

## MSO Серии 5 В

Спецификация осциллографа смешанных сигналов

Больше информации о системе при меньшем занимаемом пространстве стойки.



Стандартная конфигурация с креплением на стойке



Конфигурация для настольного использования (доступно в качестве опции)

## Впечатляющие цифры

### Число входных каналов

- 4, 6 или 8 входа FlexChannel®
- Каждый канал FlexChannel обеспечивает:
  - Один аналоговый сигнал, который может отображаться в виде осциллограммы, в виде спектра или в обоих видах одновременно
  - Восемь цифровых логических входов с логическим пробником TLP058

### Полоса пропускания (все аналоговые каналы)

- 350 МГц, 500 МГц, 1 ГГц, 2 ГГц (с возможностью расширения)

### Частота дискретизации (все аналоговые / цифровые каналы)

- В режиме реального времени: 6,25 Гвыб/с
- С интерполяцией: 500 Гвыб/с

### Длина записи (все аналоговые / цифровые каналы)

- 62,5 млн точек (стандартно)
- 125, 250, 500 млн точек, (по заказу)<sup>1</sup>

### Скорость регистрации сигналов

- более 500 000 осциллограмм/с

### Разрешение по вертикали

- 12-битный АЦП
- До 16 бит в режиме высокого разрешения

### Стандартные типы запуска

- По фронту, длительности импульса, рантам, времени ожидания, окну, логическому состоянию, времени установки и удержания, времени нарастания/спада, по сигналам параллельной шины, по последовательности, визуальный запуск, по видеосигналу (дополнительно), по РЧ-сигналу относительно времени (дополнительно)
- По сигналу на дополнительном входе запуска  $\leq 5$  В ср.кв., 50 Ом, 250 МГц ( $> 200$  мВ<sub>пик-пик</sub>) (запуск только по фронту)

### Стандартный анализ

- Курсоры: с привязкой к осциллограмме, вертикальной шкале, горизонтальной шкале, вертикальной и горизонтальной шкалам
- Измерения: 36
- Экран спектра: Анализ частотного домена с независимыми элементами управления частотными и временными доменами
- FastFrame™: Режим регистрации с использованием сегментирования памяти и максимальной частоты запуска  $> 5\,000\,000$  осциллограмм в секунду

- Графики: Тенденция во времени, гистограмма, спектр и фазовый шум
- Математическая обработка: основные арифметические действия, БПФ и расширенный редактор уравнений
- Поиск: поиск по любому критерию запуска
- Джиттер: погрешность временного интервала (TIE) и фазовый шум

### Опции анализа<sup>1</sup>

- Расширенный анализ джиттера и глазковых диаграмм
- Настраиваемая пользователем фильтрация
- Расширенный режим спектра
- Кривые зависимости РЧ-сигнала от времени (амплитуда, частота, фаза)
- Управление шинами электропитания
- Проверка по маске / предельным значениям
- Инверторы, двигатели и приводы
- Отладка и анализ LVDS
- Анализ PAM3
- Расширенные измерения и анализ характеристик систем питания
- Расширенный векторный анализ сигнала (SignalVu-PC)

### Опции запуска, декодирования и анализа сигналов последовательных шин<sup>1</sup>

- I<sup>2</sup>C, SPI, eSPI, I3C, RS-232/422/485/UART, SPMI, SMBus, CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, SENT, PSI5, CXPI, автомобильные сети Ethernet, MIPI C-PHY, MIPI D-PHY, USB 2.0, eUSB2, Ethernet, EtherCAT, аудиосигнал, MIL-STD-1553, ARINC'429, Spacewire, 8B/10B, NRZ, Manchester, SVID, SDLC, двунаправленная шина (1-Wire), MDIO

### Опции тестирования устройств последовательной передачи данных на соответствие стандартам<sup>1</sup>

- Ethernet, USB 2.0, автомобильные сети Ethernet, промышленные сети Ethernet

### Опции анализа запоминающих устройств<sup>1</sup>

- Отладка, анализ и тестирование на соответствие стандартам модулей памяти DDR3

### Генератор сигналов произвольной формы/стандартных функций<sup>1</sup>

- Генерирование формы сигнала 100 МГц
- Типы сигнала: сигналы произвольной формы, синусоидальные, прямоугольные, импульсные, линейно изменяющиеся, треугольные, уровня постоянного тока, функция Гаусса,

<sup>1</sup> Дополнительно, с возможностью расширения.

функция Лоренца, нарастающая/спадающая экспонента,  $\sin(x)/x$ , случайный шум, гаверсинус, кардиосигнал

### Цифровой вольтметр <sup>2</sup>

- 4-х разрядный для измерения среднеквадратичного значения переменного напряжения, постоянного напряжения и среднеквадратичного значения постоянного + переменного напряжения

### Частотомер сигналов запуска <sup>2</sup>

- 8-разрядный

### Экран

- Цветной TFT с диагональю 15,6 дюйма (396 мм)
- Высокое разрешение (1920 x 1080)
- Емкостный сенсорный экран с жестовым управлением

### Возможности подключения

- USB ведущего устройства (7 портов), USB 3.0 ведомого устройства (1 порт), LAN (10/100/1000 Base-T Ethernet; с поддержкой LXI), Display Port, DVI-D, VGA

### e\*Scope®

- Обеспечивает дистанционный просмотр и управление осциллографом через сетевое соединение с использованием стандартного веб-браузера

### Стандартные пробники

- По одному пассивному пробнику напряжения на каждый канал: сопротивление 10 МОм, входная емкость менее 4 пФ

### Гарантийные обязательства

- 1-летняя стандартная гарантия

### Габариты

- 12,2 дюйма (309 мм) (В) x 17,9 дюйма (454 мм) (Ш) x 8,0 дюйма (204 мм) (Г)
- Масса: <25 фунтов (11,4 кг)

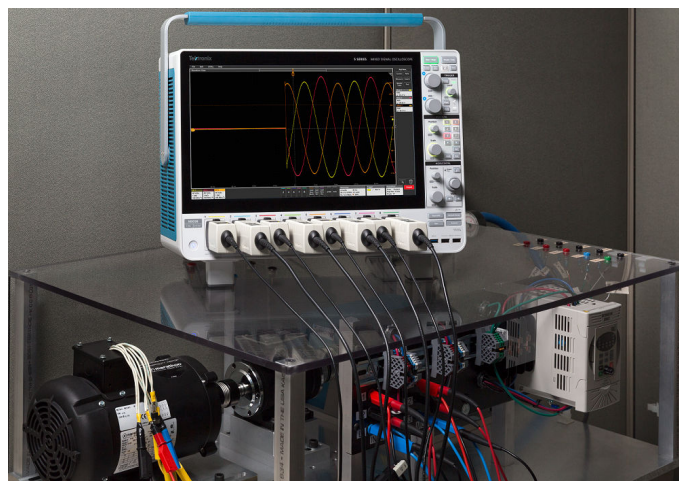
Осциллограф MSO Серии 5 оснащен инновационным интерфейсом пользователя с сенсорным управлением, самым большим в отрасли экраном высокой четкости и 4, 6 или 8 входами FlexChannel®, каждый из которых позволяет измерять один аналоговый или восемь цифровых сигналов на канал. Это прибор готов к решению сложнейших текущих и будущих задач. Это новый стандарт производительности, анализа и потребительского опыта в целом.

### Избавьтесь от задержек при проверке и отладке, возникающих из-за недостаточного числа каналов!

Осциллографы MSO Серии 5, предлагаемые в виде четырех-, шести- и восьмиканальных моделей с экранами высокой четкости (1920 x 1080) с диагональю 15,6 дюйма — это новый уровень визуализации сигналов сложных систем. Для проверки и определения производительности, устранения проблем и отладки многих типов устройств, таких как встроенные системы, трехфазная силовая электроника, автомобильные электронные устройства, источники питания и преобразователи постоянного напряжения в постоянное, требуется анализ более четырех аналоговых сигналов.

Большинство инженеров знакомы с ситуацией, когда для решения особо сложной проблемы нужно было получить больше визуальной информации и данных, но сделать это не позволял имеющийся осциллограф с двумя или четырьмя аналоговыми каналами. При добавлении второго осциллографа требовалось много времени и сил для согласования точек запуска, возникали сложности при синхронизации двух экранов и проблемы с документацией.

И хотя многие думают, что осциллограф с 6 и 8 каналами, скорее всего, стоит на 50% или на 100% дороже, чем четырехканальный прибор, они будут приятно удивлены тем, что шестиканальная модель дороже четырехканальной всего на ~25 %, а восьмиканальная — на ~67 %. Затраты на дополнительные аналоговые каналы могут быстро окупиться за счет исключения задержек при выполнении текущих и будущих проектов.



Измерения напряжения на трехфазном двигателе с отображением сигналов входного трехфазного напряжения после пуска.

<sup>2</sup> доступен бесплатно при регистрации прибора.

## Максимально возможная универсальность и новый уровень анализа систем за счет технологии FlexChannel®

Приборы MSO Серии 5 — это качественно новый уровень осциллографов смешанных сигналов. Технология FlexChannel позволяет использовать каждый вход канала для регистрации одного аналогового сигнала, восьми цифровых логических сигналов (с логическими пробниками TLP058) или для одновременного отображения сигналов в виде осциллограммы аналогового сигнала и спектра с независимыми элементами управления сбором данных для каждого домена. За счет этого достигается непревзойденная гибкость и универсальность систем измерения.

Модель прибора с восемью каналами FlexChannel можно настроить на регистрацию восьми аналоговых сигналов без регистрации цифровых. Или семи аналоговых сигналов и восьми цифровых. Или шести аналоговых сигналов и 16 цифровых, пяти аналоговых и 24 цифровых и так далее. Конфигурацию можно изменить в любое время простым добавлением или отключением логических пробников TLP058, чтобы получить требуемое число цифровых каналов.

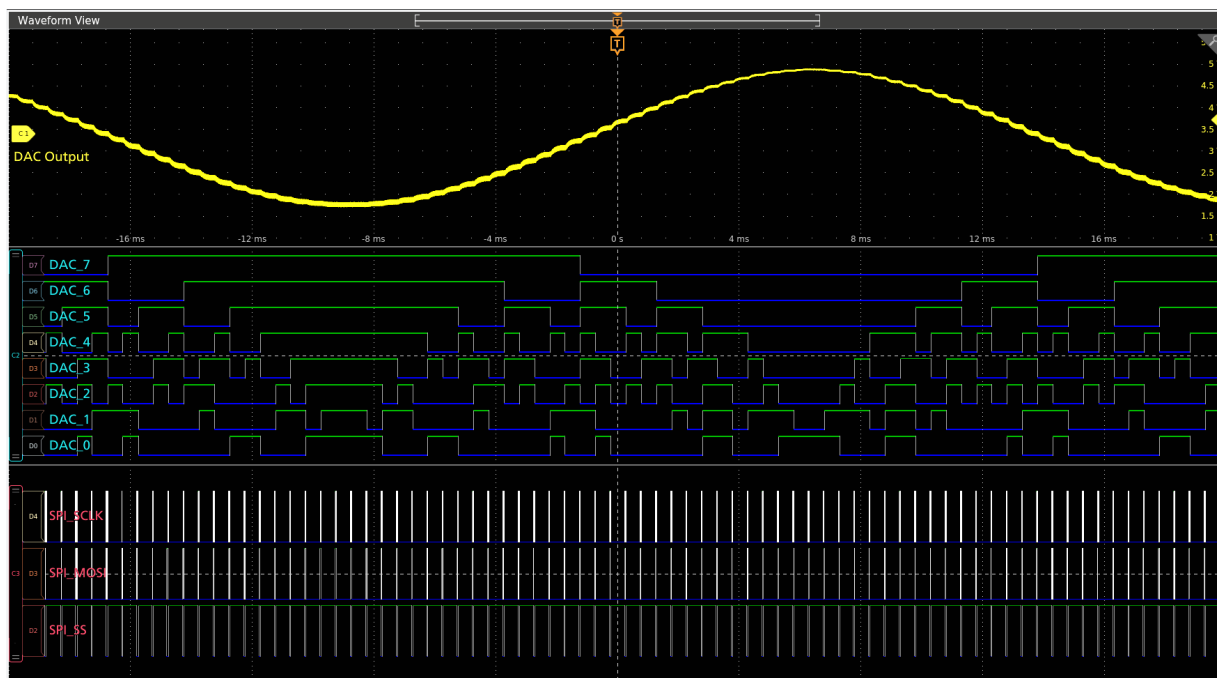


*Уникальная гибкость конфигурации за счет технологии FlexChannel. Каждый вход, в зависимости от типа подключенного пробника, можно настроить как один аналоговый или восемь цифровых каналов.*

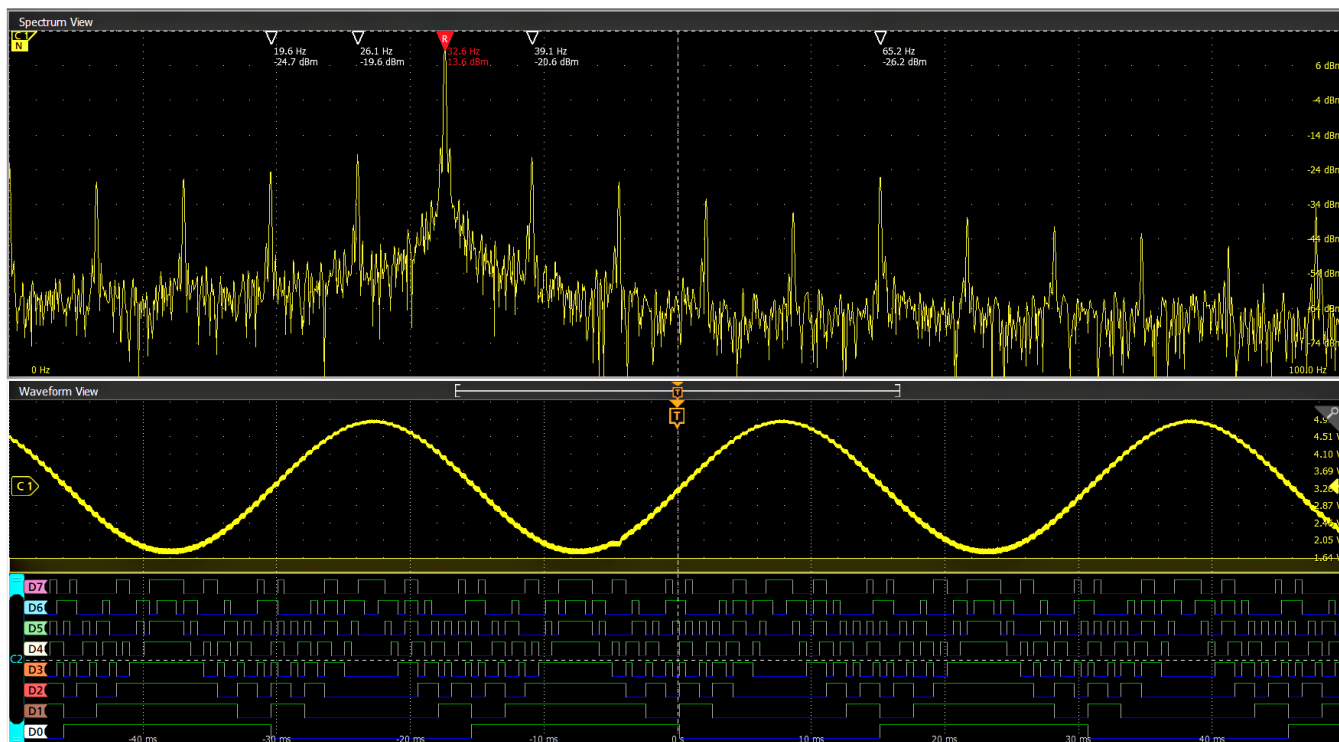
Для осциллографов MSO предыдущего поколения, цифровые каналы которых работали с более низкой частотой дискретизации и имели меньшую длину записи, чем аналоговые каналы, требовались компромиссные решения. В приборах MSO Серии 5 особое внимание было уделено модернизации цифровых каналов. Цифровые каналы получили такую же высокую частоту дискретизации (до 6,25 Гвыб/с) и длину записи (до 500 млн точек), как у аналоговых каналов.



*Пробник TLP058 обеспечивает переход на восемь высокопроизводительных цифровых входов. При подключении большего числа пробников TLP058 можно получить до 64 цифровых каналов.*



На канал 2 подключен логический пробник TLP058, тестирующий восемь входов АЦП. Обратите внимание на цветовую кодировку зеленым и синим цветом: уровни логической единицы окрашены зеленым цветом, логического нуля — синим. Другой логический пробник TLP058, подключенный на канал 3, тестирует шину SPI, управляющую АЦП. Белый цвет фронтов означает, что можно получить информацию о составляющих с более высокой частотой, если воспользоваться масштабированием или увеличить скорость свипирования в следующем сеансе регистрации.



