастания напряжения и тока с помощью курсоров

## Тестирование по предельным значениям и маске (требуется опция DPO4LMT)

Прилагаемые стандартные маски <sup>1</sup>	ITU-T, ANSI T1.102, USB
Источник сигнала	Тестирование по предельным значениям: любой из каналов 1 – 4, любой из опорн. R1 – R4 Тестирование по маске: любой из каналов 1 – 4
Создание маски	Вертикальный допуск для тестирования по предельным значениям от 0 до 1 деления с шагом 0,001 деления; горизонтальный допуск для тестирования по предельным значениям от 0 до 0,5 деления с шагом 0,001 деления Загрузка стандартной маски из внутренней памяти Загрузка специальной маски из текстового файла с числом сегментов до 8
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 и бесконечности) Минимальное прошедшее время (от 1 с до 48 час. и бесконечности)
Превышение порога	От 1 до 1 000 000
Действия при неудачном завершении теста	Прекращение захвата, сохранение снимка экрана в файл, сохранение осциллограммы в файл, распечатка снимка экрана, вывод сигнала запуска, подача сигнала SRQ интерфейса дистанционного управления
Действия при удачном завершении теста	Вывод сигнала запуска, подача сигнала SRQ интерфейса дистанционного управления
Отображение результатов	Состояние теста, общее число осциллограмм, число нарушений, частота появления нарушений, общее число тестов, число неудачных тестов, частота появления неудачных тестов, прошедшее время, общее число попаданий в каждый сегмент маски

## 2- Анализатор спектра (требуется опция SA3 или SA6)

### Вход анализатора спектра

Полоса обзора	1 кГц – 3 ГГц (модели с опцией SA3) или 1 кГц – 6 ГГц (модели с опцией SA6) Полоса обзора регулируется с кратностью шага 1-2-5 Переменное разрешение = 1 % от следующей настройки полосы обзора
---------------	---

<sup>1</sup> Для тестирования по маске на соответствие телекоммуникационным стандартам со скоростью передачи данных более 55 Мбит/с рекомендуются модели с полосой пропускания не менее 350 МГц. Для тестирования по маске высокоскоростных шин USB рекомендуются модели с полосой пропускания 1 ГГц.

**2- Анализатор спектра (требуется опция SA3 или SA6)**

<b>Полоса разрешения</b>	Полоса разрешения для различных функций взвешивания (окон): Кайзера (по умолчанию): 20 Гц – 200 МГц Прямоугольное: 10 Гц – 200 МГц Хемминга: 10 Гц – 200 МГц Хеннинга: 10 Гц – 200 МГц Блэкмана-Харриса 20 Гц – 200 МГц Окно с плоской вершиной: 30 Гц – 200 МГц Настраивается с кратностью шага 1-2-3-5
<b>Коэффициент формы фильтра ПЧ (для окна Кайзера)</b>	коэффициент формы по уровню 60 дБ/3 дБ: $\geq 4:1$
<b>Опорный уровень</b>	Диапазон: от -140 до +30 дБм, шаг 1 дБм
<b>Диапазон входных сигналов</b>	Диапазон измерений по вертикали: от среднего уровня собственных шумов до +30 дБм Цена деления вертикальной шкалы от 1 дБ/дел. до 20 дБ/дел. с кратностью шага 1-2-5
<b>Положение по вертикали</b>	от -100 дел. до +100 дел.
<b>Единицы измерения по вертикали</b>	дБм, дБмВ, дБмкВ, дБмкВт, дБмА, дБмкА

<b>Отображаемый средний уровень шума (DANL)</b>	<b>Диапазон частот</b>	<b>Отображаемый средний уровень собственных шумов</b>
	9 кГц – 50 кГц	< -116 дБм/Гц (< -123 дБм/Гц, тип.)
50 кГц – 5 МГц	< -130 дБм/Гц (< -141 дБм/Гц, тип.)	
5 МГц – 400 МГц	< -146 дБм/Гц (< -150 дБм/Гц, тип.)	
400 МГц – 3 ГГц	< -147 дБм/Гц (< -150 дБм/Гц, тип.)	
3 ГГц – 4 ГГц (только для моделей с опцией SA6)	< -148 дБм/Гц (< -151 дБм/Гц, тип.)	
4 ГГц – 6 ГГц (только для моделей с опцией SA6)	< -140 дБм/Гц (< -145 дБм/Гц, тип.)	

**Отображаемый средний уровень шума при подключенном предусилителе TRA-N-PRE** Предусилитель в режиме "Авто", опорный уровень -40 дБм  
Средний уровень собственных шумов MDO4000C с предусилителем в режиме байпаса не более чем на 3 дБ выше, чем без предусилителя.

<b>Диапазон частот</b>	<b>Отображаемый средний уровень собственных шумов</b>
9 кГц - 50 кГц	< -119 дБм/Гц (< -125 дБм/Гц, тип.)
50 кГц – 5 МГц	< -140 дБм/Гц (< -146 дБм/Гц, тип.)
5 МГц - 400 МГц	< -156 дБм/Гц (< -160 дБм/Гц, тип.)
400 МГц - 3 ГГц	< -157 дБм/Гц (< -160 дБм/Гц, тип.)
3 ГГц – 4 ГГц (только для моделей с опцией SA6)	< -158 дБм/Гц (< -161 дБм/Гц, тип.)
4 ГГц – 6 ГГц (только для моделей с опцией SA6)	< -150 дБм/Гц (< -155 дБм/Гц, тип.)

**Паразитные составляющие**

<b>2Гармонические искажения 2-го и 3-го порядка (&gt;100 МГц)</b>	< -60 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке и уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня
<b>2Гармонические искажения 2-го и 3-го порядка (от 9 кГц до 100 МГц)</b>	< -60 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке, уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня и значении опорного уровня $\leq -15$ дБм
<b>2Интермодуляционные искажения 2-го порядка (&gt;200 МГц)</b>	< -60 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке и уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня

## 2- Анализатор спектра (требуется опция SA3 или SA6)

<b>2Интермодуляционные искажения 2-го порядка (от 100 МГц до ≤ 200 МГц)</b>	< -57 дБн (< -60 дБн, тип.) при включенной автонастройке, уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня
<b>2Интермодуляционные искажения 2-го порядка (от 10 МГц до 100 МГц)</b>	< -55 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке, уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня и значении опорного уровня ≤ -15 дБм
<b>3Интермодуляционные искажения 3-го порядка (&gt;10 МГц)</b>	< -62 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке, уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня и значении опорного уровня ≤ -15 дБм
<b>3Интермодуляционные искажения 3-го порядка (от 9 кГц до 10 МГц)</b>	< -62 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке, уровне сигналов на 10 дБ ниже опорного уровня и значении опорного уровня ≤ -15 дБм
<b>Искажения АЦП</b>	< -60 дБн (< -65 дБн, тип.) при включенной автонастройке и уровне сигналов на 5 дБ ниже опорного уровня. Исключая искажения АЦП за счет наложения спектров
<b>Искажения АЦП за счет наложения спектров</b>	При (5 ГГц - F <sub>вх.</sub> ) и (8 ГГц - F <sub>вх.</sub> ): < -55 дБн (< -60 дБн, тип.) при включенной автонастройке и уровне сигналов на 5 дБ ниже опорного уровня
<b>Характеристики только для моделей с опцией SA6</b>	<p>Подавление ПЧ (для всех входных частот, за исключением частот от 1 до 1,25 ГГц и от 2 до 2,4 ГГц): &lt; -55 дБн (тип.)</p> <p>Искажения ПЧ при (5 ГГц - F<sub>вх.</sub>) для входных частот от 1 до 1,25 ГГц: &lt; -50 дБн (тип.)</p> <p>Искажения ПЧ при (6,5 ГГц - F<sub>вх.</sub>) для входных частот от 2 до 2,4 ГГц: &lt; -50 дБн (тип.)</p> <p>Подавление помех от зеркального канала: &lt; -50 дБн (для входных частот от 5,5 до 9,5 ГГц)</p>

**Остаточные составляющие** < -85 дБм (< -78 дБм на частотах 2,5 ГГц, 3,75 ГГц, 4,0 ГГц, 5,0 ГГц и тип. 6,0 ГГц,) для опорного уровня ≤ -25 дБм и при согласованной нагрузке по входу 50 Ом

**Абсолютная погрешность измерения уровня** Погрешность измерения уровня мощности на центральной частоте. При отстройке от центральной частоты следует к абсолютной погрешности добавить погрешность в канале. Характеристики приведены для отношения с/ш > 40 дБ.