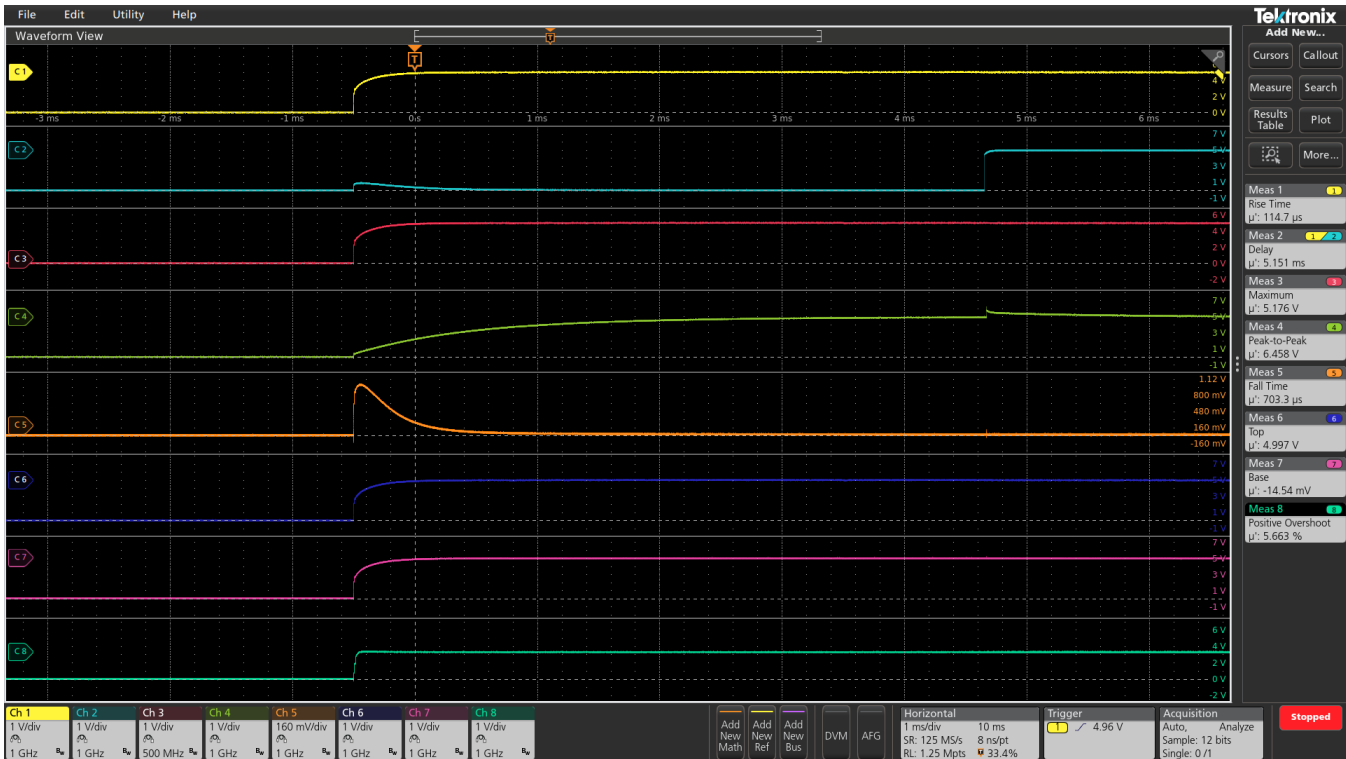
Помимо аналоговых и цифровых каналов, входы FlexChannel обеспечивают спектральное отображение сигналов. Запатентованная компанией Tektronix технология позволяет одновременно отображать осциллограмму и спектрограмму всех аналоговых сигналов, поддерживаемых прибором, с независимыми элементами управления в каждом домене. Впервые анализ в частотном домене на осциллографе сравнялся по простоте с работой на анализаторе спектра с сохранением возможности корректирования операций в частотном домене по данным во временном домене.

### Уникальные возможности для просмотра сигналов

Превосходный 15,6-дюймовый (396 мм) дисплей MSO серии 5 — самый большой в дисплей в отрасли, обеспечивая на 100% большую площадь отображения, чем осциллограф, с дисплеем 10,4 дюйма (264 мм). Кроме того, это экран с наивысшей четкостью (1920 x 1080), который обеспечивает качественный просмотр группы сигналов и оставляет достаточно места для критически важных данных и анализа.

Окно просмотра оптимизировано, чтобы получить максимально возможный размер по вертикали для отображения сигналов. Расположенную справа Панель результатов можно скрыть, чтобы просматривать сигналы на всю ширину экрана.





Многоярусный режим отображения обеспечивает высокую наглядность всех сигналов при поддержке максимального разрешения АЦП на каждом входе для выполнения наиболее точных измерений.

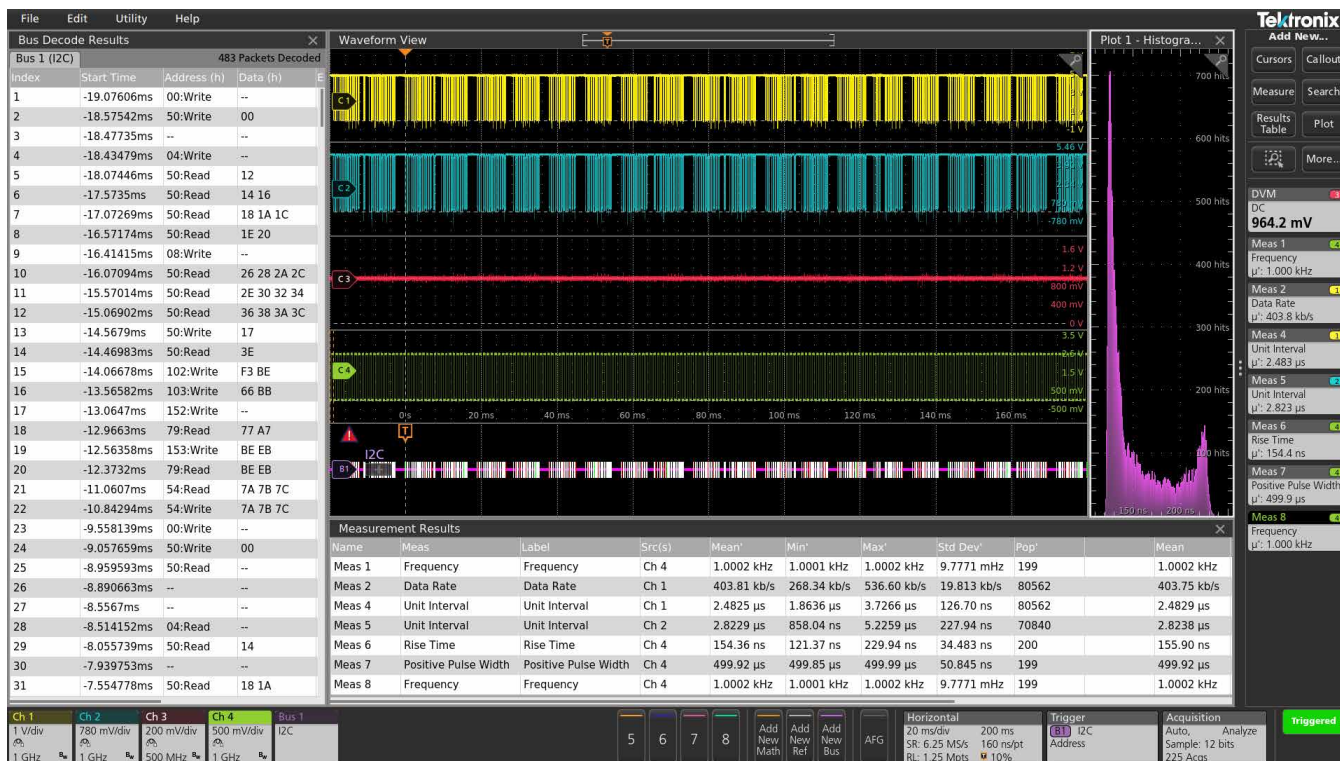
В осциллографах MSO Серии 5 применяется совершенно новый режим отображения — многоярусный. Обычно сигналы на экране осциллографа отображались путем наложения в пределах одной сетки, и это приводило к постоянному поиску компромиссных решений:

- Чтобы хорошо видеть каждый сигнал, нужно было изменить масштаб по вертикали и положение каждого сигнала, чтобы они не накладывались. Для каждого сигнала использовалась малая доля доступного диапазона АЦП, что ухудшало точность измерений.
- Чтобы повысить точность измерений, нужно было изменить масштаб по вертикали и положение каждого сигнала, чтобы растянуть их на весь экран. Сигналы накладывались один на другой, что усложняло рассмотрение деталей каждого отдельного сигнала

Для нового многоярусного режима отображения не требуются компромиссы. Он автоматически добавляет и удаляет дополнительные горизонтальные ярусы сигналов

(дополнительные ячейки сетки) при создании и удалении осциллограммы. Каждый ярус соответствует полному диапазону АЦП для сигнала. Все сигналы визуально отделены друг от друга, но при этом задействован весь диапазон АЦП, обеспечивая максимальную наглядность и точность. И все это происходит автоматически по мере добавления или удаления осциллограмм! В многоярусном режиме отображения каналы можно легко менять местами, перетаскивая значки каналов и сигналов на Панели настроек, размещенной в нижней части экрана. Группы каналов также можно отображать наложением в пределах яруса, чтобы упростить визуальное сравнение сигналов.

Окно просмотра увеличенного экрана осциллографа MSO Серии 5 настолько большое, что в нем помещаются не только осциллограммы, но и графики, таблицы результатов измерений, таблицы декодирования сигналов шин и прочие данные. При необходимости изображения можно масштабировать и перемещать.



Просмотр сигналов четырех аналоговых каналов, декодированного сигнала последовательной шины, таблицы результатов декодирования пакета последовательных данных, семи измерений, гистограммы измерений, таблицы результатов измерений со статистикой, а также цифровой вольтметр — и все это одновременно!

**Исключительно простой интерфейс пользователя, не отвлекающий внимание от основных задач**

**Панель настроек (Settings Bar) для управления основными параметрами и сигналами**

Параметры управления сигналами и режимами отображения выводятся в форме последовательности ярлычков в Панели настроек (Settings bar), расположенной вдоль нижней части экрана. Панель настроек обеспечивает немедленный доступ к наиболее часто используемым функциям управления сигналами. С помощью одного касания можно:

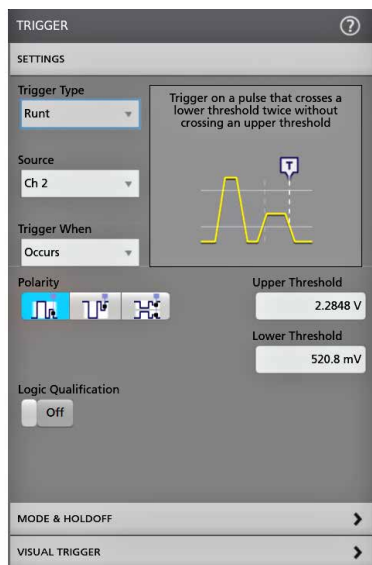
- включать каналы;
- добавлять расчетные сигналы;
- добавлять эталонные сигналы;
- добавлять осциллограммы сигналов шин;
- включать встроенный генератор AFG (опция);
- включать встроенный цифровой вольтметр (опция).

**Панель результатов (Results Bar) измерений и анализа**

Панель результатов на правой стороне экрана позволяет мгновенно, одним касанием, получить доступ к общим аналитическим инструментам, например курсорам, измерениям, поиску и меткам таблиц декодирования сигналов шин, диаграммам и примечаниям.

Показания цифрового вольтметра, ярлыки результатов измерений и поиска отображаются в Панели результатов и не закрывают область отображения осциллограмм. Чтобы увеличить область отображения сигналов, можно скрыть Панель результатов, а затем вновь вывести на экран в любое время.





Доступ к меню настроек производится двойным щелчком по требуемому элементу на экране. Для этого дважды коснитесь ярлыка *Trigger* (Запуск), чтобы отобразить меню конфигурации запуска (*Trigger configuration*).

## Реализация технологии сенсорного управления

Осциллографы с сенсорными экранами появились много лет назад, но об интерфейсе с сенсорным управлением можно было только мечтать. Прибор MSO Серии 5 оснащен емкостным сенсорным экраном с диагональю 15,6 дюйма, а также первым в отрасли интерфейсом пользователя, специально разработанным для сенсорного управления осциллографом.

Осциллографы MSO Серии 5 поддерживают технологии жестового управления, которые широко используются в телефонах и планшетах и только готовятся к внедрению на приборах.

- Перетаскивание сигналов влево/вправо или вверх/вниз для настройки положения по горизонтали и вертикали или панорамирования масштабированного изображения
- Жесты сжатия и растягивания для изменения масштаба или увеличения/уменьшения изображения по горизонтали или вертикали
- Перетащите элементы в корзину или перетащите их за край экрана, чтобы удалить
- Жест смахивания экрана справа налево для вывода Панели результатов или сверху вниз для перехода к меню в левом верхнем углу экрана

При помощи удобных и чувствительных органов управления на передней панели можно выполнять регулировки, пользуясь знакомыми ручками и кнопками. Кроме того, в качестве третьего метода управления можно добавить мышь или клавиатуру.



Работа с емкостным сенсорным экраном осуществляется таким же образом, как и с телефоном или планшетом.

## Настраиваемый размер шрифта

Исторически пользовательские интерфейсы осциллографа были разработаны с фиксированными размерами шрифта для оптимизации просмотра осциллограмм и показаний. Эта реализация подходит, если у всех пользователей одинаковые предпочтения по просмотру, но так не бывает. Пользователи проводят много времени, глядя на экраны, и Tektronix признает это. MSO серии 5 предлагает пользовательские настройки для различных размеров шрифта; уменьшение до 12 точек или увеличение до 20 точек. При настройке размера шрифта интерфейс пользователя динамически масштабируется, что позволяет легко выбрать оптимальный размер для работы.



Сравнение, показывающее, как изменяется масштаб пользовательского интерфейса по мере изменения размера шрифта.



На модернизированной интуитивно понятной передней панели размещены все критически важные органы управления, и остается достаточно места для увеличенного экрана высокой четкости с диагональю 15,6 дюйма.

### Обновление элементов управления передней панели

Как правило, переднюю панель осциллографа можно разделить на две приблизительно равных части — экран и органы управления. Экран осциллографа MSO Серии 5 занимает почти 85 % площади передней панели. Для этого была выполнена полная модернизация передней панели: сохранены критически важные органы управления для простых интуитивно понятных операций, но сокращено число кнопок меню для функций, к которым есть непосредственный доступ через элементы управления экрана.

Индикаторы в виде светодиодных колец с цветовой кодировкой указывают на функции регуляторов источника запуска и

положения/шкалы на панели Vertical (Вертикаль). Большие кнопки Run / Stop (Пуск / Стоп) и Single / Sequence (Одиночный / Последовательность) находятся на самом заметном и удобном для пользователя месте в правом верхнем углу, ниже на передней панели размещены специальные кнопки для таких функций, как Force Trigger (Принудительный запуск), Trigger Slope (Фронт запуска), Trigger Mode (Режим запуска), Default Setup (Настройки по умолчанию), Auto-set (Автоматическая настройка) и Quick-save (Быстрое сохранение).

### Использовать Windows или нет — на ваш выбор

MSO Серии 5 позволяет выбрать, будет или не будет использоваться операционная система Microsoft Windows™.

MSO Серии 5 поставляется со стандартным съемным твердотельным накопителем с закрытой встроенной операционной системой, которая загружается в виде специального осциллографа без возможности запуска или установки других программ. Доступен дополнительный твердотельный накопитель с операционной системой Windows 10, которая является открытой. Таким образом, можно свернуть приложение осциллографа и получить доступ к рабочему столу Windows, где можно установить и запустить дополнительные приложения, имеющиеся на осциллографе, или подключить дополнительные мониторы и расширить рабочий стол. Вы можете заменять накопители через панель доступа, расположенную в нижней части прибора.

Независимо от того, используете вы ОС Windows или нет, осциллограф работает точно так же, с тем же внешним видом и интерфейсом пользователя.

### Требуется разместить каналы с большей плотностью?

Имеется осциллограф смешанных сигналов MSO Серии 5 в плоском конструктиве — MSO58LP. Низкопрофильные осциллографы смешанных сигналов MSO Серии 5 с восемью входными каналами с полосой 1 ГГц и дополнительным входом синхросигнала в конструктиве высотой 2U с 12-битными АЦП определяют новый стандарт производительности для тех применений, где требуется достичь исключительной плотности размещения каналов.



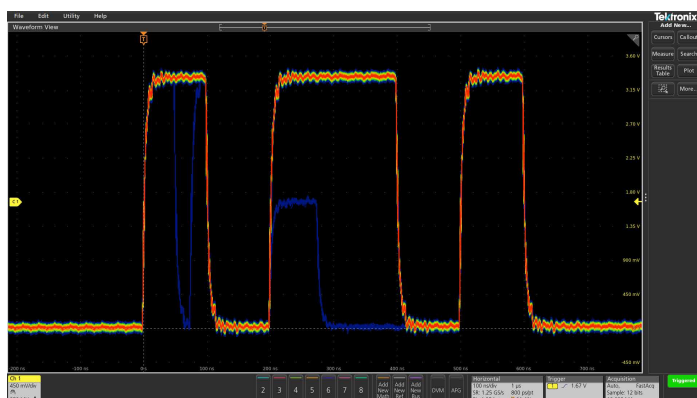
### Почувствуйте разницу в производительности

Обладая аналоговой полосой пропускания до 2 ГГц, частотой дискретизации 6,25 Гвыб/с, стандартной длиной записи 62,5 млн точек и 12-разрядным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), осциллограф смешанных сигналов MSO Серии 5 имеет производительность, позволяющую

регистрировать сигналы с максимально возможной целостностью и разрешением для последующего детального анализа.

### Технология цифрового люминофора с режимом захвата FastAcq™

Для того чтобы устранить проблему, нужно ее локализовать. Быстро оценить истинные процессы, происходящие в тестируемом устройстве, позволяет технология цифрового люминофора с режимом захвата FastAcq. Большая скорость захвата — более 500 000 сигналов в секунду — обеспечивает высокую вероятность обнаружения кратковременно возникающих проблем, достаточно распространенных в цифровых системах: рант-импульсов, глитчей, проблем с таймингом и многих других. Градация яркости для индикации частоты появления редких переходных процессов относительно среднестатистических характеристик сигналов позволяет улучшить отображение редких событий.



*Большая скорость захвата сигналов в режиме FastAcq обеспечивает обнаружение кратковременно возникающих проблем, достаточно распространенных в цифровых системах.*

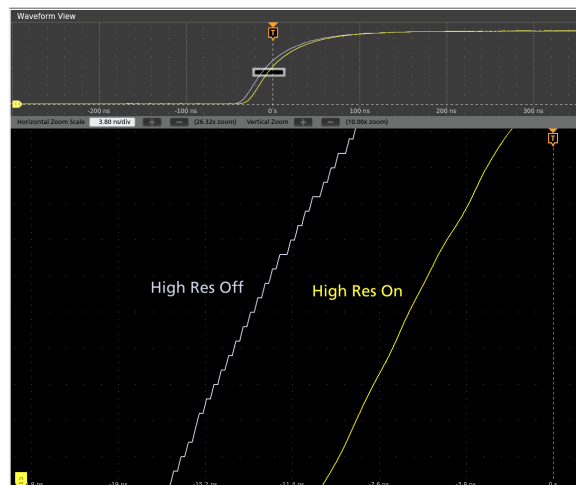
### Лучшее среди аналоговых устройств разрешение по вертикали

Осциллограф MSO Серии 5 способен регистрировать интересные сигналы с минимальным влиянием нежелательных шумов, что особенно полезно при анализе мельчайших деталей зарегистрированных сигналов с большой амплитудой. «Сердцем» прибора MSO Серии 5 являются 12-битные аналого-цифровые преобразователи (АЦП), обеспечивающие в 16 раз лучшее разрешение по вертикали по сравнению с обычными 8-битными АЦП.

В новом режиме высокого разрешения (High Res) используется уникальный аппаратный фильтр с импульсной характеристикой конечной длительности (КИХ) с соответствующими выбранной частоте дискретизации параметрами. КИХ-фильтр обеспечивает максимально возможную полосу пропускания для выбранной частоты дискретизации, в то же время предотвращает появление искажений из-за недостаточной частоты дискретизации и устраняет шум усилителей и помехи АЦП на частотах выше границы используемой полосы пропускания для выбранной частоты дискретизации. Режим высокого разрешения всегда

обеспечивает разрешение по вертикали не менее 12 бит с возможностью увеличения разрешения по вертикали до 16 бит при частотах дискретизации  $\leq 125$  Мвыб/с.

Новые малошумящие входные усилители значительно расширяют возможности детального анализа сигналов в осциллографах смешанных сигналов MSO Серии 5.



*12-битные АЦП осциллографов MSO Серии 5 совместно с новым режимом высокого разрешения (High Res) обеспечивают лучшее в отрасли разрешение по вертикали.*

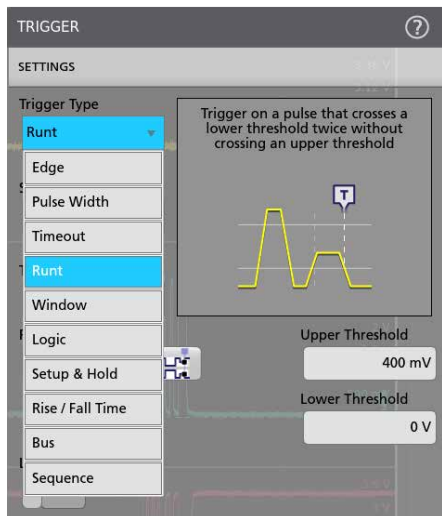
### Запуск

Обнаружение сбоя в работе устройства — это лишь первый шаг. Теперь нужно захватить интересное событие и установить причину его возникновения. Осциллограф MSO Серии 5 оснащен широчайшим набором расширенных функций запуска, включающих запуск по:

- рантам;
- логическому состоянию;
- длительности импульса;
- окну;
- времени ожидания;
- времени нарастания/понижения;
- нарушении времени установления и удержания;
- пакету последовательных данных;
- данным параллельной шины;
- последовательности;
- видеосигналу;
- визуальному запуску;
- зависимости частоты РЧ-сигнала от времени;
- зависимости величины РЧ-сигнала от времени.

Прибор с длиной записи до 500 млн точек может одновременно захватывать несколько интересных событий и даже тысячи

последовательных пакетов, сохраняя при этом высокое разрешение, позволяющее детально рассмотреть мельчайшие подробности сигнала и обеспечить достоверность измерений.

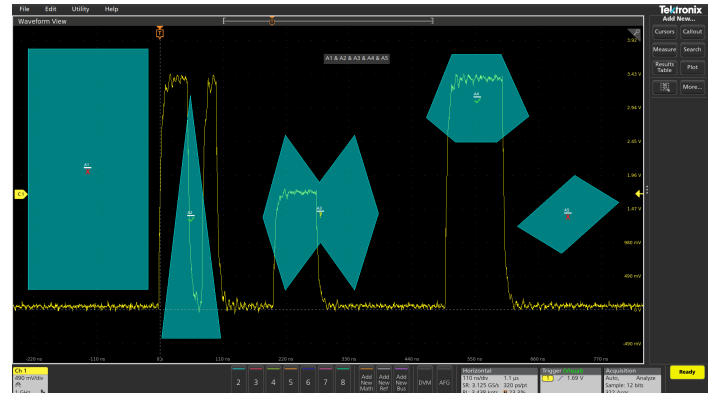


*Широкий выбор типов запуска и контекстно зависящая справочная система меню запуска существенно упрощают обнаружение интересных событий.*

### Визуальный запуск — быстрое обнаружение интересующего сигнала

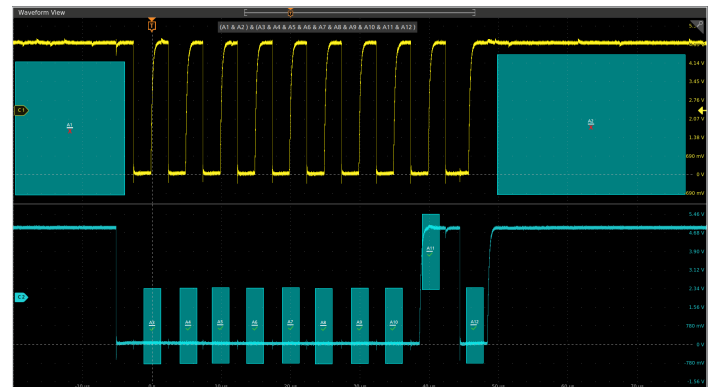
Для обнаружения нужного участка сложного сигнала с шины может потребоваться несколько часов сбора и сортировки тысяч захватов интересующего события. Определение момента запуска, который выделяет нужное событие, существенно ускоряет отладку и анализ.

Визуальный запуск расширяет возможности системы запуска прибора, сканируя все регистрируемые сигналы и сравнивая их с указанной на экране областью (геометрическая фигура). Для определения момента запуска сигнала можно создать неограниченное число областей при помощи мыши или сенсорного экрана, используя разные фигуры (треугольники, квадраты, шестиугольники и трапеции). После создания фигур их можно интерактивно изменить с учетом требований пользователя, чтобы добиться идеальных условий запуска. После определения нескольких областей можно воспользоваться экранными функциями редактирования для создания логических (булевых) выражений и настройки более сложных условий запуска.



*Области визуального запуска выделяют интересующее событие и ускоряют тестирование за счет захвата только требуемого события.*

Выполняя запуск только по самым важным событиям сигналов, функция визуального запуска может сэкономить время, которое тратится на регистрацию сигналов и ручной поиск в записях. За несколько секунд или минут можно найти самые важные события, завершить отладку и выполнение анализа. Визуальный запуск можно настроить даже на несколько каналов, что бывает необходимо для устранения проблем и отладки сложных систем.



*Многоканальный запуск. Области визуального запуска можно привязать к событиям, которые могут происходить на нескольких каналах, например, запуск по заданной длительности пакета на канале 1 и по заданной битовой комбинации на канале 2.*

### Пробники для точного измерения высокоскоростных сигналов

Пассивные пробники напряжения серии TPP, входящие в комплект поставки каждого осциллографа MSO Серии 5, обладают всеми достоинствами пробников общего назначения, такими как широкий динамический диапазон, гибкие возможности подключения и прочная конструкция, демонстрируя при этом производительность активных пробников. Аналоговая полоса пропускания до 1 ГГц позволяет анализировать высокочастотные компоненты сигналов, а очень низкая входная емкость (3,9 пФ) сводит к минимуму влияние на цепи и создает меньше паразитных составляющих при более длинных проводах заземления.

Для измерения низких напряжений можно использовать пробники серии TPP с низким ослаблением (2X), поставляемые в



качестве опций. В отличие от других пассивных пробников с низким ослаблением, пробник TPP0502 имеет широкую полосу пропускания (500 МГц) и низкую входную емкость (12,7 пФ).



В стандартную поставку осциллографов MSO Серии 5 входят пробники TPP0500B (для моделей с полосой 350 МГц, 500 МГц) или TPP1000 (для моделей с полосой 1 ГГц, 2 ГГц) — по одному на канал.

### Интерфейс пробников TekVPI

С появлением интерфейса TekVPI® был установлен новый стандарт простоты использования пробников. Помимо надежного и безопасного соединения, многие пробники с интерфейсом TekVPI имеют индикаторы состояния и органы управления, а также кнопку вызова меню настройки пробника, расположенную непосредственно на корпусе. При помощи этой кнопки можно вывести меню пробника со всеми необходимыми настройками и элементами управления пробником на экран осциллографа. Интерфейс TekVPI обеспечивает непосредственное подключение токовых пробников, позволяя обойтись без отдельного источника питания. Поддерживается дистанционное управление пробниками с помощью USB или ЛВС, что позволяет гибко использовать их в составе автоматизированных контрольно-измерительных систем. Осциллограф MSO Серии 5 способен обеспечивать до 80 Вт питания на разъемах передней панели. Этого достаточно для работы всех подключенных пробников TekVPI без необходимости использования дополнительного источника питания для пробников.

### Изолированная измерительная система IsoVu™

При разработке инвертора, оптимизации источников питания, тестировании линий связи, измерениях на резисторе токового шунта, проведении испытаний на ЭМС или на воздействие электростатического разряда, исключении контуров заземления в схеме тестирования — во всех этих случаях до сих пор инженеры не могли эффективно работать из-за синфазных помех.

Ситуацию изменила революционная технология IsoVu компании Tektronix, использующая оптическую линию связи и подачу питания по оптическому волокну для достижения полной гальванической развязки. Результатом объединения этой технологии и

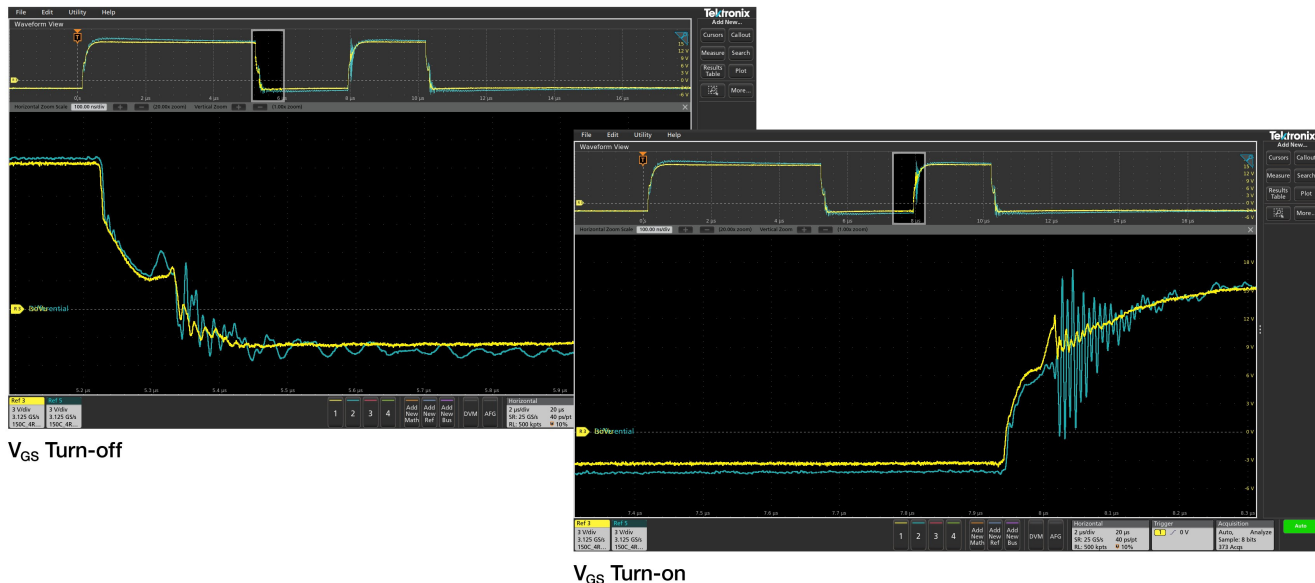
осциллографа MSO Серии 5 с интерфейсом TekVPI стала первая и единственная измерительная система, способная обеспечить высокую точность при измерении параметров широкополосных дифференциальных сигналов в присутствии большого синфазного сигнала, со следующими характеристиками:

- Полная гальваническая развязка
- Полоса пропускания до 1 ГГц
- Подавление синфазного сигнала 1 млн к 1 (120 дБ) на частоте 100 МГц
- Подавление синфазного сигнала 10 000 к 1 (80 дБ) во всей полосе пропускания
- Динамический диапазон дифференциального сигнала до 2500 В
- Диапазон напряжений синфазного сигнала 60 кВ



Измерительная система IsoVu™ серии TIVP компании Tektronix — это комплект оснастки с гальванической развязкой для высокоточных измерений широкополосных дифференциальных сигналов с амплитудой до 2500 Впик в присутствии больших синфазных сигналов. Система отличается самым высоким в этом классе приборов коэффициентом подавления синфазного сигнала по всей полосе пропускания.

## Измерение напряжения строб-импульса на стороне высокого напряжения с помощью IsoVu



*Дифференциальный пробник (синяя кривая) и пробник с оптической развязкой IsoVu (желтая кривая)*

На рисунке выше показано напряжение строб-импульса на стороне высокого напряжения для стандартного дифференциального пробника в сравнении с пробником с оптической развязкой. Как при выключении, так и при включении можно увидеть высокочастотное затухание после прохождения строб-импульса устройства через пороговую область. Вследствие совмещения строб-импульса и контура питания предполагается возникновение затухания. Однако в случае применения дифференциального пробника амплитуда затухания значительно выше, чем при измерении пробником с оптической развязкой. Это, вероятно, связано с изменением опорного напряжения, которое вызывает синфазные токи в пробнике, и с помехами, создаваемыми стандартным дифференциальным пробником. Хотя форма сигнала, измеренная дифференциальным пробником, соответствует максимальному напряжению строб-импульса устройства, более точное измерение, выполненное пробником с оптической развязкой, позволяет понять, что параметры устройства находятся в пределах спецификации. Разработчики приложений, использующих стандартные дифференциальные пробники для измерения напряжения строб-импульса, должны соблюдать осторожность, поскольку невозможно отличить показания пробника от показанных здесь помех, создаваемых измерительной системой, а также определить фактическое отклонение характеристик устройства от номинальных параметров. Эти искажения измерения могут привести к увеличению разработчиком сопротивления строб-импульса для замедления переходного процесса коммутации и уменьшения паразитного сигнала. Однако это может без необходимости увеличить потери в устройстве SiC. По этой причине важно иметь измерительную систему, точно отражающую

фактическую динамику устройства, чтобы должным образом спроектировать систему и оптимизировать производительность.

## Исчерпывающий анализ для быстрого и полного понимания систем

### Базовый анализ сигналов

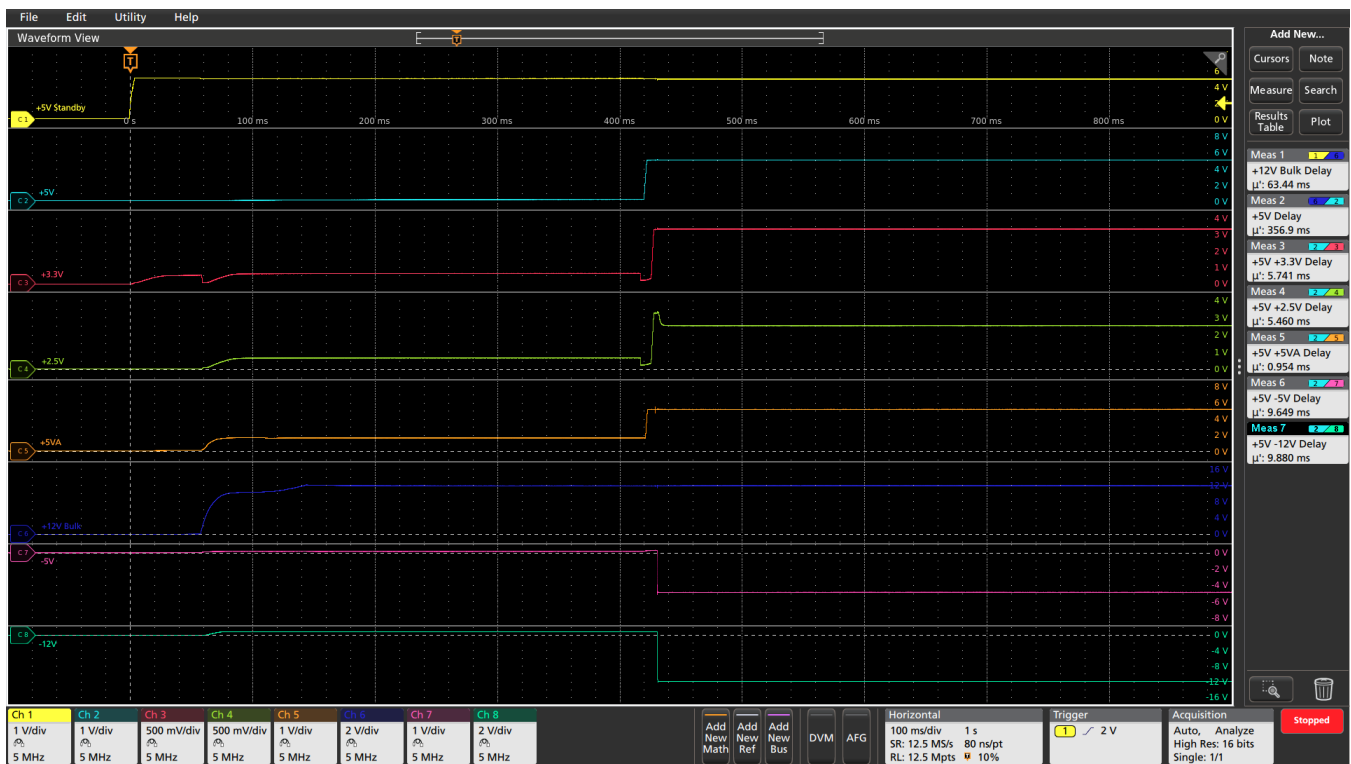
Для проверки соответствия технических характеристик прототипа имитационной модели и подтверждения достижения поставленных при проектировании целей необходимо выполнить тщательный анализ всех характеристик, начиная с простого измерения времени нарастания и длительности импульсов до сложного анализа потерь мощности, определения характеристик тактовых сигналов и исследования источников шумов.