< ±1,0 дБ (< ±0,5 дБ, тип.), при температуре от +18 до +28 °С, диапазон частот от 50 кГц до 6 ГГц, опорные уровни -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10 дБм

< ±1,0 дБ, тип., при температуре от +18 до +28 °С, диапазон частот от 50 кГц до 6 ГГц, при любом опорном уровне

< ±1,5 дБ, тип., при температуре от 0 до +50 °С, диапазон частот от 50 кГц до 6 ГГц, при любом опорном уровне

< ±2,0 дБ, тип., при температуре от +18 до +28 °С, диапазон частот от 9 кГц до 50 кГц, при любом опорном уровне

< ±3,0 дБ, тип., при температуре от +18 до 50 °С, диапазон частот от 9 кГц до 50 кГц, при любом опорном уровне

**Характеристики канала** Действительны при температуре от +18 до +28 °С

Характеристики приведены для отношения с/ш >40 дБ

Диапазон измерения центральной частоты	Полоса обзора	Неравномерность АЧХ, пик-пик	Неравномерность АЧХ, ср. кв.	Фазовые искажения, ср. кв.
15 МГц - 6 ГГц	10 МГц	0,3 дБ	0,15 дБ	1.5 °
60 МГц - 6 ГГц	≤ 100 МГц	0,75 дБ	0,27 дБ	1.5 °
170 МГц - 6 ГГц	≤ 320 МГц	0,85 дБ	0,27 дБ	2.5 °
510 МГц - 6 ГГц	≤ 1000 МГц	1,0 дБ	0,3 дБ	3.0 °
Любой, при начальной частоте > 10 МГц	> 1000 МГц	1,2 дБ	-	-

**Абсолютная погрешность измерения уровня (АП) и искажения в канале (ИК) при подключенном предусилителе TRA-N-PRE**

АП: < ±0,5 дБ, тип., при температуре от +18 до +28 °С, от 50 кГц до 6 ГГц, независимо от предусилителя.

АП: < ±2,0 дБ, тип., при температуре от +18 до +28 °С, от 9 кГц до 50 кГц, независимо от предусилителя.

АП: < ±2,3 дБ, тип., во всем рабочем диапазоне температур, независимо от предусилителя.

ИК: 0,0 дБ

**2- Анализатор спектра (требуется опция SA3 или SA6)****Перекрестные помехи в анализаторе спектра от каналов осциллографа**

частота на входе $\leq 1$ ГГц	< -68 дБ от опорного уровня
частота на входе от 1 ГГц до 2 ГГц	< -48 дБ от опорного уровня

**Фазовый шум на частоте 1 ГГц (немодулир. сигнал)**

1 кГц	< -104 дБн/Гц (тип.)
10 кГц	< -108 дБн/Гц (< -111 дБн/Гц, тип.)
100 кГц	< -110 дБн/Гц (< -113 дБн/Гц, тип.)
1 МГц	< -120 дБн/Гц (< -123 дБн/Гц, тип.)

**Погрешность опорной частоты (суммарная)**

Суммарная погрешность:  $1,6 \times 10^{-6}$

Учитывает погрешность за счет старения в течение года, погрешность калибровки опорной частоты и температурную нестабильность

Действительно при проведении ежегодной калибровки, при температуре от 0 до +50 °С

**Погрешность измерения частоты с помощью маркера**

$\pm((1,6 \times 10^{-6} \times \text{частота маркера}) + (0,001 \times \text{полоса обзора} + 2))$  Гц

Пример. При полосе обзора 10 кГц и частоте маркера 1500 МГц погрешность измерения частоты составит  $\pm((1,6 \times 10^{-6} \times 1500 \text{ МГц}) + (0,001 \times 10 \text{ кГц} + 2)) = \pm 2,412$  кГц.

Частота маркера при отношении (полоса обзора)/(разрешение по частоте)  $\leq 1000:1$

Погрешность опорной частоты при отношении амплитуды маркера к уровню собственных шумов > 30 дБ

**Разрешение при измерении частоты**

1 Гц

**Максимальный рабочий уровень входного сигнала**

Средняя долговременная мощность	+30 дБм (1 Вт) для опорного уровня $\geq -20$ дБм
	+24 дБм (0,25 Вт) для опорного уровня < -20 дБм
Максимальный безопасный уровень постоянного напряжения	$\pm 40 V_{\text{пост.}}$
Максимальная безопасная мощность (немодулир. сигнал)	+32 дБм (1,6 Вт) для опорного уровня $\geq -20$ дБм
	+25 дБм (0,32 Вт) для опорного уровня < -20 дБм
Максимальная безопасная мощность (импульс)	Пиковая мощность импульса +45 дБм (32 Вт) при длительности импульса <10 мкс, скважности <1 %, опорном уровне $\geq +10$ дБм

**Максимальный рабочий входной уровень при подключенном предусилителе TRA-N-PRE**

Средняя долговременная мощность	+30 дБм (1 Вт)
Максимальный безопасный уровень постоянного напряжения	$\pm 20 V_{\text{пост.тока}}$
Максимальная безопасная мощность (немодулир. сигнал)	+30 дБм (1 Вт)
Максимальная безопасная мощность (импульс)	+45 дБм (32 Вт) при длительности импульса <10 мкс, скважности <1 %, опорном уровне $\geq +10$ дБм

## 2- Анализатор спектра (требуется опция SA3 или SA6)

Запуск по уровню мощности РЧ сигнала

Диапазон частот	Модели с опцией SA3: от 1 МГц до 3 ГГц Модели с опцией SA6: 1 МГц - 3,75 ГГц; 2,75 ГГц - 4,5 ГГц; 3,5 ГГц - 6,0 ГГц
Рабочий уровень амплитуды	от 0 до -30 дБ от опорного уровня
Диапазон амплитуды	от +10 до -40 дБ от опорного уровня внутри диапазона от -65 до +30 дБм
Генерация импульса минимальной длительности	длительность высокого уровня 10 мкс при минимальном времени установления низкого уровня 10 мкс

Сдвиг фаз между РЧ и аналоговыми каналами <5 нс

Продолжительность захвата РЧ сигнала

Полоса обзора	Максимальное время захвата
> 2 ГГц	5 мс
>1 ГГц ... 2 ГГц	10 мс
>800 МГц ...1 ГГц	20 мс
>500 МГц ...800 МГц	25 мс
>400 МГц ...500 МГц	40 мс
>250 МГц ...400 МГц	50 мс
>200 МГц ...250 МГц	80 мс
>160 МГц ...200 МГц	100 мс
>125 МГц ...160 МГц	125 мс
<125 МГц	158 мс

Типы окон БПФ, коэффициенты и погрешность фильтра ПЧ

Окно БПФ	Коэффициент	Погрешность фильтра ПЧ
Кайзера	2.23	0.90%
Прямоугольное	0.89	2.25%
Хемминга	1.30	1.54%
Хеннинга	1.44	1.39%
Блэкмана-Харриса	1.90	1.05%
С плоской вершиной	3.77	0.53%

## 3- Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (требуется опция MDO4AFG)

Сигналы

Синусоидальный, прямоугольный, импульсный, пилообразный, треугольный, пост. напряжение, шумоподобный, кардинальный синус (Sinc), функция Гаусса, функция Лоренца, экспоненциальное нарастание и спад, гаверсинус, кардиосигнал и произвольный сигнал.