Осциллографы MSO Серии 5 предоставляют исчерпывающий набор инструментов стандартного анализа, включающий:

- курсоры, которые привязываются к сигналу или экрану;
- 36 типов автоматизированных измерений. Результаты измерений включают все экземпляры записей, возможность перехода от одного события к другому и немедленный просмотр максимального или минимального найденного в записи результата;

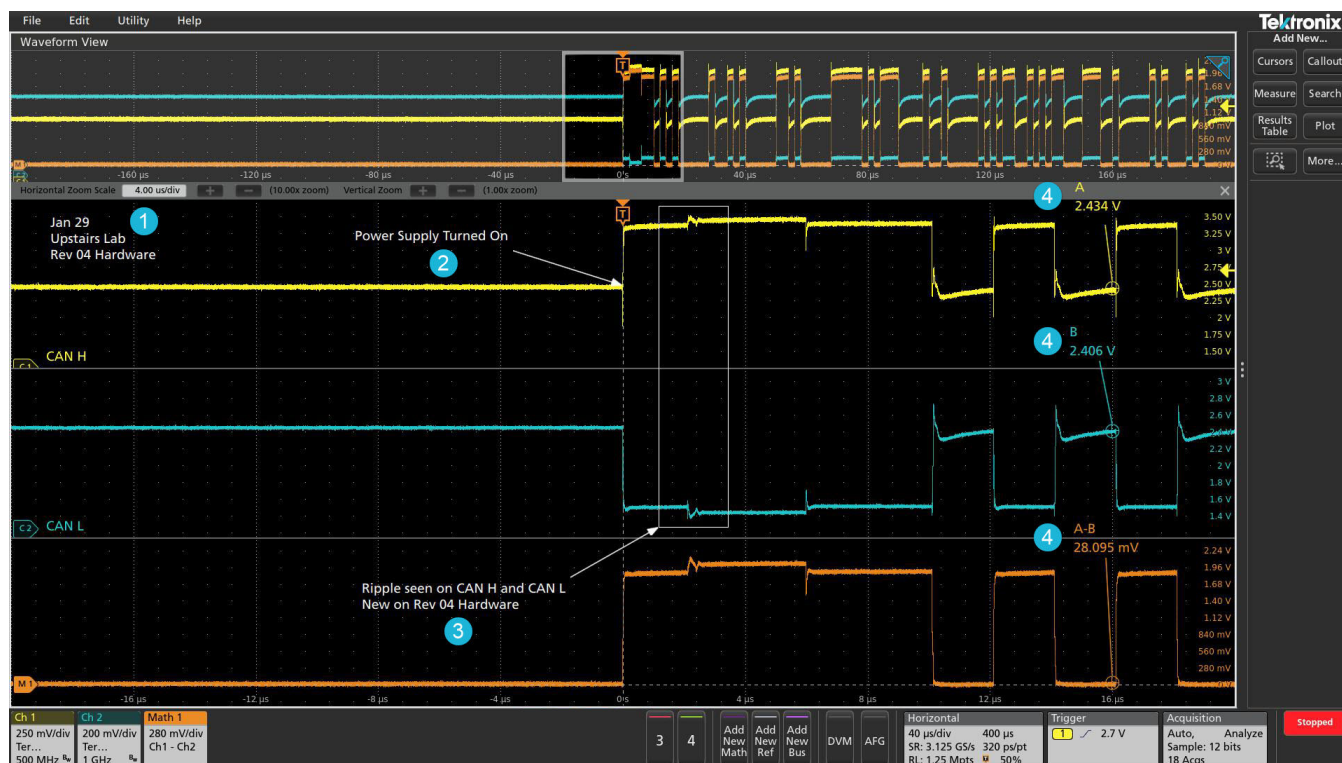
- базовые математические операции с сигналами;
- базовый анализ с БПФ;
- расширенные математические операции с сигналами, включая редактирование уравнений произвольных сигналов с включением фильтров и переменных;
- экран спектра: анализ частотного домена с независимыми элементами управления во временном и частотном доменах;
- режим сегментирования памяти FastFrame™, позволяющий более эффективно использовать память прибора за счет регистрации множества фрагментов по наступлению событий запуска в одну запись с удалением больших интервалов времени между интересующими событиями. Измерение параметров и отображение сегментов в записи возможно как по отдельности, так и с наложением.

Таблицы результатов измерений предоставляют полную статистику результатов как по отдельной записи, так и по совокупности всех записей.



Использование автоматизированных измерений для определения характеристик источника электропитания.

## Выноски



Простые в использовании выноски (примечание, стрелка, прямоугольник, закладка), подробно описывающие особенности данной настройки проверки и соответствующие результаты.

Документирование результатов и методов проверки имеет решающее значение при обмене данными между сотрудниками, воспроизведении измерений в более позднюю дату или предоставлении пользовательского отчета. Несколькими нажатиями на экран можно создать необходимое количество пользовательских выносок, что позволяет документировать конкретные детали результатов проверки. С помощью каждой выноски можно настроить текст, местоположение, цвет, размер и тип шрифта.

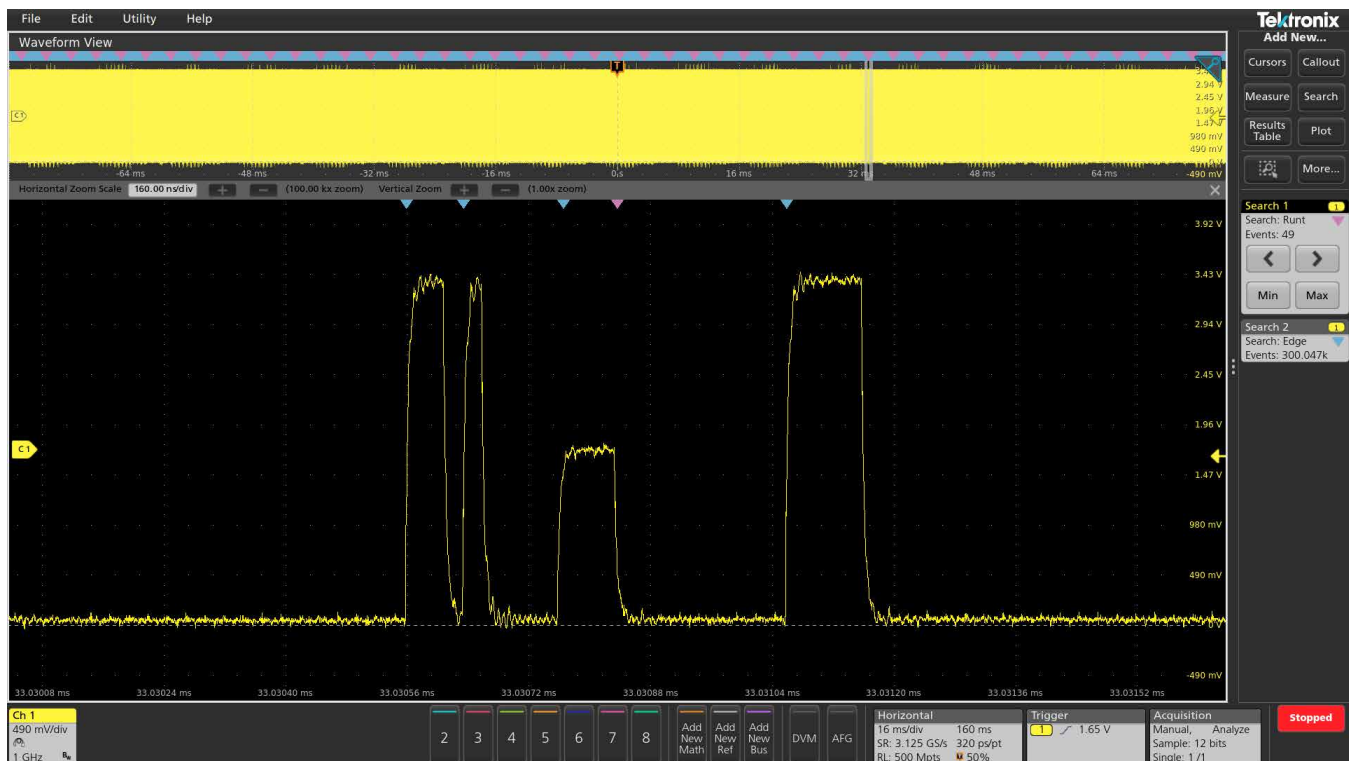
## Навигация и поиск

Без соответствующих инструментов поиск интересующего события в длинной записи сигнала может оказаться весьма трудоемким процессом. Учитывая, что в современных приборах длина записи исчисляется миллионами точек, поиск события может превратиться в просмотр нескольких тысяч экранов осциллограмм.

Приборы MSO Серии 5 обеспечивают простой и быстрый поиск и навигацию по осциллограммам благодаря инновационной панели управления Wave Inspector®. С ее помощью можно ускорить панорамирование и масштабирование фрагментов записи. Уникальная система с механизмом обратной связи обеспечивает перемещение из одного конца записи в другой за считанные секунды. В качестве альтернативы можно воспользоваться опциями экрана с интуитивно понятным жестовым управлением для выделения и изучения интересующих сегментов длинной записи.

Кнопка Search (Поиск) позволяет выполнять автоматический поиск в длинных записях, например, определенных пользователем событий. Все обнаруженные события помечаются поисковыми метками, между которыми можно перемещаться при помощи кнопок Previous (←) и Next (→) (Назад и Вперед) на передней панели или на значке Search (Поиск) на экране прибора. В приборе предусмотрены следующие типы поиска: по фронту, длительности импульса, времени ожидания, рантам, окну, логическому состоянию, времени установления и удержания, времени нарастания/спада, содержимому пакетов параллельных/последовательных шин. Число типов поисков, задаваемых пользователем, не ограничивается.

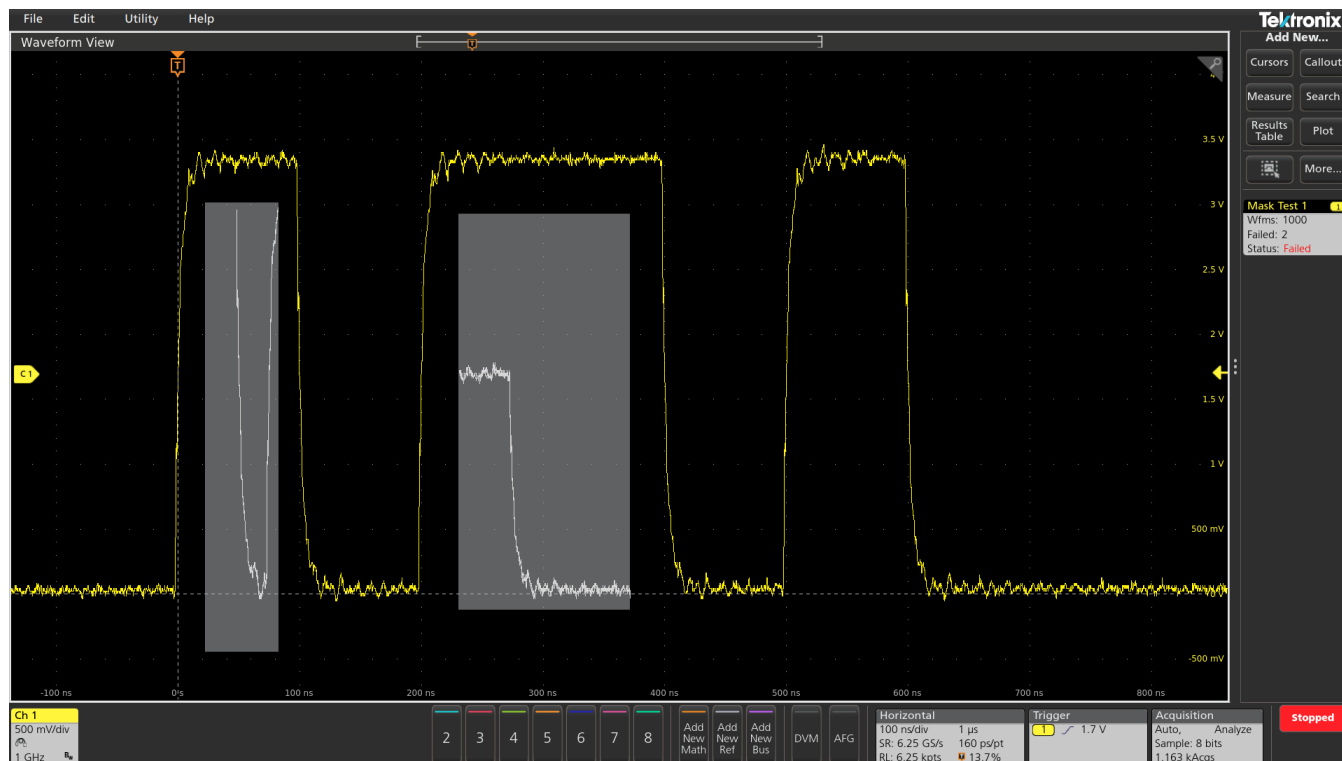
Для быстрого перехода к минимальному и максимальному значениям в результатах поиска используются кнопки Min и Max на значке Search (Поиск).



В режиме регистрации FastAcq в потоке цифровых данных обнаружен рант-импульс и запущена функция поиска. В этом длинном сеансе регистрации (20 мс) Поиск 1 обнаружил в записи около 37 500 сигналов с нарастающими фронтами. Поиск 2, который выполнялся одновременно, обнаружил в записи шесть рант-импульсов.



## Тестирование по маске и предельным значениям (дополнительно)



Настраиваемая маска с несколькими сегментами регистрирует всплески сигнала и раунт-импульсы на осциллограмме.

Независимо от того, сосредоточены ли вы на целостности сигнала или на настройке условий «годен/не годен» для производства, тестирование по маске является эффективным инструментом для определения поведения определенных сигналов в системе. Быстро создавайте пользовательские маски путем вычерчивания сегментов маски на экране. Настройте проверку в соответствии с конкретными требованиями и задайте действия, которые необходимо выполнить при регистрации совпадения с маской, а также при удовлетворительном или неудовлетворительном результате проверки.

Тестирование по предельным значениям — это удобный способ мониторинга длительного поведения сигналов, который помогает определить характеристики новой конструкции или подтвердить производительность оборудования во время тестирования линии. Тестирование по предельным значениям сравнивает активный сигнал с идеальной («эталонной») версией того же сигнала, для которого пользователь устанавливает допуски по вертикали и горизонтали.

Вы можете легко настроить тестирование по маске или по предельным значениям в соответствии с вашими требованиями, выполнив следующие действия:

- Определение продолжительности тестирования по количеству осциллограмм;

- Установление порога превышения, который должен быть достигнут, чтобы результат тестирования мог считаться неудовлетворительным;
- Подсчет превышения/неудовлетворительных результатов и предоставление статистической информации;
- Настройка действий при превышениях, неудовлетворительных результатах тестирования и выполнении тестирования

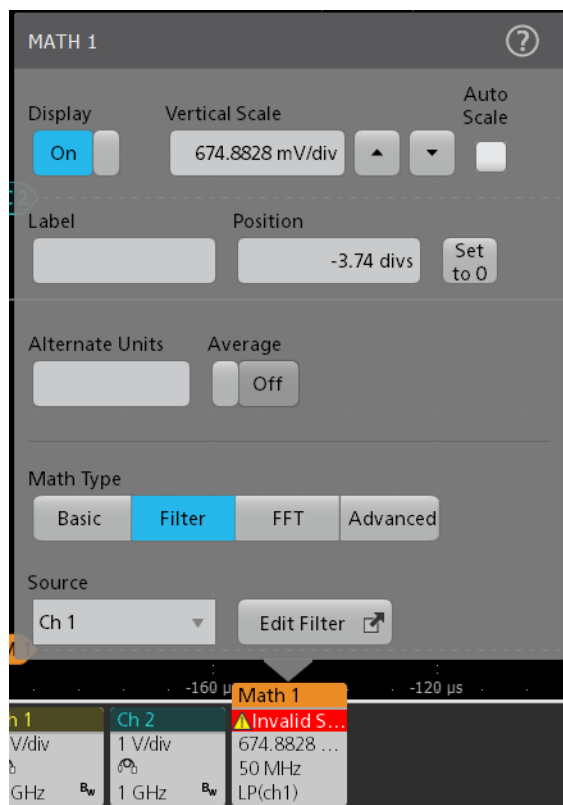
### Фильтры с пользовательскими настройками (опция)

Если говорить упрощенно, любая система, которая обрабатывает сигнал, может считаться фильтром. Например, канал осциллографа работает как фильтр низких частот, точка среза которого на уровне 3 дБ определяет полосу пропускания. Так как сигнал может принимать любую форму, можно разработать фильтр, способный преобразовать его в заданную форму с учетом некоторых основных правил, допущений и ограничений.

Цифровые фильтры имеют ряд существенных преимуществ перед аналоговыми. Например, значения допусков элементов схемы аналогового фильтра настолько большие, что создавать фильтры высшего порядка сложно или просто невозможно. Эффективными фильтрами высшего порядка являются цифровые фильтры. Цифровые фильтры могут быть реализованы как фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ) или с конечной

импульсной характеристикой (КИХ). Выбор фильтров — БИХ или КИХ — зависит от требований к разрабатываемому устройству и области применения.