Синусоидальный

Диапазон частот	от 0,1 Гц до 50 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом
Неравномерность АЧХ (тип.)	±0,5 дБ на частоте 1 кГц (±1,5 дБ для амплитуды <20 мВ <sub>пик-пик</sub> )
Полный коэффициент гармоник (тип.)	1%, нагрузка 50 Ом 2% для амплитуды < 50 мВ и частот > 10 МГц 3% для амплитуды < 20 мВ и частот > 10 МГц
Динамический диапазон без паразитных составляющих (тип.)	-40 дБн (V <sub>пик-пик</sub> ≥ 0,1 В); -30 дБн (V <sub>пик-пик</sub> ≤ 0,1 В), нагрузка 50 Ом

**3- Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (требуется опция MDO4AFG)****Прямоугольный/импульсный сигнал**

Диапазон частот	от 0,1 Гц до 25 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом
Коэффициент заполнения	от 10% до 90% или мин. длительность импульса 10 нс, выбирается большее
Разрешение коэффициента заполнения	0.1%
Минимальная длительность импульса (тип.)	10 нс
Время нарастания/спада (тип.)	5 нс (от 10% до 90%)
Разрешение по длительности импульса	100 пс
Выброс (типовое значение)	< 2% для перепадов сигнала, больших 100 мВ
Асимметрия	±1% ±5 нс, при коэффициенте заполнения 50%
Джиттер (ср. кв.ТІЕ), тип.	< 500 пс

**Пилообразный/треугольный**

Диапазон частот	от 0,1 Гц до 500 кГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом
Коэффициент симметрии	от 0 до 100%
Разрешение симметрии	0.1%

**Постоянное напряжение**

Диапазон уровней (тип.)	±2,5 В в режиме с высоким импедансом; ±1,25 В при нагрузке 50 Ом
-------------------------	--

**Шум**

Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом
Разрешение по амплитуде	от 0% до 100%, шаг 1%

**Кардинальный синус (Sinc)**

Диапазон частот (тип.)	от 0,1 Гц до 2 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 3,0 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 1,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом

**Функция Гаусса**

Диапазон частот (тип.)	от 0,1 Гц до 5 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 1,25 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом

**Функция Лоренца**

Диапазон частот (тип.)	от 0,1 Гц до 5 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,4 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 1,2 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом

**Экспоненциальное нарастание/спад**

Диапазон частот (тип.)	от 0,1 Гц до 5 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 1,25 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом

**Функция гаверсинуса**

Диапазон частот (тип.)	от 0,1 Гц до 5 МГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 1,25 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом

**Кардиосигнал (тип.)**

Диапазон частот	от 0,1 Гц до 500 кГц
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом

### 3- Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (требуется опция MDO4AFG)

<b>Произвольная форма</b>	
Объем памяти	от 1 до 128 КБ
Диапазон амплитуды	от 20 мВ <sub>пик-пик</sub> до 5 В <sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом; от 10 мВ <sub>пик-пик</sub> до 2,5 В <sub>пик-пик</sub> при нагрузке 50 Ом
Частота повторения	от 0,1 Гц до 25 МГц
Частота дискретизации	250 Мвыб./с
<b>Погрешность частоты</b>	
Синусоидальный и пилообразный сигналы	130 x 10 <sup>-6</sup> (частота < 10 кГц) 50 x 10 <sup>-6</sup> (частота ≥ 10 кГц)
Прямоугольный и импульсный сигналы	130 x 10 <sup>-6</sup> (частота < 10 кГц) 50 x 10 <sup>-6</sup> (частота ≥ 10 кГц)
Разрешение	0,1 Гц или 4 разряда, выбирается большее
Погрешность амплитуды	±[ (1,5% от установленной амплитуды от пика до пика) + (1,5% от установленного постоянного смещения) + 1 мВ ] (частота = 1 кГц)
<b>Постоянное смещение</b>	
Диапазон постоянного смещения	±2,5 В в режиме с высоким импедансом; ±1,25 В при нагрузке 50 Ом
Разрешение постоянного смещения	1 мВ в режиме с высоким импедансом; 500 мкВ при нагрузке 50 Ом
Погрешность смещения	±[(1,5% от установленного абсолютного постоянного смещения) + 1 мВ]; увеличивается на 3 мВ при повышении температуры на каждые 10 °С, начиная от +25 °С
ПО ArbExpress®	Осциллограф серии MDO4000C совместим с ПО ArbExpress® для редактирования и создания сигналов, выполняемым в компьютере. Сигналы, захваченные осциллографом серии MDO4000C, передаются ПО ArbExpress для редактирования. Это ПО создает сложные сигналы и подает их на генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций, входящий в состав осциллографа и формирующий результирующие сигналы. Для загрузки ПО ArbExpress обратитесь на сайт: <a href="http://www.tektronix.com/downloads">www.tektronix.com/downloads</a> .

### 4- Логический анализатор (требуется опция MDO4MSO)

#### Система вертикального отклонения цифровых каналов

Число входных каналов	16 цифровых каналов (D15 – D0)
Пороги	Общая настройка для группы из 8 каналов
Выбор значений порогов	ТТЛ, КМОП, ЭСЛ, псевдо-ЭСЛ, определяется пользователем
Диапазон значений порогов, настраиваемых пользователем	±40 В
Погрешность установки порога	±(100 мВ + 3% от установленного порога)
Максимальное входное напряжение	±42 В <sub>пик</sub> (тип.)
Максимальный динамический диапазон входного сигнала	30 В <sub>пик-пик</sub> , ≤200 МГц 10 В <sub>пик-пик</sub> , >200 МГц
Минимальный размах напряжения	400 мВ <sub>пик-пик</sub>



## Система вертикального отклонения цифровых каналов

Входной импеданс пробника	
Входное сопротивление	100 кОм
Входная емкость	3 пФ
Разрешение по вертикали	1 бит

## Система горизонтального отклонения цифровых каналов

Максимальная частота дискретизации (основной режим)	500 Мвыб./с (разрешение 2 нс)
Максимальная длина записи (основной режим)	20 млн. точек
Максимальная частота дискретизации (режим MagniVu)	16,5 Гвыб./с (разрешение 60,6 пс)
Максимальная длина записи (режим MagniVu)	10 000 точек с центрированием относительно точки запуска
Минимальная регистрируемая длительность импульса	1 нс
Сдвиг фаз между каналами (тип.)	200 пс (тип.)
Максимальная частота переключения входа	500 МГц (максимальная частота синусоидального сигнала, который можно воспроизвести в виде меандра. Необходим короткий удлинитель земли в каждом канале. Это максимальная частота при минимальной амплитуде сигнала. При больших амплитудах можно получить большую частоту переключения.)

## 5- Анализатор протоколов последовательных шин (опция)

Поддерживается автоматический запуск, декодирование и поиск для последовательных шин: I<sup>2</sup>C, SPI, RS-232/422/485/UART, USB 2.0, CAN, LIN, FlexRay, MIL-STD-1553 и аудиошин.

Информацию о продуктах, поддерживающих стандарты последовательных шин, см. в [техническом описании модулей анализа и запуска по сигналам последовательных шин](#).