В осциллографах MSO Серии 5 предусмотрена возможность применения указанных фильтров к расчетным сигналам при помощи функции MATH Arbitrary. Опция 5-UDFLT значительно расширяет эту возможность, добавляя к базовым функциям MATH Arbitrary поддержку стандартных фильтров, а также режим создания специальных фильтров для заданных областей применения.



Фильтры создаются в диалоговом окне Math. После редактирования параметров фильтр можно применить, сохранить или восстановить для последующего применения или изменения.

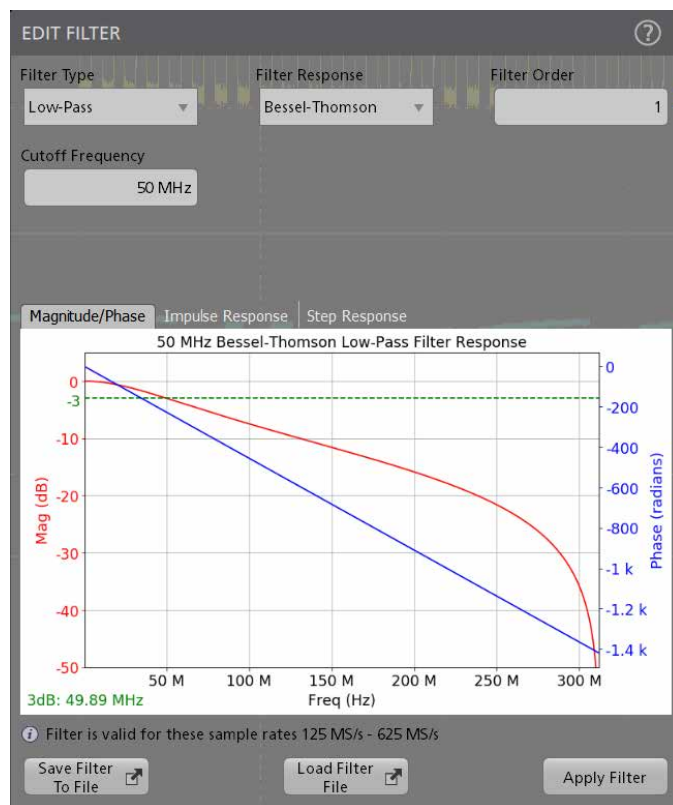
Типы фильтров, которые поддерживает MSO Серии 5:

- ФНЧ
- ФВЧ
- полосно-пропускающий
- полосно-заграждающий
- всепропускающий
- Гильберта
- дифференцирующий
- пользовательский.

Типы характеристик фильтров, которые поддерживает MSO Серии 5:

- АЧХ по Баттерворту;
- Чебышева I рода;
- Чебышева II рода;
- эллиптическая;
- Гаусса;
- Бесселя-Томсона.

Управление характеристиками фильтров доступно для всех типов фильтров, кроме всепропускающего, Гильберта и дифференцирующего.



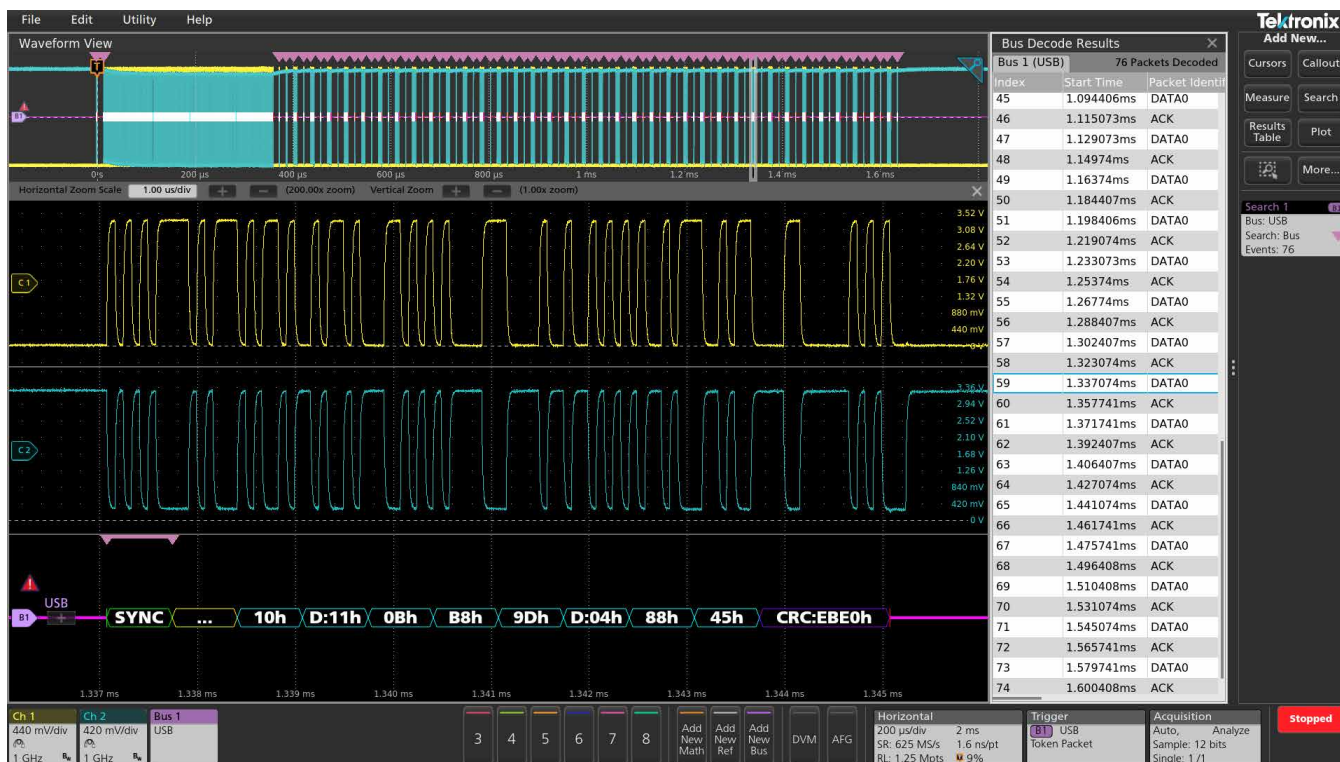
Диалоговое окно создания фильтра с опциями «Тип фильтра», «Характеристика фильтра», «Частота среза», «Порядок фильтра», а также графиками амплитудно-фазовой, импульсной и переходной характеристики.

Создаваемые фильтры можно сохранить, восстановить или применить сразу после завершения редактирования.

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

Возможность оценивать активность системы по наблюдениям за трафиком одной или нескольких последовательных шин часто оказывается неоценимой при проведении отладки. Декодирование даже одного пакета с последовательной шины вручную может занимать значительное время, не говоря уже о тысячах зарегистрированных пакетов, которые могут быть записаны при длительном сеансе регистрации.

И если известно, что интересующее подлежащее регистрации событие происходит после передачи отдельной команды по последовательной шине, наилучшим решением будет настройка запуска по наступлению этого события. К сожалению, это не так просто, как установить запуск по фронту или длительности импульса.



Запуск по пакету высокоскоростной последовательной шины USB. На осциллограмме сигнала шины отображается декодированное содержимое пакета, в том числе Start (Пуск), Sync (Синхронизация), PID (Идентификатор пакета), Address (Адрес), End Point (Конечная точка), CRC (Контрольная сумма), Data values (Значения данных) и Stop (Смон), а в таблице декодирования отображается содержимое всех пакетов для всей записи.

MSO серии 5 предлагает надежный набор инструментов для работы с наиболее распространенными последовательными шинами, которые используются во встраиваемых системах, включая I<sup>2</sup>C, SPI, eSPI, I3C, RS-232/422/485/UART, SPMI, SMBus, CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, SENT, PSI5, CXPI, автомобильные сети Ethernet, MIPI C-PHY, MIPI D-PHY, USB LS/FS/HS, eUSB2.0, Ethernet 10/100, EtherCAT, аудио (I2S/LJ/RJ/TDM), MIL-STD-1553, ARINC 429, Spacewire, 8B/10B, NRZ, Manchester, SVID, SDLC, 1-Wire и MDIO.

Поиск в сигналах протоколов последовательных шин позволяет обнаруживать в продолжительных записях пакеты, содержимое которых соответствует заданному. Каждое обнаруженное событие помечается меткой. Для быстрого перемещения между метками можно использовать кнопки Previous (←) и Next (→) на

передней панели (Назад и Вперед) или на значке Search (Поиск), который находится на Панели результатов.

Указанные инструменты для последовательных шин применимы и для работы с параллельными шинами. Поддержка инструментов для работы с параллельными шинами входит в стандартный комплект осциллографов смешанных сигналов MSO Серии 5. Параллельные шины могут передавать до 64 бит и комбинировать аналоговые и цифровые каналы.

- Запуск по сигналам протоколов последовательных шин позволяет осуществлять запуск по указанному содержимому пакета, включая начало пакета, указанные адреса, указанные данные, уникальные идентификаторы и ошибки.
- Совместное представление отдельных составляющих сигнала шины на высоком уровне (тактового сигнала, данных, разрешения выбора кристалла и т.п.) с нанесенной на

изображение разметкой упрощает нахождение начала и конца пакетов и идентификацию входящих в них элементов, таких как адрес, данные, идентификатор, контрольная сумма и т.п.

- Осциллограмма сигнала шины отображается на одной временной оси с другими выводимыми сигналами, что позволяет легко измерять временные характеристики при взаимодействии различных частей испытываемой системы.
- Таблицы декодированных сигналов шины позволяют представить все декодированные пакеты в составе записи сигнала в форме таблицы, подобно тому, как кодируют в листингах программ. Пакеты снабжаются метками времени и выводятся последовательно столбцами для каждого отдельного компонента (адрес, данные и т. п.).

### Приложения для тестирования на соответствие стандартам (опция)

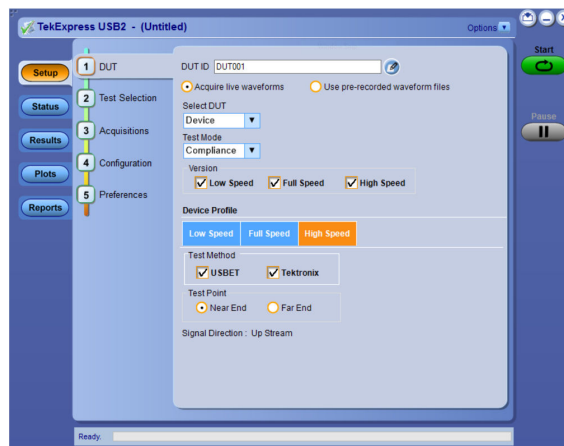
Основная цель разработчиков встраиваемых систем — тестирование различных встраиваемых и интерфейсных технологий на соответствие стандартам. Положительный результат проверки означает, что устройство прошло сертификацию в рамках Plugfest и правильно работает с другими устройствами, соответствующими стандарту.

Спецификации испытаний на соответствие стандартам высокоскоростной последовательной передачи данных, таких как USB, Ethernet, Memory, Display и MIPI, разработаны соответствующими консорциумами или регулирующими органами. Тесно сотрудничая с этими консорциумами, компания Tektronix разработала приложения для обеспечения соответствия с задействованием осциллографа, которые не только позволяют получить результаты «годен/не годен», но и дают более подробную информацию о любых сбоях, предоставляя соответствующие инструменты измерения, такие как анализ джиттера и времени для отладки конструкций, в которых произошел сбой.

Эти автоматизированные приложения для обеспечения соответствия стандартам созданы на основе концепции, которая обеспечивает следующее:

- Полное тестирование для каждой спецификации.
- Быстрое тестирование с оптимизированной регистрацией и последовательностью тестирования на основе пользовательских настроек.
- Анализ, основанный на ранее полученных сигналах, позволяет отключить проверяемое устройство (DUT) от настроек после завершения регистрации. Это также позволяет анализировать сигналы, полученные с помощью другого осциллографа или в удаленной лаборатории, что упрощает совместную работу при тестировании.

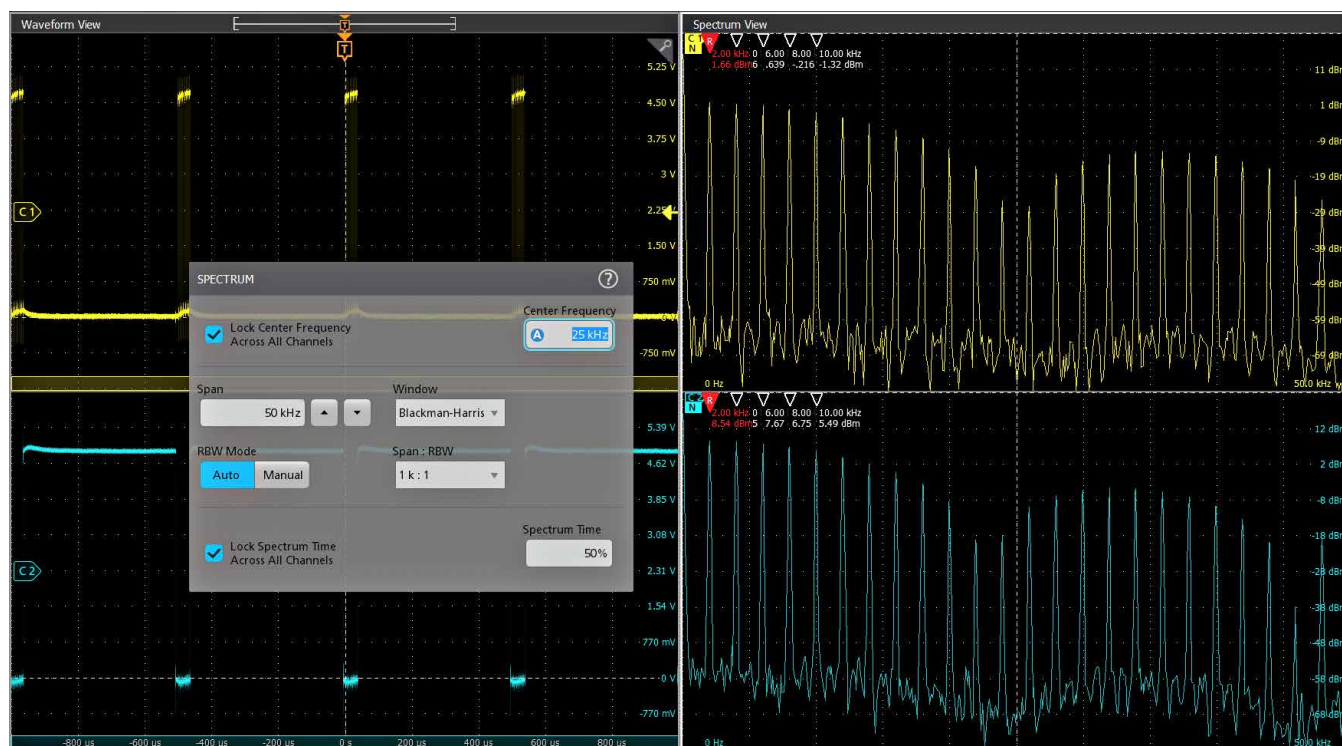
- Дополнительная проверка сигнала во время регистрации для захвата надлежащих сигналов.
- Дополнительные параметрические измерения для отладки конструкции.
- Пользовательское тестирование глазковой диаграммы по маске с целью получения информации о расчетных предельных параметрах.
- Подробные отчеты в различных форматах с информацией о настройке, результатами, предельными параметрами, снимками экрана осциллограмм и изображениями графиков.



Меню конфигурации автоматизированного тестирования на соответствие стандартам TekExpress USB 2.0.



## Экран спектра



Интуитивно понятные элементы управления анализатором спектра, такие как центральная частота, диапазон и разрешение полосы пропускания (RBW), независимые от элементов управления во временном домене, обеспечивают простоту настройки анализа в частотном домене. Экран спектра можно отобразить для каждого аналогового входа FlexChannel, что позволяет выполнять многоканальный комбинированный анализ сигналов.

Часто проще устранять проблемы, наблюдая за одним или несколькими сигналами в частотном домене. Для этой цели в осциллографе встроена функция математического представления БПФ для частотных декад. Хотя на практике пользоваться БПФ сложно по двум основным причинам.

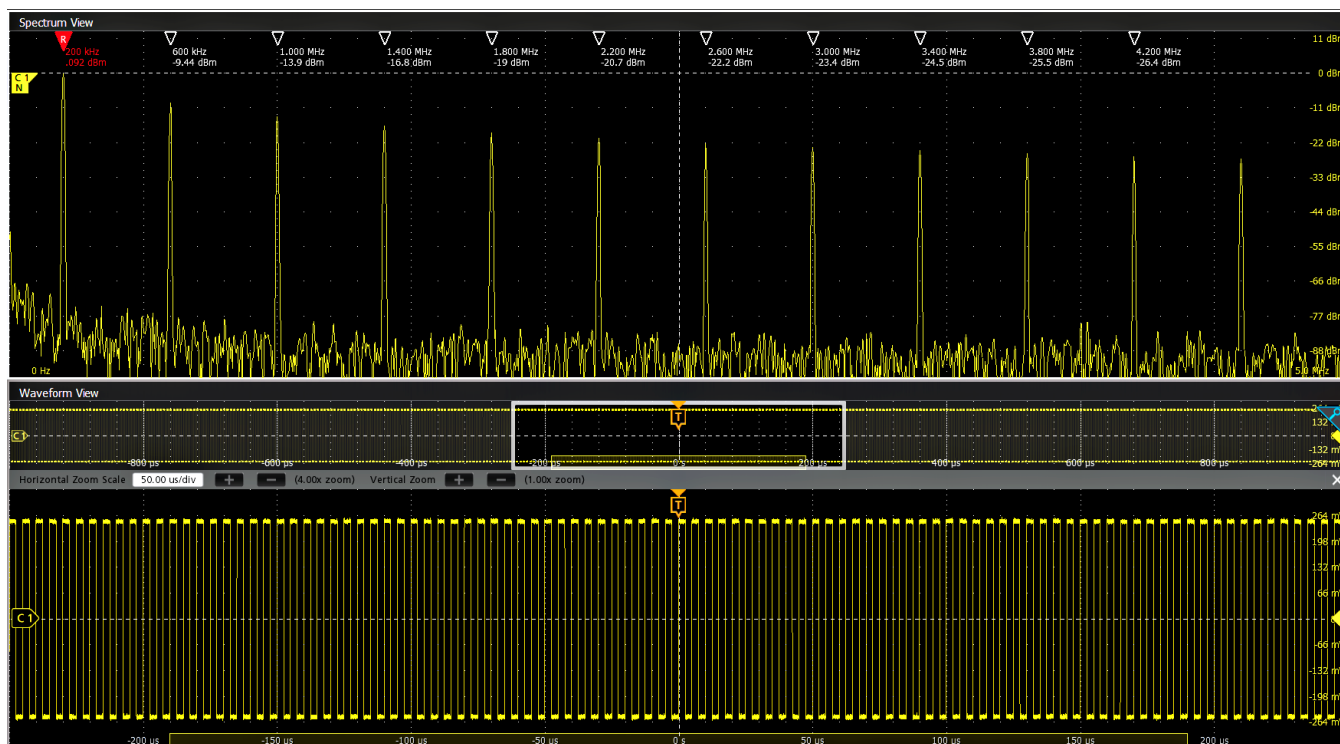
Первая заключается в том, что при выполнении анализа в частотном домене используются такие элементы управления, как центральная частота, диапазон и разрешение по полосе пропускания (RBW), которые обычно применяются в анализаторе спектра. Но за этим следует БПФ, где используются традиционные элементы управления осциллографа — частота дискретизации, длина записи и горизонтальная развертка (сек/дел.); и специалисту нужно мысленно переключиться, чтобы получить представление о том, что он ищет в частотном домене.

Вторая причина состоит в том, что управление БПФ осуществляется той же системой регистрации, которая работает с экраном временного домена аналоговых сигналов. При оптимизации настроек регистрации для экрана аналоговых сигналов ухудшаются параметры экрана в частотном домене.

При хорошей настройке экрана частотного домена ухудшается изображение аналоговых сигналов. При использовании математического представления БПФ получить оптимальные изображения на экранах в обоих доменах практически невозможно.

Режим спектра полностью решил эту проблему. Согласно запатентованной технологии Tektronix за каждым входом FlexChannel установлен дециматор для временного домена и цифровой преобразователь с понижением частоты для частотного домена. Два разных тракта для регистрации сигналов позволяют одновременно просматривать изображения входных сигналов во временном и частотном домене с использованием независимых настроек регистрации для каждого домена. Технологии «спектрального анализа» предлагают и другие производители, заявляя, что их решения простые в использовании, однако все они имеют ограничения, описанные выше. И только Режим спектра сочетает чрезвычайную простоту использования с возможностью одновременного вывода оптимальных изображений в обоих доменах.





Индикатор «Spectrum Time» задает интервал времени для расчета БПФ. На экране временного домена он имеет вид прямоугольника, который можно сдвигать для корреляции времени с сигналом во временном домене. Это отличное решение для комбинированного анализа. До 11 автоматизированных маркеров пиков служат для отображения значений частоты и величины каждого пика. Маркер опорного значения всегда устанавливается на самый большой пик и окрашен в красный цвет.

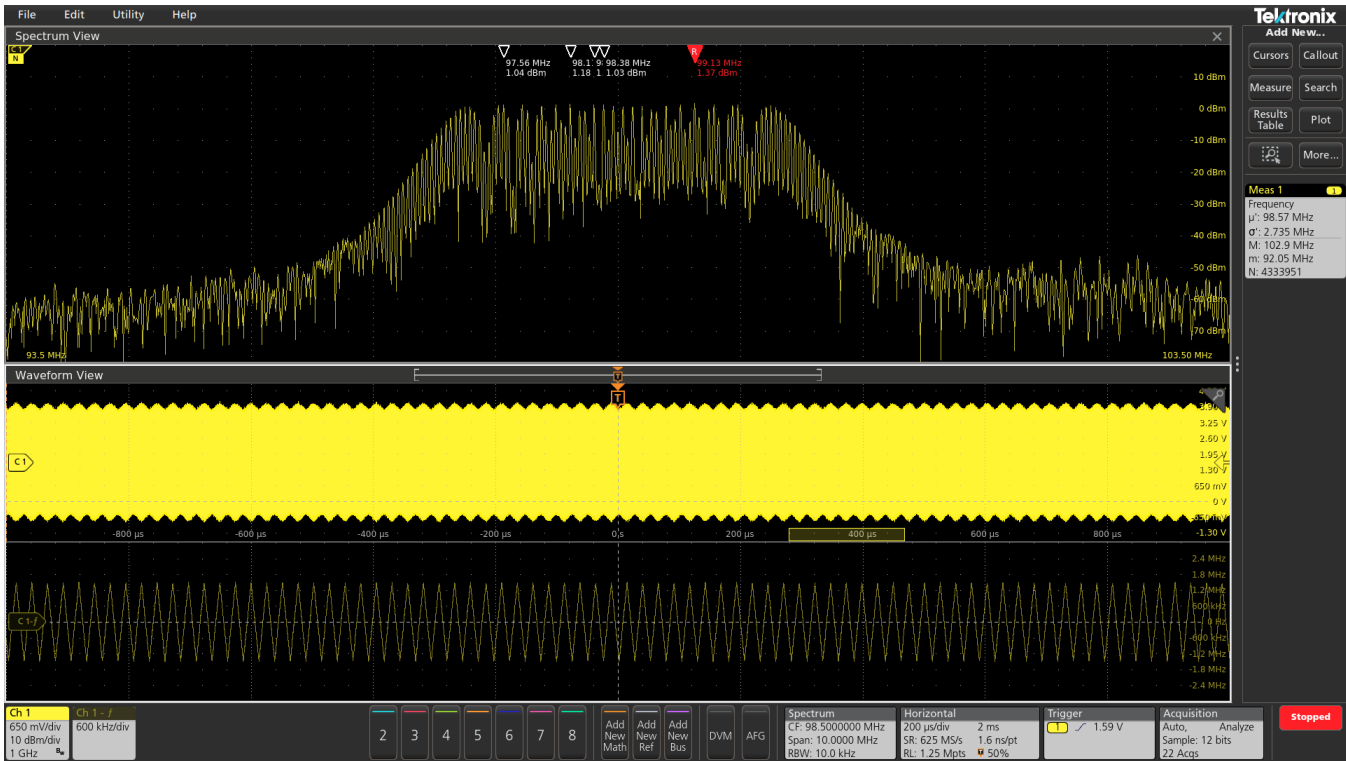
### Визуализация изменений РЧ-сигнала (дополнительно)

Представление РЧ осциллограмм во временном домене помогает лучше понять поведение изменяющегося во времени радиочастотного сигнала. Существуют три кривые временного домена РЧ-сигнала, полученные из базовых данных I и Q в режиме спектра (Spectrum View):

- Величина — график зависимости мгновенных значений амплитуды спектра от времени;

- Частота — график зависимости отношения мгновенных значений частоты спектра к центральной частоте от времени;
- Фаза — график зависимости отношения мгновенных значений фазы спектра к центральной частоте от времени.

Все три осциллограммы могут отображаться на дисплее одновременно, причем каждая из них может быть включена или выключена независимо от других осциллограмм.



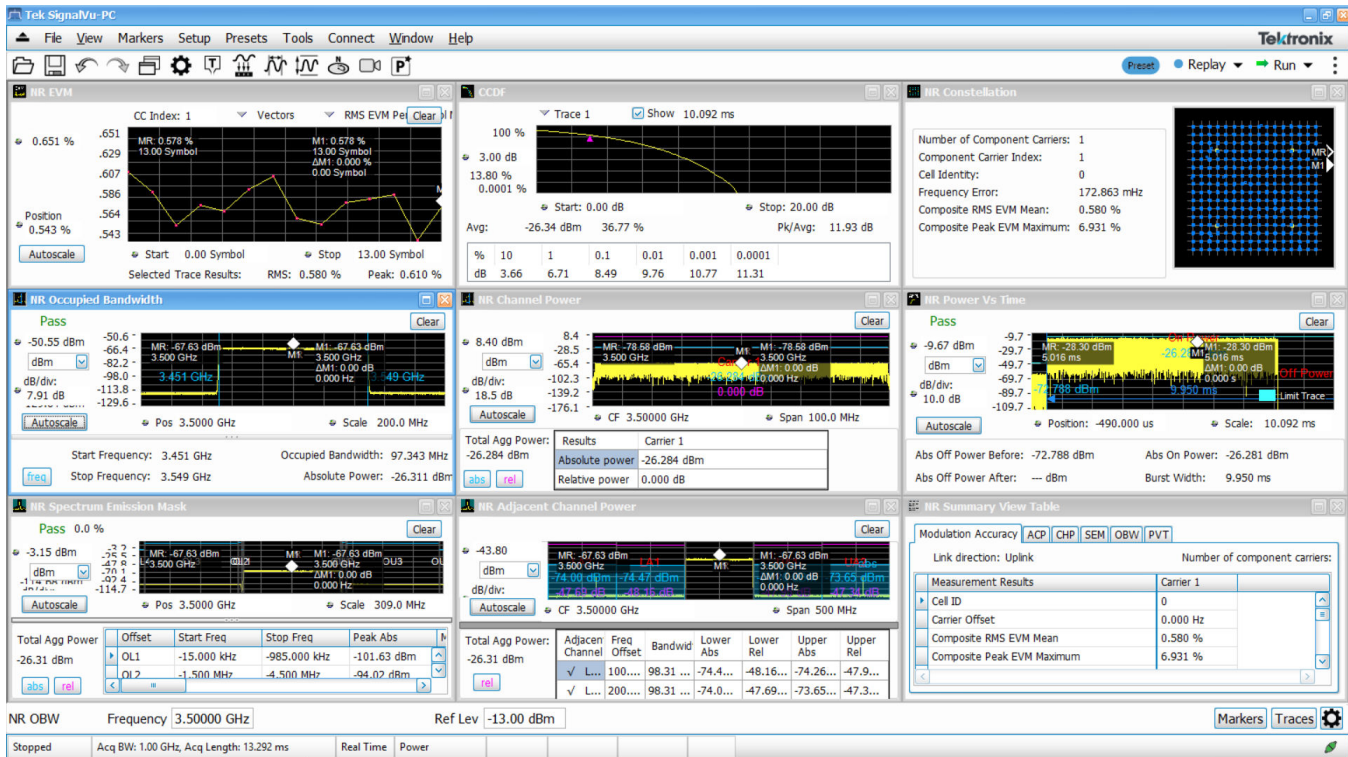
Нижняя кривая — это зависимость частоты от времени, полученная на основе входного сигнала. Обратите внимание, что индикатор Spectrum Time (Время спектра) расположен в области перехода с низкой частоты на среднюю, таким образом, энергия распределена между несколькими частотами. С помощью графика зависимости частоты от времени можно легко отслеживать различные скачки частоты, что упрощает описание поведения устройства при переключении между частотами.

### Запуск при изменении РЧ-сигнала (дополнительно)

Независимо от того, нужно ли найти источник электромагнитных помех или понять поведение управляемого напряжением генератора, аппаратные триггеры для РЧ-сигналов в зависимости от времени упрощают изоляцию, захват и понимание поведения РЧ-сигнала. Запуск по фронтам, длительности импульса и времени ожидания характеристики РЧ-сигнала: зависимость величины от времени и зависимость частоты РЧ-сигнала от времени.

### Комплексный анализ векторных сигналов с помощью SignalVu-PC (опция)

Если анализ выходит за рамки основного спектра, амплитуды, частоты и фазы относительно времени, можно использовать приложение SignalVu-PC для анализа векторного сигнала. Оно позволяет выполнять углубленный анализ неустановившихся РЧ-сигналов, детальную характеристику РЧ-импульсов и комплексный анализ аналоговой и цифровой РЧ-модуляции.



Измерения 5G NR от SignalVu-PC позволяют получить подробную информацию о конструкциях 5G NR.

Для включения приложения SignalVu-PC на вашем осциллографе MSO Серии 5 необходимы три опции.

1. Чтобы запустить приложение с отдельного ПК с ОС Windows, на осциллографе должен быть установлен твердотельный накопитель (5B-WIN) с Windows.
2. Для передачи данных I/Q на осциллографе должна быть установлена опция кривых изменения характеристик РЧ-сигналов со временем в режиме спектра (5-SV-RFVT).
3. На SignalVu-PC должна быть установлена лицензия Connect (CONxx-SVPC), чтобы обеспечить работу базовых функций приложения, в том числе 16 и более измерений и отображения РЧ-сигнала.

Понижающие цифровые преобразователи РЧ-сигналов и встроенные измерительные модули, расположенные за каждым каналом, позволяют выполнять комплексный анализ смешанных сигналов и смешанных доменов в одном приборе.



Анализ импульсов SignalVu-PC, выполняемый на MSO Серии 5 В

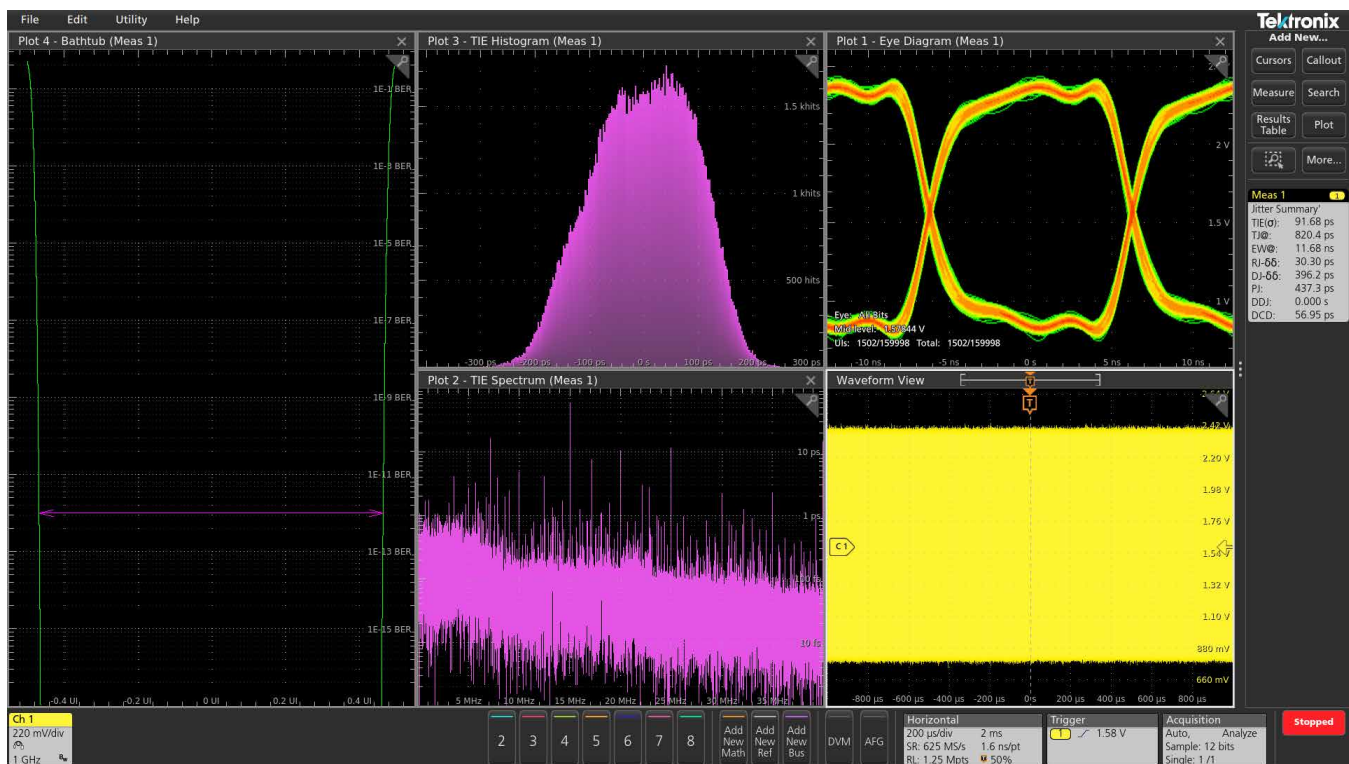
## Анализ джиттера

В комплект поставки приборов MSO Серии 5 входит легко интегрируемое программное обеспечение анализа джиттера и построения глазковых диаграмм DPOJET Essentials, расширяющее возможности осциллографа и позволяющее производить измерения в смежных периодах тактового сигнала и сигналов данных в режиме однократного запуска в реальном времени. Это дает возможность измерения ключевых параметров джиттера и синхронизации, таких как ошибки временного интервала и фазовый шум, позволяющих охарактеризовать возможные проблемы в системе.

С помощью таких средств анализа, как построение графиков тенденций во времени и гистограмм, можно быстро и наглядно увидеть, как изменяются во времени различные параметры, а

благодаря функции анализа спектра можно быстро установить точные значения частоты и амплитуды джиттера и источников модуляции.

Опция 5-DJA добавляет дополнительные возможности анализа джиттера, чтобы лучше охарактеризовать производительность устройства. 31 дополнительное измерение обеспечивает комплексный анализ джиттера и глазковых диаграмм, а также алгоритмы декомпозиции джиттера, что позволяет выявлять проблемы целостности сигнала и их источники в современных высокоскоростных последовательных, цифровых и коммуникационных системах. Опция 5-DJA также обеспечивает тестирование глазковых диаграмм по маске для автоматизированного тестирования по принципу «годен / не годен».



Уникальная сводная информация о джиттере позволяет всего за несколько секунд получить полное представление о производительности устройства.