### Типы запуска

<b>I<sup>2</sup>C</b>	Запуск по старту, повторному старту, стопу, пропущенному квитированию (ACK), адресу (7 или 10 бит), данным или адресу и данным при передаче по шинам I <sup>2</sup> C со скоростью до 10 Мбит/с.
<b>SPI</b>	Запуск по SS, началу кадра, MOSI, MISO или MOSI и MISO при передаче данных по шинам SPI со скоростью до 50,0 Мбит/с.
<b>RS-232/422/485/UART</b>	Запуск по стартовому биту передачи, стартовому биту приема, концу передаваемого пакета, концу принимаемого пакета, передаваемым данным, принимаемым данным, ошибке четности передачи и ошибке четности приема при скорости до 10 Мбит/с.
<b>USB: низкоскоростная шина</b>	<p>Запуск по сигналу синхронизации, началу кадра, сбросу, паузе, возобновлению, концу пакета, маркерному пакету (адресу), пакету данных, пакету установки соединения, специальному пакету и по ошибке.</p> <p>Запуск по маркерному пакету – любой тип маркера, SOF, OUT, IN, SETUP; адрес можно указать для типов маркера: любой маркер, OUT, IN и SETUP. Можно определить запуск по адресу, который ≤, &lt;, &gt;, ≥, ≠ указанному значению или попадает в пределы или за пределы указанного диапазона. Номер кадра для маркера SOF можно вводить в двоичном, шестнадцатеричном, беззнаковом десятичном и безразличном формате.</p> <p>Запуск по пакету данных – любой тип данных, DATA0, DATA1; можно определить запуск по данным, которые ≤, &lt;, =, &gt;, ≥, ≠ указанному значению или попадают в пределы или за пределы указанного диапазона.</p> <p>Запуск по пакету установки соединения – любой тип установки соединения, ACK, NAK, STALL.</p> <p>Запуск по специальному пакету – любой специальный тип, зарезервированный</p> <p>Запуск по ошибке – проверка PID, CRC5 или CRC16, вставка битов.</p>

## 5- Анализатор протоколов последовательных шин (опция)

**USB: полноскоростная шина** Запуск по сигналу синхронизации, сбросу, паузе, 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 типов маркера: любой маркер, OUT, IN и SETUP. Можно определить запуск по адресу, который  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  указанному значению или попадает в пределы или за пределы указанного диапазона. Номер кадра для маркера SOF можно вводить в двоичном, шестнадцатеричном, беззнаковом десятичном и безразличном формате.

Запуск по пакету данных – любой тип данных, DATA0, DATA1; можно определить запуск по данным, которые  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  указанному значению или попадают в пределы или за пределы указанного диапазона.

Запуск по пакету установки соединения – любой тип установки соединения, ACK, NAK, STALL.

Запуск по специальному пакету – любой специальный тип, PRE, зарезервированный.

Запуск по ошибке – проверка PID, CRC5 или CRC16, вставка битов.

**USB: высокоскоростная шина<sup>2</sup>** Запуск по сигналу синхронизации, сбросу, паузе, 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 типов маркера: любой маркер, OUT, IN и SETUP. Можно определить запуск по адресу, который  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  указанному значению или попадает в пределы или за пределы указанного диапазона. Номер кадра для маркера SOF можно вводить в двоичном, шестнадцатеричном, беззнаковом десятичном и безразличном формате.

Запуск по пакету данных – любой тип данных, DATA0, DATA1, DATA2, MDATA; можно определить запуск по данным, которые  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$ ,  $\neq$  указанному значению или попадают в пределы или за пределы указанного диапазона.

Запуск по пакету установки соединения – любой тип установки соединения, ACK, NAK, STALL, NYET.

Запуск по специальному пакету – любой специальный тип, 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/основная часть/прерывание (полноскоростное устройство, низкоскоростное устройство), равномерный (данные в середине, данные в конце, данные в начале, данные везде)

Тип конечной точки – безразлично, управление, равномерный, основная часть, прерывание

Запуск по ошибке – проверка PID, CRC5 или CRC16

**Ethernet<sup>3</sup>** 10BASE-T и 100BASE-TX: запуск по разделителю начала кадра, MAC адресу, управляющей информации MAC Q-Tag, длине/типу MAC, заголовку IP, заголовку TCP, данным клиента TCP/IPv4/MAC, концу пакета, ошибке FCS (CRC).

100BASE-TX: время ожидания.

MAC адрес – запуск по 48-битному адресу источника или 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 или попадает в пределы или 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 или попадает в пределы или за пределы указанного диапазона. Можно указывать число байтов для запуска в пределах от 1 до 16. Варианты смещения байта – безразлично, 0-1499.

**CAN** Запуск по началу кадра, типу кадра (данные, дистанционное управление, ошибка, перегрузка), идентификатору (стандартный или расширенный), данным, идентификатору и данным, концу кадра, пропущенному ACK или по ошибке вставки битов в сигналах шины CAN со скоростью до 1 Мбит/с. Кроме того, можно настроить запуск так, чтобы он срабатывал при соблюдении условия  $\leq$ ,  $<$ ,  $=$ ,  $>$ ,  $\geq$  или  $\neq$  для некоторого указанного значения. По умолчанию настраиваемая пользователем точка выборки устанавливается равной 50 %.

**LIN** Запуск по синхросигналу, идентификатору, данным, идентификатору и данным, кадру активного режима, кадру неактивного режима и по ошибкам, таким как ошибки синхронизации, четности или контрольной суммы, при передаче данных со скоростью до 100 кбит/с (по определению LIN, 20 кбит/с).

<sup>2</sup> Высокоскоростная шина USB поддерживаются только моделями с полосой пропускания аналоговых каналов 1 ГГц.

<sup>3</sup> Для 100BASE-TX рекомендуются модели с полосой пропускания  $\geq 350$  МГц.

## 5- Анализатор протоколов последовательных шин (опция)

<b>FlexRay</b>	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 при передаче данных со скоростью до 100 Мбит/с.
<b>MIL-STD-1553</b>	Запуск по синхросигналу, типу слова <sup>3</sup> (команда, статус, данные), командному слову (заданные отдельно RT адрес, T/R, субадрес/режим, счётчик слов данных/код режима, чётность), слову статуса (заданные отдельно RT адрес, ошибка сообщения, оборудование, бит запроса на обслуживание, приём широкоэмитерной команды, занятость, флаг подсистемы, принятие запроса динамического управления шиной (DBCA), флаг терминала, чётность), слову данных (задаваемое пользователем 16-битное значение), ошибке (синхросигнала, чётности, манчестерского кода, связности данных), времени ожидания (мин. время от 2 до 100 мкс, макс. время от 2 до 100 мкс; запуск осуществляется, если время меньше минимального, больше максимального, попадает или не попадает в диапазон). Можно определить запуск по RT адресу, который $\leq$ , $<$ , $>$ , $\geq$ , $\neq$ указанному значению или попадает в пределы или за пределы указанного диапазона.
<b>I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM</b>	Запуск по выбранному слову, по синхросигналу кадра или по данным. Можно настроить запуск так, чтобы он выполнялся 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 I <sup>2</sup> S/LJ/RJ равна 12,5 Мбит/с. Максимальная скорость передачи данных для TDM равна 25 Мбит/с.

## 6- Цифровой вольтметр и частотомер

<b>Источник</b>	Канал 1, канал 2, канал 3 и канал 4
<b>Типы измерений</b>	Среднеквадратическое значение переменной составляющей, постоянная составляющая, сумма постоянной составляющей и среднеквадратического значения переменной составляющей (показания в вольтах или амперах); частота
<b>Погрешность напряжения</b>	$\pm(1,5\%  \text{показание} - \text{смещение} - \text{положение} ) + (0,5\%  (\text{смещение} - \text{положение}) ) + (0,1 * \text{В/дел.})$
<b>Разрешение</b>	Перем. напряжение, пост. напряжение: 4 разряда Частота: 5 разрядов
<b>Погрешность частоты</b>	$\pm(10 \text{ мкГц/Гц} + \text{ошибка счета})$
<b>Скорость измерений</b>	100 изм./с; измерения на экране обновляются 4 раза в секунду
<b>Автоматический выбор параметров системы вертикального отклонения</b>	Автоматическая настройка параметров по вертикали для максимального динамического диапазона измерений; доступна для любого источника, не связанного с системой запуска
<b>Графическое представление результатов измерения</b>	Графическое отображение минимального, максимального и текущего значений, прокрутка значений в 5-секундном интервале

## Общие технические характеристики прибора

### Характеристики дисплея

<b>Тип дисплея</b>	Жидкокристаллический цветной TFT дисплей с диагональю 10,4 дюйма (264 мм)
<b>Разрешение</b>	1 024 пикселя по горизонтали × 768 пикселей по вертикали (XGA)
<b>Интерполяция</b>	Sin (x)/x
<b>Представление сигналов</b>	Векторы, точки, переменное послесвечение, бесконечное послесвечение
<b>Координатная сетка</b>	Полная, сетка, сплошная, перекрестие, рамка, IRE и MB

## Характеристики дисплея

Формат	YТ, XY и одновременно XY/YТ
Максимальная скорость захвата	>340 000 осц./с в режиме FastAcq для моделей с полосой пропускания 1 ГГц >270 000 осц./с в режиме FastAcq для моделей с полосой пропускания 200 МГц, 350 МГц и 500 МГц >50 000 осц./с в режиме захвата DPO для всех моделей.

## Порты ввода/вывода

Высокоскоростной хост-порт USB 2.0	Поддерживает USB накопители и клавиатуры. Два порта расположены на передней панели и два – на задней.
Порт USB 2.0	Расположен на задней панели. Поддерживает управление осциллографом через интерфейс USBTMC или GPIB (с переходником TEK-USB-488) и прямую распечатку на принтерах, совместимых с PictBridge.
Печать	Для печати используется сетевой принтер, принтер, совместимый с технологией PictBridge, или принтер, поддерживающий печать сообщений электронной почты. Примечание. В приборе используется ПО, разработанное OpenSSL Project для использования в OpenSSL Toolkit. ( <a href="http://www.openssl.org/">http://www.openssl.org/</a> )
Порт LAN	Розетка RJ-45, поддерживает скорости передачи 10/100/1000 Мбит/с
Выход видеосигнала	Розетка DB-15, позволяет выводить изображение с экрана осциллографа на внешний монитор или проектор. Разрешение XGA.
Напряжение и частота на выходе компенсатора пробника	Контакты на передней панели
Амплитуда	от 0 до 2,5 В
Частота	1 кГц
Вспомогательный выход	Разъем BNC на задней панели $V_{\text{вых.}}$ (высокий уровень): $\geq 2,5$ В без нагрузки, $\geq 1,0$ В с нагрузкой 50 Ом $V_{\text{вых.}}$ (низкий уровень): $\leq 0,7$ В при выходном токе $\leq 4$ мА; $\leq 0,25$ В с нагрузкой 50 Ом Выход можно настроить на вывод импульсного сигнала при запуске осциллографа, внутренней тактовой частоты осциллографа или сигнала при тестировании по предельным значениям/маске.
Вход внешнего опорного сигнала	Система развертки может синхронизироваться от внешнего опорного генератора частотой 10 МГц $\pm 1$ %
Замок Кенсингтона	Гнездо на задней панели для стандартного замка Кенсингтона.
Крепление VESA	Стандартные точки крепления VESA 100 мм (MIS-D 100) на задней панели прибора.

**LXI (расширение LAN для измерительных приборов)**

Класс	LXI Core 2011
Версия	V1.4

**Программное обеспечение**

ПО OpenChoice® Desktop	Обеспечивает быстрое и простое взаимодействие осциллографа с компьютерами, работающими под управлением Windows, через интерфейс USB или LAN. Позволяет передавать и сохранять настройки, осциллограммы, результаты измерений и снимки экрана. В состав этого ПО входят панели инструментов Word и Excel, позволяющие автоматизировать захват и передачу данных и снимков экрана в Word и Excel для быстрого составления отчетов и дальнейшего анализа. Загрузите с сайта <a href="http://www.tek.com/downloads">http://www.tek.com/downloads</a> .
Драйвер IVI	Обеспечивает стандартный интерфейс программирования приборов для распространенных программных пакетов, таких как LabVIEW, LabWindows/CVI, Microsoft.NET и MATLAB.
Веб-интерфейс e*Scope®	Позволяет управлять осциллографом по сети через стандартный обозреватель интернета. Просто введите IP адрес или сетевое имя осциллографа, и в обозревателе откроется страница управления. Передайте и сохраните настройки, осциллограммы, измерения и снимки экрана или оперативно измените настройки осциллографа непосредственно на странице управления.
Веб-интерфейс LXI	Обеспечивает подключение к осциллографу через стандартный браузер путем ввода IP адреса или сетевого имени осциллографа в адресную строку браузера. Веб-интерфейс позволяет контролировать состояние и конфигурацию прибора, проверять и изменять сетевые настройки, а также управлять осциллографом с помощью ПО e*Scope®. Алгоритм работы интерфейса соответствует спецификациям LXI Core, версия 1.4.

**Источник питания**

Напряжение источника питания	от 100 до 240 В ±10 %
Частота источника питания	от 50 до 60 Гц ±10% при напряжении от 100 до 240 В ±10% 400 Гц ±10% при напряжении 115 В ±13%
Потребляемая мощность	Не более 250 Вт

**Габариты и масса**

Размеры	mm	in
Высота	229	9
Ширина	439	17.3
Глубина	147	5.8

## Габариты и масса

### Масса

Приборы без опции SA3 или SA6

	кг	фунты
Нетто	5.5	12.2
Брутто	11.2	24.8

Приборы с опцией SA3 или SA6

	кг	фунты
Нетто	5.1	11.2
Брутто	10.8	23.8

Конфигурация для установки в стойку 5U

Зазоры для охлаждения 51 мм с левой и с задней сторон прибора

## Условия окружающей среды, электромагнитная совместимость и безопасность

### Температура

Рабочая от 0 до +50 °C (от +32 до +122 °F)

Хранение от -30 до +70 °C (от -22 до +158 °F)

### Относительная влажность

Рабочая от 10 % до 60 % при температуре от +40 до +50 °C; от 10 % до 90 % при температуре от 0 до +40 °C

Хранение от 5 % до 55 % при температуре от +40 до +60 °C; от 5 % до 90 % при температуре от 0 до +40 °C

### Высота над уровнем моря

Рабочая до 3000 м

Хранение 12 000 м

### Нормативные документы

Соответствует требованиям безопасности Европейского союза (маркировка CE), а также США и Канады (сертификация UL)

## Информация для заказа

### Шаг 1. Выберите базовую модель осциллографа серии MDO4000C

#### Серия MDO4000C

MDO4024C	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 200 МГц
MDO4034C	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 350 МГц
MDO4054C	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 500 МГц
MDO4104C	Комбинированный осциллограф, 4 аналоговых канала, 1 ГГц

#### Принадлежности в комплекте поставки

##### Пробники

Модели с полосой пропускания ≤500 МГц	TRP0500B, 500 МГц, 10X, 3,9 пФ. Один пассивный пробник на каждый аналоговый канал.
Модели с полосой пропускания 1 ГГц	TRP1000, 1 ГГц, 10X, 3,9 пФ. Один пассивный пробник на каждый аналоговый канал.
Любая модель с опцией MDO4MSO	Один 16-канальный логический пробник P6616 с комплектом принадлежностей (020-2662-xx).