### Анализ источников питания (опция)

В осциллограф MSO Серии 5 встроена опция анализа источников питания 5-PWR/SUP5-PWR, добавляющая к системе автоматических измерений прибора средства для быстрого повторяемого анализа качества электропитания, входной емкости, пускового тока, гармоник, коммутационных потерь, определения области устойчивой работы (SOA), модуляции, пульсаций, магнитных измерений, КПД, измерений амплитуды и временных

характеристик, скорости нарастания ( $dv/dt$  и  $di/dt$ ), отклика контура управления (график Боде) и коэффициента подавления помех по питанию (PSRR).

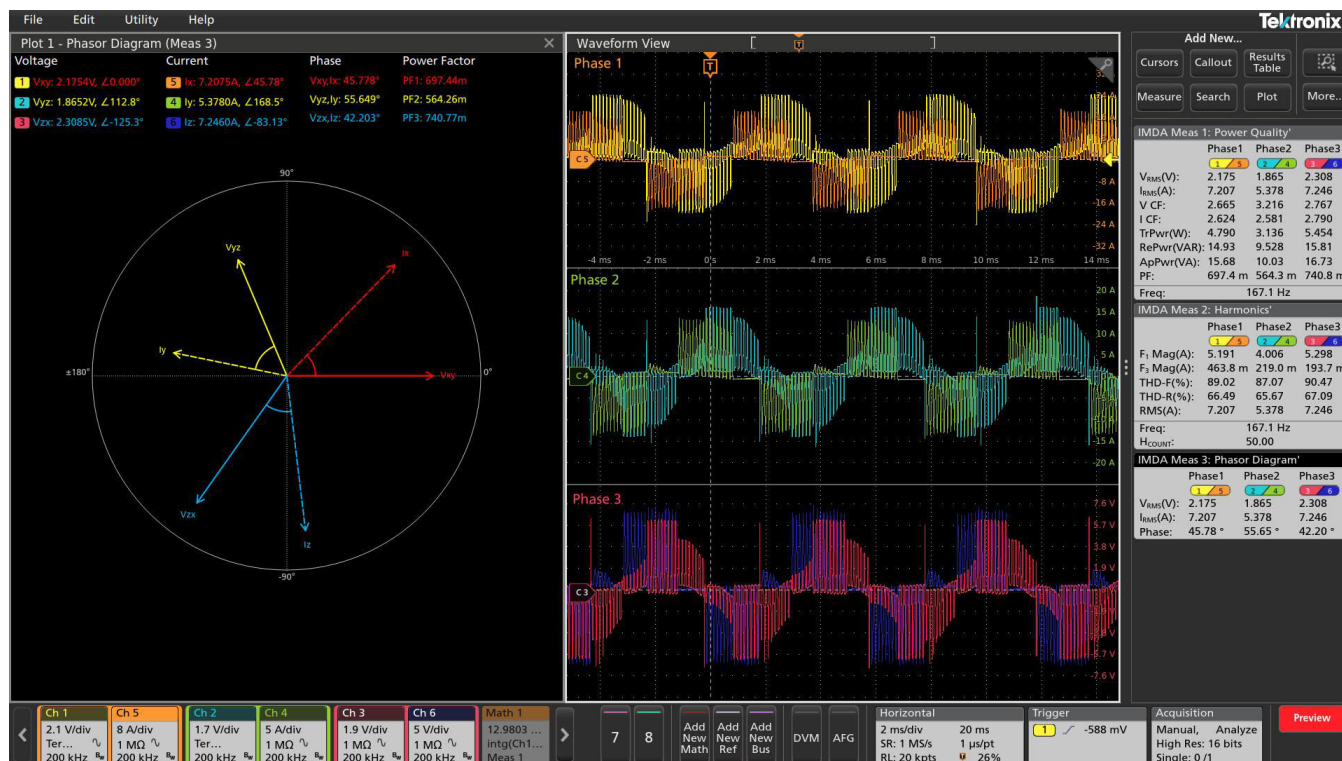
Автоматизация измерений позволяет оптимизировать их качество и повторяемость нажатием одной кнопки без необходимости использовать отдельный ПК или устанавливать сложное ПО.



Результаты измерений в режиме Power Analysis (Анализ источников питания) можно представить на экране в виде разных осциллограмм и графиков.



## Анализ характеристик двигателей, инверторов и приводов (опция)



Слева находится векторная диаграмма, на которой показаны фазы и амплитуды измерений тока и напряжения для всех трех фаз питания. В значке результатов справа отображаются результаты автоматизированных измерений качества электроэнергии, гармоник мощности и векторной диаграммы.

В ходе проектирования и проверки систем, использующих 3-фазное питание, может быть сложно соотнести системы управления и силовую электронику с производительностью всей системы. IMDA можно использовать в шести- и восьмиканальных моделях MSO Серии 5 (MSO56B и MSO58B) для анализа подсистем цифрового управления и силовой электроники.

Это поможет получить более подробную информацию, которая позволит отладить конструкцию, эффективность и надежность следующих компонентов:

- Трехфазные конструкции инверторных преобразователей, преобразователей, источников питания и автомобильных сетей для схемы «пост. ток — перемен. ток»
- Электродвигатели (бесщеточные переменного тока, бесщеточные постоянного тока, асинхронные, с постоянным магнитом, универсальные, шаговые приводы, роторные)
- Приводы (переменного тока, постоянного тока, переменной частоты, сервоприводы)

Автоматизированные измерения, входящие в опцию 5-IMDA:

- Анализ входного сигнала
  - Качество электроэнергии по векторной диаграмме
  - Гармоники

- Входное напряжение
- Входной ток
- Входная мощность
- Анализ пульсации
  - Пульсации при частоте питающей сети
  - Пульсации при частоте переключения
- Анализ выходного сигнала
  - Векторная диаграмма
  - Эффективность
- Схема подключения
  - 1 напряжение / 1 ток — 1P2W
  - 2 напряжение / 2 ток — 1P3W
  - 2 напряжение / 2 ток — 3P3W
  - 3 напряжение / 3 ток — 3P3W
  - 3 напряжение / 3 ток — 3P4W

С помощью опции 5-IMDA-DQ0 можно преобразовать осциллограммы временного домена трехфазного переменного тока в сигналы постоянного тока, которые графически

представлены в виде вращающихся координат на векторной диаграмме.

## Прибор, разработанный с учетом пожеланий потребителей

### Возможности подключения

На корпусе осциллографа MSO Серии 5 установлено несколько портов, через которые можно подключить прибор к сети, непосредственно к ПК или другому испытательному оборудованию.

- Два порта USB 2.0 и один хост-порт USB 3.0 на передней панели в сочетании с четырьмя дополнительными хост-портами USB (два 2.0 и два 3.0) на задней панели обеспечивают быструю и простую передачу снимков экрана, настроек прибора и данных сигнала на USB-накопитель. К хост-портам USB также можно подключить мышь и клавиатуру с USB-интерфейсом для управления прибором и ввода данных.
- Порт USB Device (ведомый), который находится на задней панели, предназначен для дистанционного управления осциллографом с персонального компьютера.
- Стандартный порт 10/100/1000BASE-T Ethernet, размещенный на задней панели, обеспечивает подключение прибора к сетям и совместимость со стандартом LXI Core 2011.
- Порт DVI-D, Display Port и VGA, размещенные на задней панели приборов, предназначены для дублирования экрана прибора на внешнем мониторе или проекторе.



Входы и выходы, которые нужны для подключения осциллографа MSO Серии 5 к испытательному оборудованию.

### Быстрое и согласованное обновление систем автоматизированного испытательного оборудования

Все, кто непосредственно работают с автоматизированными системами испытаний, знают, что переход на новую модель или платформу может быть болезненным. Изменение существующей кодовой базы для нового продукта может оказаться чрезвычайно дорогим и сложным. Но теперь появилось решение.

Во все MSO Серии 5 встроен транслятор интерфейса программирования (PI). При активации транслятор PI действует как промежуточный уровень между приложением для проведения испытаний и осциллографом. Он распознает подгруппу устаревших команд широко применяемых платформ DPO/MSO5000B и DPO7000C и мгновенно преобразует их в поддерживаемые команды для MSO Серии 5. Транслятор интерфейса является

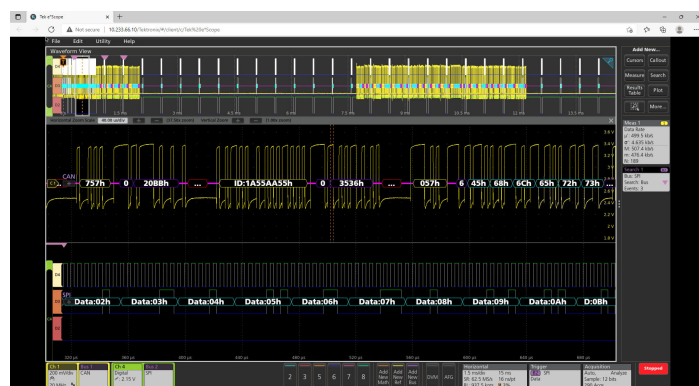
легко читаемым и расширяемым, что означает возможность применения пользовательских настроек для сведения к минимуму затрат времени и труда, необходимых для перехода на ваш новый осциллограф.

### Удаленное управление для совместной работы

Хотите работать вместе с проектной группой на другом конце света?

Возможности e\*Scope® позволяют управлять осциллографами посредством сетевого соединения с использованием обычного веб-браузера. Просто введите IP-адрес или сетевое имя осциллографа, и в окне браузера откроется страница управления. Удаленное управление осциллографом осуществляется точно так же, как и непосредственное. Другой способ предполагает использование возможностей удаленного рабочего стола (Remote Desktop™) операционной системы Microsoft Windows для установления непосредственного соединения и удаленного управления осциллографом.

Встроенный интерфейс стандартного промышленного протокола TekVISA™ позволяет использовать и расширять возможности приложений OC Windows для анализа и документирования данных. Драйверы прибора IVI-COM включены в комплект поставки, что позволяет упростить организацию связи ПК с осциллографом с использованием ЛВС или интерфейса USBTMC.



Средства e\*Scope обеспечивают дистанционное отображение экрана и управление прибором с помощью обычных веб-браузеров.

### Анализ на основе ПК и удаленное подключение к осциллографу

Используйте функции анализа лучших в отрасли осциллографов на вашем ПК. Анализ сигналов можно выполнять в любое время в любом месте. Базовая лицензия позволяет просматривать и анализировать осциллограммы, выполнять различные измерения и декодировать наиболее распространенные последовательные шины, и все это при удаленном доступе к осциллографу. Опции расширенной лицензии добавляют такие возможности, как анализ сигналов с нескольких приборов, дополнительные возможности декодирования последовательных шин, анализ джиттера и измерение мощности.



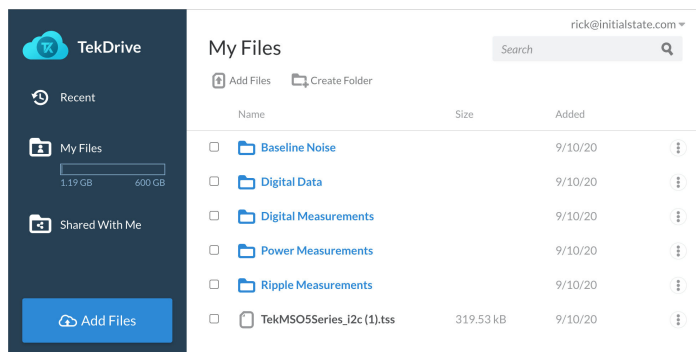
Программное обеспечение TekScope для анализа на ПК работает на компьютере Windows, обеспечивая такой же исключительный опыт пользователей, как и MSO серий 4, 5 и 6

Ключевые характеристики программного обеспечения для анализа TekScope PC включают:

- Вызов сеансов осциллографа Tektronix и файлов осциллограмм с оборудования Tektronix и других производителей.
- Поддерживаемые форматы файлов осциллограмм: .wfm, .isf, .csv, .h5, .tr0, .trc и .bin
- Удаленное подключение к MSO Серии 4/5/6 производства Tektronix для регистрации данных в режиме реального времени
- Обменивайтесь данными дистанционно с коллегами, чтобы они могли выполнять анализ и измерения, как если бы они находились рядом с осциллографом
- Синхронизация осциллограмм с нескольких осциллографов в режиме реального времени
- Выполняйте расширенный анализ, даже если осциллограф не оснащен программным обеспечением TekScope для анализа при помощи ПК

#### Рабочее пространство TekDrive для совместного тестирования и измерений

При помощи сервиса TekDrive можно выгружать, сохранять, упорядочивать, загружать и передавать файлы любого типа, а также выполнять их поиск с любого подключенного устройства. TekDrive встраивается в MSO Серии 5 на этапе изготовления как инструмент для быстрой передачи и извлечения файлов, исключающий необходимость в USB-накопителе. Теперь анализировать и изучать стандартные WMF-, ISF-, TSS- и CSV-файлы можно непосредственно в браузере, пользуясь простыми интерактивными окнами просмотра сигналов. Основным предназначением сервиса TekDrive является интеграция, автоматизация и обеспечение безопасности.



Среда совместной работы TekDrive обеспечивает сохранение файлов, получаемых непосредственно от низкопрофильного прибора Серии 5, и передачу данных коллегам

#### Генератор сигналов произвольной формы/стандартных функций (AFG)

Прибор содержит опциональный встроенный генератор сигналов произвольной формы/стандартных функций, идеальный для имитации сигналов датчика в процессе отладки и для добавления шума к полезным сигналам для моделирования неблагоприятных условий. Встроенный генератор сигналов стандартных функций выдает сигналы предварительно заданной формы с частотой до 100 МГц, в частности синусоидальные, прямоугольные, импульсные, линейно изменяющиеся, треугольные, напряжения постоянного тока, шум, сигналы функций кардинального синуса (Sinc), Гаусса и Лоренца, экспоненциального подъема и спада, гаверсина и кардиосигнал. AFG может загружать осциллограммы размером до 128 тыс. точек из внутренней папки или запоминающего устройства USB.

Функция AFG совместима с программным обеспечением Tektronix ArbExpress, которое предназначено для создания и редактирования осциллограмм на ПК и существенно ускоряет и упрощает создание сложных осциллограмм.

#### Цифровой вольтметр и частотомер сигналов запуска

В прибор встроены 4-разрядный цифровой вольтметр (DVM) и 8-разрядный частотомер сигналов запуска. Источником сигналов для вольтметра может быть любой аналоговый вход, при этом вольтметр работает с теми стандартными пробниками, что уже подключены к осциллографу. Частотомер сигналов запуска с прецизионной точностью измеряет частоту сигнала события, по которому осуществляется запуск.

Цифровой вольтметр и частотомер сигналов запуска предоставляются бесплатно и активируются при регистрации прибора.

#### Опция усовершенствованной защиты прибора

Опция усовершенствованной защиты прибора 5-SEC устанавливает защиту паролем включения и отключения всех входов/выходов прибора и возможности обновления прошивки. Кроме того, опция 5-SEC обеспечивает наивысший уровень

безопасности, исключая сохранение во внутренней памяти пользовательских настроек или данных сигналов, в соответствии с Руководством по исполнению национальной программы мер против утечки государственной секретной информации, находящейся в распоряжении промышленности (NISPOM) DoD 5220.22-M, глава 8, а также Руководством службы безопасности министерства обороны для сертификации и аккредитации засекреченных систем согласно требованиям документа NISPOM. Это гарантирует информационную безопасность при перемещении прибора за пределы режимной зоны.

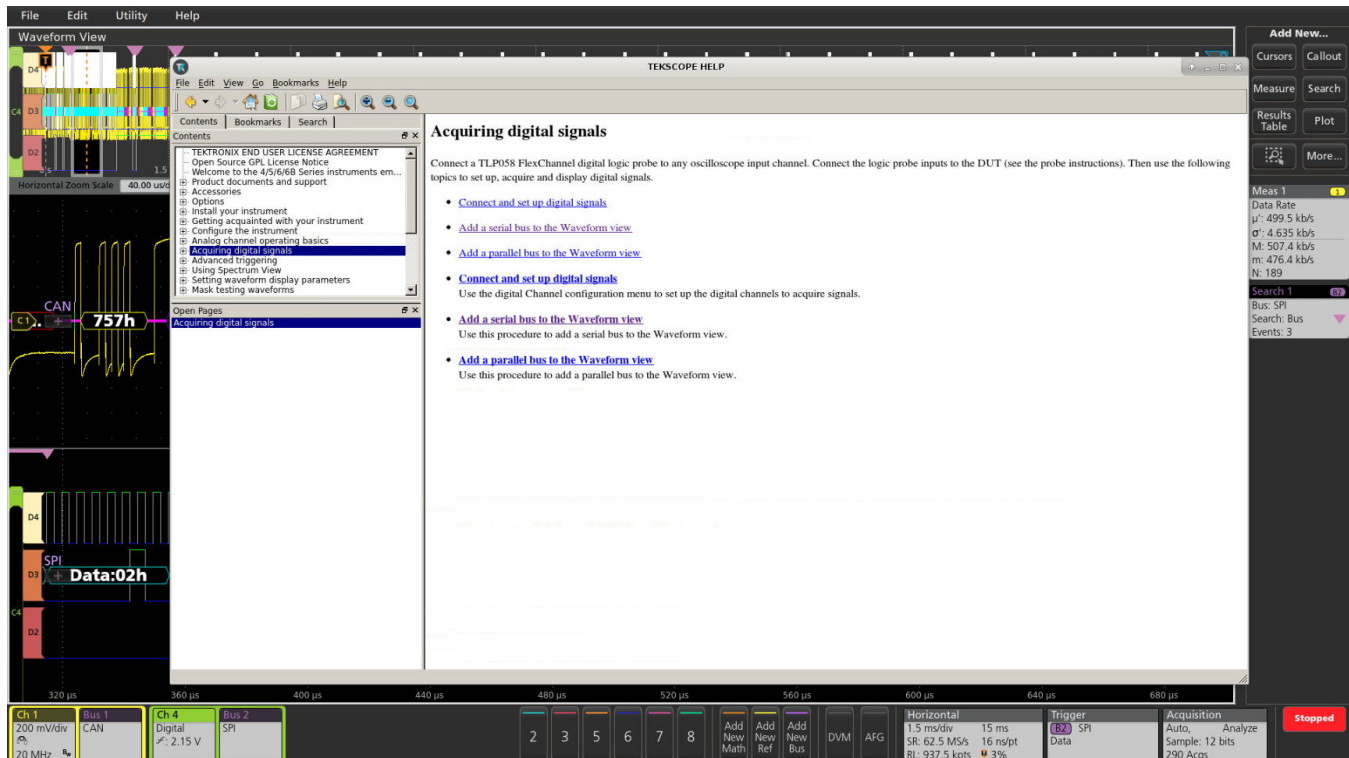
## Встроенные меню и опции помощи

В прибор MSO Серии 5 загружено несколько полезных ресурсов, позволяющих быстро получить ответы на вопросы без трат времени на поиск информации в руководстве или на веб-сайте:

- Рисунки и пояснительный текст, которые включены в разные меню для быстрого ознакомления с характеристиками.
- Во всех меню в правом верхнем углу находится значок вопроса, который позволяет перейти непосредственно к

разделу встроенной справочной системы, связанному с этим меню.