##### Принадлежности

200-5130-xx	Передняя крышка
016-2030-xx	Сумка для принадлежностей
071-3448-xx	Руководство по вводу в эксплуатацию и безопасности (на английском, французском, японском и упрощенном китайском языках); другие руководства можно загрузить по ссылке:
-	Шнур питания
-	ПО OpenChoice® Desktop (имеется на компакт-диске с документацией и может быть загружено с сайта <a href="http://www.tektronix.com/downloads">www.tektronix.com/downloads</a> .)
-	Калибровочный сертификат подтверждает прослеживаемость калибровки до Национальных институтов метрологии и соответствие системе качества ISO9001
Модели 103-0045-xx с опцией SA3 или SA6	Переходник с разъема типа N на разъем BNC

##### Гарантийные обязательства

Трехлетняя гарантия на осциллограф серии MDO4000C, включая все детали и работу. Гарантия на 1 год на прилагаемые пробники, включая все детали и работу.

## Шаг 2. Сконфигурируйте ваш осциллограф серии MDO4000C, добавив опции

### Опции прибора

Все модели серии MDO4000C могут быть предварительно укомплектованы на заводе следующими опциями:

<b>MDO4AFG</b>	Генератор для создания 13 заданных сигналов и произвольных сигналов
<b>MDO4MSO</b>	16 цифровых каналов; в комплекте с цифровым пробником P6616 и принадлежностями
<b>SA3</b>	Встроенный анализатор спектра с диапазоном частот от 9 кГц до 3 ГГц
<b>SA6</b>	Встроенный анализатор спектра с диапазоном частот от 9 кГц до 6 ГГц
<b>MDO4SEC</b>	Повышает уровень защиты прибора за счет использования пароля для включения и выключения всех портов и обновления встроенного ПО прибора.

### Кабель питания

<b>Опция A0</b>	Вилка питания для сетей Северной Америки (115 В, 60 Гц)
<b>Опция A1</b>	Вилка питания для сетей Европы (220 В, 50 Гц)
<b>Опция A2</b>	Вилка питания для сетей Великобритании (240 В, 50 Гц)
<b>Опция A3</b>	Вилка питания для сетей Австралии (240 В, 50 Гц)
<b>Опция A5</b>	Вилка питания для сетей Швейцарии (220 В, 50 Гц)
<b>Опция A6</b>	Вилка питания для сетей Японии (100 В, 50/60 Гц)
<b>Опция A10</b>	Вилка питания для сетей Китая (50 Гц)
<b>Опция A11</b>	Вилка питания для сетей Индии (50 Гц)
<b>Опция A12</b>	Вилка питания для сетей Бразилии (60 Гц)
<b>Опция A99</b>	Шнур электропитания отсутствует

### Руководство пользователя

Все продукты поставляются с Руководством по установке и технике безопасности на английском, японском, упрощенном китайском и французском языках. Полные Руководства по эксплуатации, переведенные на каждый из перечисленных ниже языков, доступны в формате pdf по ссылке: [www.tektronix.com/manuals](http://www.tektronix.com/manuals). В составе любой из нижеприведенных опций, кроме L0, имеется накладка на переднюю панель прибора с информацией на соответствующем языке.

<b>Опция L0</b>	Накладка с информацией на английском языке для передней панели прибора
<b>Опция L1</b>	Накладка с информацией на французском языке для передней панели прибора
<b>Опция L2</b>	Накладка с информацией на итальянском языке для передней панели прибора
<b>Опция L3</b>	Накладка с информацией на немецком языке для передней панели прибора
<b>Опция L4</b>	Накладка с информацией на испанском языке для передней панели прибора
<b>Опция L5</b>	Накладка с информацией на японском языке для передней панели прибора
<b>Опция L6</b>	Накладка с информацией на португальском языке для передней панели прибора
<b>Опция L7</b>	Накладка с информацией на упрощенном китайском языке для передней панели прибора
<b>Опция L8</b>	Накладка с информацией на традиционном китайском языке для передней панели прибора
<b>Опция L9</b>	Накладка с информацией на корейском языке для передней панели прибора
<b>Опция L10</b>	Накладка с информацией на русском языке для передней панели прибора



## Сервисные опции

Tektronix предлагает ряд гарантийных и сервисных планов для увеличения продолжительности службы вашего прибора и защиты от незапланированных расходов. Если вы хотите обезопасить оборудование от случайных повреждений или просто сэкономить на ремонте, мы рады предложить вам доступный вариант.

<b>Опция C3</b>	Услуги по калибровке в течение 3 лет
<b>Опция C5</b>	Услуги по калибровке в течение 5 лет
<b>Опция D1</b>	Протокол с данными калибровки
<b>Опция D3</b>	Протокол с данными калибровки за 3 года (с опцией C3)
<b>Опция D5</b>	Протокол с данными калибровки за 5 лет (с опцией C5)
<b>Опция R5</b>	Ремонт в течение 5 лет (включая гарантийное обслуживание)
<b>Опция T3</b>	Полная трехлетняя гарантия. Что бы ни случилось с прибором, он всегда будет как новый.
<b>Опция T5</b>	Полная пятилетняя гарантия. Что бы ни случилось с прибором, он всегда будет как новый.

Гарантийные обязательства и сервисные предложения не распространяются на пробники и принадлежности. Гарантийные обязательства и условия калибровки пробников и принадлежностей приведены в их технических описаниях.

## Шаг 3. Выберите прикладные модули и принадлежности

<b>Модули прикладных программ</b>	<p>Модули прикладных программ приобретаются как самостоятельные продукты вместе с осциллографом серии MDO4000C или отдельно. Вы можете оценить функциональные возможности опциональных прикладных модулей, воспользовавшись 30-дневной бесплатной лицензией. Действие этой лицензии начинается с момента первого включения прибора.</p> <p>Модули имеют лицензии, которые могут передаваться между прикладным модулем и осциллографом. Лицензия может храниться в модуле, что позволяет использовать модуль в другом приборе. Лицензия может находиться и в осциллографе, что позволяет удалять модуль и хранить его отдельно. Передача лицензии на осциллограф и удаление модуля позволяет работать более чем с четырьмя приложениями одновременно.</p>
<b>DPO4BND</b>	<p>Данный модуль объединяет в себе все функциональные возможности прикладных модулей DPO4AERO, DPO4AUDIO, DPO4AUTO, DPO4COMP, DPO4EMBD, DPO4ENET, DPO4LMT, DPO4PWR, DPO4USB и DPO4VID. Это позволяет не только снизить затраты при необходимости использования нескольких прикладных модулей для анализа и отладки последовательных шин, но и легко передавать весь набор этих модулей с одного прибора на другой.</p>
<b>DPO4AERO</b>	<p>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, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени.</p> <p>Входы сигнала – любой канал 1 - 4, результат математической обработки, опорн. 1 - 4</p> <p>Рекомендуемые пробники: дифференциальный или несимметричный (требуется только один несимметричный пробник)</p>
<b>DPO4AUDIO</b>	<p>Модуль анализа и запуска по сигналам последовательных аудиошин. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по аудиошинам I<sup>2</sup>S, LJ, RJ и TDM, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени.</p> <p>Входы сигнала – любой канал 1 - 4, любой цифровой входной канал D0 - D15</p> <p>Рекомендуемые пробники – несимметричные</p>
<b>DPO4AUTO</b>	<p>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 шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени.</p> <p>Входы сигнала – LIN: любой канал 1 - 4, любой цифровой входной канал D0 - D15; CAN: любой канал 1 - 4, любой цифровой входной канал D0 - D15</p> <p>Рекомендуемые пробники – LIN: несимметричный; CAN: несимметричный или дифференциальный</p>

<b>DPO4COMP</b>	<p>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 шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени.</p> <p>Входы сигнала – любой канал 1 - 4, любой цифровой входной канал D0 - D15</p> <p>Рекомендуемые пробники – RS-232/UART: несимметричный; RS-422/485: дифференциальный</p>
<b>DPO4EMBD</b>	<p>Модуль анализа и запуска по сигналам последовательных шин встраиваемых систем. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам I<sup>2</sup>C и SPI, а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени.</p> <p>Входы сигнала – I<sup>2</sup>C или SPI: любой канал 1 - 4, любой цифровой входной канал D0 - D15</p> <p>Рекомендуемые пробники – несимметричные</p>
<b>DPO4ENET</b>	<p>Модуль анализа и запуска по сигналам шины Ethernet. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по шинам 10BASE-T и 100BASE-TX,<sup>4</sup> а также предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени.</p> <p>Входы сигнала – любой канал 1 - 4, результат математической обработки, опорн. 1 - 4</p> <p>Рекомендуемые пробники – 10BASE-T: несимметричный или дифференциальный; 100BASE-TX: дифференциальный</p>
<b>DPO4USB</b>	<p>Модуль анализа и запуска по сигналам последовательных шин USB. Позволяет осуществлять запуск по пакетам, передаваемым по низкоскоростным и полноскоростным шинам USB. Предоставляет средства анализа, такие как цифровое представление сигналов, представление шины, декодирование пакетов, поиск и таблицы декодирования пакетов с метками времени для низкоскоростных, полноскоростных и высокоскоростных шин USB.<sup>5</sup></p> <p>Входы сигнала – низкоскоростные и полноскоростные шины: любой канал 1 - 4, цифровой входной канал D0 - D15; низкоскоростные, полноскоростные и высокоскоростные шины: любой канал 1 - 4, результат математической обработки, опорн. 1 - 4</p> <p>Рекомендуемые пробники – низкоскоростные и полноскоростные шины: несимметричный или дифференциальный; высокоскоростная шина: дифференциальный</p>
<b>DPO4PWR</b>	<p>Модуль анализа источников питания. Позволяет быстро и точно анализировать качество питающих напряжений, коммутационные потери, гармонические составляющие, область безопасной работы, модуляцию, пульсации, скорость нарастания тока и напряжения (di/dt, dV/dt).</p>
<b>DPO4LMT</b>	<p>Модуль тестирования по предельным значениям и маске. Позволяет выполнять сравнение с предельными значениями, полученными на основе опорных сигналов, или выполнять тестирование по маске с использованием специальных шаблонов для сравнения с исследуемым сигналом.<sup>6</sup></p>
<b>DPO4VID</b>	<p>Модуль запуска по сигналам HDTV и специальным (нестандартным) видеосигналам.</p>
<b>MDO4TRIG</b>	<p>Модуль расширенного запуска по уровню РЧ мощности. Позволяет использовать уровень мощности на входе анализатора спектра для различных типов запуска: по длительности импульса, вырожденным импульсам (рантам), времени ожидания, логическим состояниям, по последовательности.</p>

<sup>4</sup> Для 100BASE-TX рекомендуются модели с полосой пропускания не менее 350 МГц.

<sup>5</sup> Высокоскоростная шина USB поддерживается только моделями с полосой пропускания аналоговых каналов 1 ГГц.

<sup>6</sup> Для тестирования по маске на соответствие телекоммуникационным стандартам со скоростью передачи данных более 55 Мбит/с рекомендуются модели с полосой пропускания не менее 350 МГц. Для тестирования по маске высокоскоростных шин USB рекомендуются модели с полосой пропускания 1 ГГц.

## Рекомендуемые принадлежности

### Пробники

Tektronix предлагает более 100 типов различных пробников для широкого круга приложений. Полный перечень выпускаемых пробников см. на странице [www.tektronix.com/probes](http://www.tektronix.com/probes).

TRP0500B	Пассивный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, 10X, входная емкость 3,9 пФ
TRP0502	Пассивный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, 2X, входная емкость 12,7 пФ
TRP0850	Пассивный высоковольтный пробник TekVPI®, 2,5 кВ, 800 МГц, 50X
TRP1000	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
TSP0030	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 120 МГц, 30 А
TSP0150	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 20 МГц, 150 А
TDP0500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, входное напряжение $\pm 42$ В
TDP1000	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 1 ГГц, входное напряжение $\pm 42$ В
TDP1500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 1,5 ГГц, входное напряжение $\pm 8,5$ В
TDP3500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 3,5 ГГц, входное напряжение $\pm 2$ В
THDP0200	Высоковольтный дифференциальный пробник TekVPI®, 200 МГц, $\pm 1,5$ кВ
THDP0100	Высоковольтный дифференциальный пробник TekVPI®, 100 МГц, $\pm 6$ кВ
TMDP0200	Высоковольтный дифференциальный пробник TekVPI®, 200 МГц, $\pm 750$ В
P5100A	Высоковольтный пассивный пробник 100X, 2,5 кВ, 500 МГц
P5200A	Высоковольтный дифференциальный пробник, 50 МГц, 1,3 кВ

### Принадлежности

TPA-N-PRE	Предусилитель, ном. усиление 12 дБ, от 9 кГц до 6 ГГц
119-4146-00	Комплект пробников для измерения поля в ближней зоне, от 100 кГц до 1 ГГц
119-6609-00	Гибкая несимметричная вибраторная антенна
TPA-N-VPI	Переходник с N на TekVPI
077-0585-xx	Руководство по обслуживанию (только на английском языке)
TPA-BNC	Переходник с TekVPI® на TekProbe™ BNC
TEK-DPG	Генератор импульсов с компенсацией фазовых сдвигов TekVPI
067-1686-xx	Приспособление для компенсации фазовых сдвигов и калибровки пробников
SignalVu-PC-SVE	Программное обеспечение векторного анализа сигналов
TEK-USB-488	Переходник с GPIB на USB
ACD4000B	Мягкая сумка для переноски
HCSTEK4321	Жесткий кейс для переноски (требуется ACD4000B)
RMD3000	Комплект для монтажа в стойку

### Прочие PC пробники

Для заказа обращайтесь в компанию Beehive Electronics: <http://beehive-electronics.com/probes.html>

101A	Комплект пробников ЭМП
150A	Усилитель пробника ЭМП
110A	Кабель пробника
0309-0001	Переходник пробника на разъем SMA
0309-0006	Переходник пробника на разъем BNC

## Шаг 4. Выберите опции для последующего обновления прибора

### Обновления прибора

Для осциллографов серии MDO4000C предусмотрено несколько вариантов добавления функциональных возможностей после покупки. Ниже перечислены возможные обновления и метод обновления для каждого прибора.

<b>Бесплатные опции прибора</b>	Следующие опции доступны бесплатно после регистрации прибора MDO4000C на сайте <a href="http://www.tektronix.com/mdo4register">www.tektronix.com/mdo4register</a> .
<b>Цифровой вольтметр и частотомер</b>	Измерение постоянного напряжения, ср. кв. переменного напряжения и ср. кв. переменного напряжения с постоянной составляющей с разрешением 4 разряда. Измерения напряжения: переменное (СКЗ), постоянное, переменное + постоянное (СКЗ) с разрешением 4 разряда. Измерение частоты с разрешением 5 разрядов. При регистрации прибора предоставляется уникальный ключ, активирующий перечисленные опции.
<b>Опции, устанавливаемые после покупки прибора</b>	Ниже перечислены опции, которые продаются отдельно и могут быть приобретены в любое время для расширения функциональных возможностей осциллографа серии MDO4000C.
<b>MDO4AFG</b>	Добавление генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций к любому прибору серии MDO4000C. Перманентное обновление любой модели с помощью одноразового аппаратного ключа для прикладных программ. С помощью аппаратного ключа выполняется разблокировка функции, после чего ключ больше не нужен.
<b>MDO4MSO</b>	Добавление 16 цифровых каналов; в комплекте с цифровым пробником P6616 и принадлежностями. Перманентное обновление любой модели с помощью одноразового аппаратного ключа для прикладных программ. С помощью аппаратного ключа выполняется разблокировка функции, после чего ключ больше не нужен.
<b>MDO4SA3</b>	Добавление встроенного анализатора спектра с диапазоном частот от 9 кГц до 3 ГГц. Единовременное обновление аппаратной части осциллографа. Такие обновления должны устанавливаться в сервисном центре с последующей калибровкой прибора.
<b>MDO4SA6</b>	Добавление встроенного анализатора спектра с диапазоном частот от 9 кГц до 6 ГГц. Единовременное обновление аппаратной части осциллографа. Такие обновления должны устанавливаться в сервисном центре с последующей калибровкой прибора.
<b>MDO4SEC</b>	Повышает уровень защиты прибора за счет использования пароля для включения и выключения всех портов и обновления встроенного ПО прибора. Перманентное обновление любой модели с помощью одноразового ключа для программной опции. Для использования ключей опций требуется информация о модели прибора и его серийном номере. Ключ работает для определенной комбинации модели и серийного номера.
<b>Опции обновления анализатора спектра</b>	Верхнюю границу диапазона частот анализатора спектра можно повысить с 3 ГГц до 6 ГГц. Эта опция устанавливается в сервисном центре компании Tektronix с последующей калибровкой прибора.
<b>MDO4SA3T6</b>	Расширение диапазона частот анализатора спектра с 3 ГГц до 6 ГГц для осциллографа серии MDO4000C.
<b>Послепродажное обслуживание</b>	Стандартная гарантия на прибор может быть продлена при добавлении к нему следующих опций.
<b>MDO4024C-R5DW</b>	Ремонт в течение 5 лет для модели MDO4024C (включая период гарантии).
<b>MDO4034C-R5DW</b>	Ремонт в течение 5 лет для модели MDO4034C (включая период гарантии).
<b>MDO4054C-R5DW</b>	Ремонт в течение 5 лет для модели MDO4054C (включая период гарантии).
<b>MDO4104C-R5DW</b>	Ремонт в течение 5 лет для модели MDO4104C (включая период гарантии).
<b>MDO4000CT3</b>	Полная трехлетняя гарантия. Что бы ни случилось с прибором, он всегда будет как новый. Доступно в течение 30 дней с момента покупки прибора.
<b>MDO4000CT5</b>	Полная пятилетняя гарантия. Что бы ни случилось с прибором, он всегда будет как новый. Доступно в течение 30 дней с момента покупки прибора.

**Опции для расширения полосы пропускания прибора**

Полоса пропускания осциллографа серии MDO4000C может быть увеличена после покупки прибора. Каждая опция позволяет увеличить аналоговую полосу пропускания осциллографа. Выбор опций для увеличения полосы пропускания выполняется в зависимости от текущей и требуемой полос пропускания и наличия встроенного анализатора спектра в осциллографе. При необходимости приборы с увеличенной полосой пропускания снабжаются новыми аналоговыми пробниками. Опции расширения аналоговой полосы пропускания устанавливаются в сервисном центре компании Tektronix с последующей калибровкой прибора.

Обновляемая модель	Наличие в приборе опции SA3 или SA6 (анализатор спектра)	Полоса пропускания перед обновлением	Полоса пропускания после обновления	Закажите опцию
MDO4024C	Нет	200 МГц	350 МГц	MDO4BW2T34
		200 МГц	500 МГц	MDO4BW2T54
		200 МГц	1 ГГц	MDO4BW2T104
		350 МГц	500 МГц	MDO4BW3T54
		350 МГц	1 ГГц	MDO4BW3T104
		500 МГц	1 ГГц	MDO4BW5T104
MDO4034C	Нет	350 МГц	500 МГц	MDO4BW3T54
		350 МГц	1 ГГц	MDO4BW3T104
		500 МГц	1 ГГц	MDO4BW5T104
MDO4054C	Нет	500 МГц	1 ГГц	MDO4BW5T104
MDO4024C	Да	200 МГц	350 МГц	MDO4BW2T34-SA
		200 МГц	500 МГц	MDO4BW2T54-SA
		200 МГц	1 ГГц	MDO4BW2T104-SA
		350 МГц	500 МГц	MDO4BW3T54-SA
		350 МГц	1 ГГц	MDO4BW3T104-SA
		500 МГц	1 ГГц	MDO4BW5T104-SA
MDO4034C	Да	350 МГц	500 МГц	MDO4BW3T54-SA
		350 МГц	1 ГГц	MDO4BW3T104-SA
		500 МГц	1 ГГц	MDO4BW5T104-SA
MDO4054C	Да	500 МГц	1 ГГц	MDO4BW5T104-SA



Компания Tektronix имеет сертификаты ISO 9001 и ISO 14001 от SRI Quality System Registrar.



Продукты соответствуют требованиям стандартов IEEE 488.1-1987, RS-232-C, а также стандартам и техническим условиям компании Tektronix.

Юго-Восточная Азия/Австралия (65) 6356 3900  
Бельгия 00800 2255 4835\*  
Центральная и Восточная Европа и Прибалтика +41 52 675 3777  
Финляндия +41 52 675 3777  
Гонконг 400 820 5835  
Япония 81 (3) 6714 3010  
Ближний Восток, Азия и Северная Америка +41 52 675 3777  
КНР 400 820 5835  
Республика Корея +822-6917-5084, 822-6917-5080  
Испания 00800 2255 4835\*  
Тайвань 886 (2) 2656 6688

Австрия 00800 2255 4835\*  
Бразилия +55 (11) 3759 7627  
Центральная Европа & Греция +41 52 675 3777  
Франция 00800 2255 4835\*  
Индия 000 800 650 1835  
Люксембург +41 52 675 3777  
Нидерланды 00800 2255 4835\*  
Польша +41 52 675 3777  
Россия & СНГ +7 (495) 6647564  
Швеция 00800 2255 4835\*  
Великобритания & Ирландия 00800 2255 4835\*

Балканские страны, Израиль, ЮАР и другие страны ISE +41 52 675 3777  
Канада 1 800 833 9200  
Дания +45 80 88 1401  
Германия 00800 2255 4835\*  
Италия 00800 2255 4835\*  
Мексика, Центральная и Южная Америка, Карибы 52 (55) 56 04 50 90  
Норвегия 800 16098  
Португалия 80 08 12370  
ЮАР +41 52 675 3777  
Швейцария 00800 2255 4835\*  
США 1 800 833 9200

\* Европейский бесплатный номер. Если он недоступен, звоните: +41 52 675 3777

**Дополнительная информация.** Компания Tektronix располагает обширной и постоянно расширяющейся коллекцией указаний по применению, технических описаний и других ресурсов в помощь инженерам, работающим над передовыми технологиями. Посетите сайт [ru.tektronix.com](http://ru.tektronix.com).

Copyright © Tektronix, Inc. Все права защищены. Изделия Tektronix защищены патентами США и других стран, выданными и находящимися на рассмотрении. Информация в этой публикации заменяет все опубликованные ранее материалы. Компания оставляет за собой право изменения цены и технических характеристик. TEKTRONIX и TEK являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc. Все другие торговые марки являются знаками обслуживания, товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих компаний.



15 Jan 2016 48U-60277-1

[ru.tektronix.com](http://ru.tektronix.com)

**Tektronix**<sup>®</sup>