- Краткая инструкция по интерфейсу пользователя, включенная в меню Help (Справка) для новых пользователей, которым нужно быстро ознакомиться с работой прибора.



Встроенная справочная система позволяет быстро получить ответы на вопросы без трат времени на поиск информации в руководстве или Интернете.



## Характеристики

Наличие всех характеристик является гарантированным, характеристики относятся ко всем моделям, если не указано иное.

### Основные характеристики модели

#### Осциллограф

	MSO54B	MSO56B	MSO58B
Входы FlexChannel	4	6	8
Максимальное число аналоговых каналов	4	6	8
Максимальное число цифровых каналов (с дополнительными логическими пробниками)	32	48	64
Полоса пропускания (расчетное время нарастания)	350 МГц (1,15 нс), 500 МГц (800 пс), 1 ГГц (400 пс), 2 ГГц (225 пс)		
Точность усиления по постоянному току	Модели с полосой пропускания <2 ГГц:	50 Ом: ±1,0 %, (±2,0 % при ≤1 мВ/дел.) ±0,5 % полной шкалы, (±1,0 % полной шкалы при 1 мВ/дел. и 500 мкВ/дел.) 1 МОм: ±1,0 %, (±2,0 % при ≤1 мВ/дел.) ±0,5 % полной шкалы, (±1,0 % полной шкалы при 1 мВ/дел. и 500 мкВ/дел.)	
	Модели с полосой пропускания 2 ГГц:	50 Ом: ±1,2 %, (±2,0 % при ≤1 мВ/дел.) ±0,6 % полной шкалы, (±1,0 % полной шкалы при 1 мВ/дел. и 500 мкВ/дел.) 1 МОм: ±1,0 %, (±2,0 % при ≤1 мВ/дел.) ±0,5 % полной шкалы, (±1,0 % полной шкалы при 1 мВ/дел. и 500 мкВ/дел.)	
Разрешение АЦП	12 бит		
Разрешение по вертикали	8 бит при 6,25 Гвыб/с 12 бит при 3,125 Гвыб/с 13 бит при 1,25 Гвыб/с (режим высокого разрешения) 14 бит при 625 Мвыб/с (режим высокого разрешения) 15 бит при 312,5 Мвыб/с (режим высокого разрешения) 16 бит при ≤125 Мвыб/с (режим высокого разрешения)		
Частота дискретизации	6,25 Гвыб/с на всех аналоговых/цифровых каналах (разрешение 160 пс)		
Длина записи (стандартная)	62,5 млн точек на всех аналоговых и цифровых каналах		
Длина записи (опция)	125, 250 или 500 млн точек на всех аналоговых / цифровых каналах		
Скорость регистрации сигналов	>500 000 сигналов/с		
Генератор сигналов произвольной формы и стандартных функций (опция)	13 типов предварительно заданных сигналов с частотой до 100 МГц		
Цифровой вольтметр	4-разрядный цифровой вольтметр (предоставляется бесплатно при регистрации прибора)		
Частотомер сигналов запуска	8-разрядный частотомер (предоставляется бесплатно при регистрации прибора)		

### Вертикальная система — аналоговые каналы

**Выбор полосы пропускания** 50 Ом: 20 МГц, 250 МГц и полная полоса пропускания модели

1 МОм: 20 МГц, 250 МГц, 500 МГц

**Связь входа с источником сигнала** Пост. ток, перемен. ток

**Входной импеданс** 50 Ом  $\pm 1\%$  1 МОм  $\pm 1\%$  при 13,0 пФ  $\pm 1,5$  пФ (модели с полосой пропускания  $< 2$  ГГц)  
1 МОм  $\pm 1\%$  при 14,5 пФ  $\pm 1,5$  пФ; (модели с полосой пропускания 2 ГГц)

#### Диапазон чувствительности входа

**1 МОм** От 500 мкВ/дел. до 10 В/дел. с кратностью шага 1-2-5  
**50 Ом** от 500 мкВ/дел. до 1 В/дел. с кратностью шага 1-2-5  
Примечание: 500 мкВ/дел. — это 2-кратное цифровое увеличение режима 1 мВ/дел.

**Максимальное входное напряжение** 50 Ом:  $5 V_{\text{ср. кв.}}$  с пиковыми значениями не более  $\pm 20$  В (коэф. заполн.  $\leq 6,25\%$ )  
1 МОм:  $300 V_{\text{ср. кв.}}$  (КАТ II)  
Для 1 МОм: снижение на 20 дБ на декаду в диапазоне от 4,5 до 45 МГц;  
Снижается на 14 дБ на декаду в диапазоне от 45 до 450 МГц;  $> 450$  МГц,  $5,5 V_{\text{ср. кв.}}$

#### Эффективная разрядность (ENOB — эффективное количество битов), типичная

Модели с полосой пропускания до 2 ГГц, режим высокого разрешения, 50 Ом, входной сигнал 10 МГц при 90 % предельной амплитуды входного сигнала

Полоса пропускания	ENOB (эфф. количество битов)
1 ГГц	7,6
500 МГц	7,9
350 МГц	8,2
250 МГц	8,1
20 МГц	8,9

Модели с полосой пропускания 2 ГГц, режим высокого разрешения, 50 Ом, входной сигнал 10 МГц при 90 % предельной амплитуды входного сигнала

Полоса пропускания	ENOB (эфф. количество битов)
1 ГГц	7,0
250 МГц	7,8
20 МГц	8,7

Случайный шум (ср. кв.), типич.

Модели с полосой пропускания 2 ГГц, режим высокого разрешения (ср. кв.)

Модели с полосой пропускания 2 ГГц	50 Ом			1 МОм		
В/дел.	1 ГГц	250 МГц	20 МГц	500 МГц	250 МГц	20 МГц
≤1 мВ/дел. <sup>3</sup>	66,8 мкВ	66,8 мкВ	27,2 мкВ	208 мкВ	117 мкВ	64,6 мкВ
2 мВ/дел. <sup>4</sup>	96,9 мкВ	77,5 мкВ	28,5 мкВ	224 мкВ	117 мкВ	66,7 мкВ
5 мВ/дел. <sup>5</sup>	202 мкВ	108 мкВ	37,4 мкВ	238 мкВ	133 мкВ	68,7 мкВ
10 мВ/дел	275 мкВ	147 мкВ	56,1 мкВ	277 мкВ	173 мкВ	83,6 мкВ
20 мВ/дел	469 мкВ	251 мкВ	106 мкВ	416 мкВ	278 мкВ	125 мкВ
50 мВ/дел.	1,10 мВ	589 мкВ	253 мкВ	916 мкВ	620 мкВ	271 мкВ
100 мВ/дел.	2,75 мВ	1,47 мВ	602 мкВ	1,90 мВ	1,36 мВ	603 мкВ
1 В/дел	18,4 мВ	10,8 мВ	4,68 мВ	20,3 мВ	14,6 мВ	6,54 мВ

Модели с полосой пропускания 1 ГГц, 500 МГц, 350 МГц, режим высокого разрешения (ср. кв.)

Модели с полосой пропускания до 2 ГГц	50 Ом					1 МОм			
В/дел.	1 ГГц	500 МГц	350 МГц	250 МГц	20 МГц	500 МГц	350 МГц	250 МГц	20 МГц
≤1 мВ/дел. <sup>6</sup>	254 мкВ	198 мкВ	141 мкВ	118 мкВ	70,0 мкВ	189 мкВ	143 мкВ	118 мкВ	64,8 мкВ
2 мВ/дел	255 мкВ	198 мкВ	143 мкВ	121 мкВ	70,4 мкВ	194 мкВ	145 мкВ	121 мкВ	66,0 мкВ
5 мВ/дел.	262 мкВ	202 мкВ	150 мкВ	133 мкВ	72,8 мкВ	196 мкВ	152 мкВ	130 мкВ	69,6 мкВ
10 мВ/дел	283 мкВ	218 мкВ	169 мкВ	158 мкВ	79,8 мкВ	212 мкВ	167 мкВ	154 мкВ	78,2 мкВ
20 мВ/дел	357 мкВ	273 мкВ	222 мкВ	223 мкВ	102 мкВ	269 мкВ	214 мкВ	223 мкВ	104 мкВ
50 мВ/дел.	677 мкВ	516 мкВ	436 мкВ	460 мкВ	196 мкВ	490 мкВ	410 мкВ	480 мкВ	207 мкВ
100 мВ/дел.	1,61 мВ	1,23 мВ	1,02 мВ	1,04 мВ	464 мкВ	1,16 мВ	964 мкВ	1,05 мВ	475 мкВ
1 В/дел	13,0 мВ	9,88 мВ	8,41 мВ	8,94 мВ	3,77 мВ	13,6 мВ	10,6 мВ	11,1 мВ	5,47 мВ

Диапазон положений ±5 делений

<sup>3</sup> Предел полосы пропускания при ≤1 мВ/дел. — 175 МГц при 50 Ом.

<sup>4</sup> Предел полосы пропускания при 2 мВ/дел. — 350 МГц при 50 Ом.

<sup>5</sup> Предел полосы пропускания при 5 мВ/дел. — 1,5 ГГц при 50 Ом.

<sup>6</sup> Предел полосы пропускания при 500 мкВ/дел. — 250 МГц при 50 Ом.

## Диапазоны смещения, максимальные

Уровень входного сигнала не может превышать максимальное входное напряжение для входа 50 Ом.

Настройка В/дел.	Макс. диапазон смещения, вход 50 Ом
от 500 мкВ/дел. до 99 мВ/дел.	±1 В
от 100 мВ/дел до 1 В/дел	±10 В

## Модели с полосой пропускания 2 ГГц

Настройка В/дел.	Макс. диапазон смещения, вход 50 Ом
от 500 мкВ/дел. до 50 мВ/дел.	±1 В
от 51 мВ/дел. до 99 мВ/дел.	±(-10 * (настройка чувствительности В/дел.) + 1,5 В)
от 100 мВ/дел. до 500 мВ/дел.	±10 В
от 501 мВ/дел. до 1 В/дел.	±(-10 * (настройка чувствительности В/дел.) + 15 В)

Настройка В/дел.	Макс. диапазон смещения, вход 1 МОм
от 500 мкВ/дел. до 63 мВ/дел.	±1 В
от 64 до 999 мВ/дел.	±10 В
от 1 до 10 В/дел.	±100 В

## Модели с полосой пропускания ≤1 ГГц

Настройка В/дел.	Максимальный диапазон смещения	
	Вход 50 Ом	Вход 1 МОм
от 500 мкВ/дел. до 63 мВ/дел.	±1 В	±1 В
от 64 до 999 мВ/дел.	±10 В	±10 В
от 1 до 10 В/дел.	±10 В	±100 В

Погрешность смещения  $\pm(0,005 X | \text{смещение} - \text{положение} | + \text{баланс постоянного тока})$

Переходное затухание между каналами (изоляция каналов), типич.  $\geq 200 : 1$  в номинальной полосе пропускания для двух любых каналов с одинаковой настройкой чувствительности по вертикали В/дел.

Баланс постоянного тока	0,1 дел. при входном импедансе осциллографа 50 Ом со связью по постоянному току (с согласованием 50 Ом на соединителе BNC)
	0,2 дел. при 1 мВ/дел. и входном импедансе осциллографа 50 Ом со связью по постоянному току (с согласованием 50 Ом на соединителе BNC)
	0,4 дел. при чувствительности 500 мкВ/дел. и входном импедансе осциллографа 50 Ом со связью по постоянному току (с нагрузкой 50 Ом на соединителе BNC)
	0,2 дел. при входном импедансе осциллографа 1 МОм со связью по постоянному току (с согласованием 50 Ом на соединителе BNC)
	0,4 дел. при чувствительности 500 мкВ/дел., входном импедансе осциллографа 1 МОм со связью по постоянному току (с нагрузкой 50 Ом на соединителе BNC)

## Система вертикального отклонения цифровых каналов

Число каналов	8 цифровых входов (D7-D0) на установленный TLP058 (с возможностью обмена на один аналоговый канал)
Разрешение по вертикали	1 бит
Максимальная частота переключения на входе	500 МГц
Минимальная обнаруживаемая длительность импульса, типич.	300 пс
Пороги	Один порог на цифровой канал
Пороговый диапазон	$\pm 40$ В
Разрешение порога	10 мВ
Погрешность порога	$\pm [100 \text{ мВ} + 3 \% \text{ от порогового значения после калибровки}]$
Гистерезис входной цепи, типов.	100 мВ на наконечнике пробника
Динамический диапазон входа, типичное значение	30 В <sub>пик-пик</sub> для $F_{\text{вх}} \leq 200 \text{ МГц}$ , 10 В <sub>пик-пик</sub> для $F_{\text{вх}} > 200 \text{ МГц}$
Абсолютное максимальное входное напряжение, типичное значение	$\pm 42$ В <sub>пик</sub>



Минимальный размах  
напряжения, типичное  
значение 400 мВпик-пик

Входной импеданс, типичное  
значение 100 кОм

Входная емкость пробника,  
типов. 2 пФ

## Система горизонтального отклонения

Диапазон временной  
развертки от 200 пс/дел. до 1000 с/дел.

Диапазон изменения частоты  
дискретизации от 1,5625 выб/с до 6,25 Гвыб/с (в режиме реального времени)  
от 12,5 до 500 Гвыб/с (с интерполяцией)

## Диапазон изменения длины записи

Стандартный от 1 тыс. до 62,5 млн точек с шагом в одну выборку

Дополнительное  
устройство 5-  
RL-125M 125 млн точек

Дополнительное  
устройство 5-  
RL-250M 250 млн точек

Дополнительное  
устройство 5-  
RL-500M 500 млн точек

Апертурная  
неопределенность  $\leq 0,450 \text{ пс} + (1 * 10^{-11} * \text{длительность измерения})_{\text{ср. кв.}}$ , для измерений длительностью  $\leq 100 \text{ мс}$

Точность развертки  $\pm 2,5 \times 10^{-6}$  в любом интервале  $\geq 1 \text{ мс}$

Описание	Технические характеристики
Заводской допуск	$\pm 5,0 \times 10^{-7}$ При калибровке при температуре воздуха 23 °С в любом интервале $\geq 1 \text{ мс}$
Температурная стабильность,	$\pm 5,0 \times 10^{-7}$ Измерено при рабочих температурах
Продолжение таблицы...	

Описание	Технические характеристики
Старение кварцевого резонатора	$\pm 1,5 \times 10^{-6}$ Изменение отклонения частоты при +25 °C за 1 год

Точность измерения промежутков времени, номинальная

$$DTA_{pp}(\text{typical}) = 10 \times \sqrt{\left(\frac{N}{SR_1}\right)^2 + \left(\frac{N}{SR_2}\right)^2 + \left(0.450 \text{ ps} + \left(1 \times 10^{-11} \times t_p\right)\right)^2} + TBA \times t_p$$

$$DTA_{RMS} = \sqrt{\left(\frac{N}{SR_1}\right)^2 + \left(\frac{N}{SR_2}\right)^2 + \left(0.450 \text{ ps} + \left(1 \times 10^{-11} \times t_p\right)\right)^2} + TBA \times t_p$$

(предполагается, что форма фронта зависит от характеристики фильтра Гаусса)

Ниже приведена формула для вычисления точности измерения промежутков времени (DTA) по заданным настройкам прибора и при допущении о том, что превышающие частоту Найквиста составляющие входного сигнала незначительны, где:

$SR_1$  = скорость нарастания сигнала (1-й фронт) вблизи 1-й точки измерения

$SR_2$  = скорость нарастания сигнала (2-й фронт) вблизи 2-й точки измерения

$N$  = гарантированный предельный уровень шума на входе ( $B_{\text{ср. кв.}}$ )

$TBA$  = точность частоты опорного сигнала или погрешность опорной частоты

$t_p$  = продолжительность измерения промежутка времени (с)

Максимальная продолжительность при максимальной частоте дискретизации

10 мс (стандартная длина записи) или 80 мс (максимальная длина записи, опция)

Диапазон задержки развертки

от -10 делений до 5000 с

Диапазон компенсации временной задержки

от -125 до +125 нс с разрешением 40 пс

Задержка между аналоговыми каналами, полная полоса пропускания, типичная

$\leq 100$  пс для любых двух каналов с входным сопротивлением 50 Ом, связь по пост. току, чувствительность по вертикали такая же или больше 10 мВ/дел.

Задержка между сигналами аналоговых и цифровых

$< 1$  нс при использовании пробника TLP058 и пассивного пробника, соответствующих полосе пропускания осциллографа, без ограничений полосы пропускания

каналов FlexChannels,  
типовая

Задержка между любыми  
двумя цифровыми входами  
FlexChannel, типичная

320 пс

Задержка между любыми  
двумя битами цифрового  
канала FlexChannel, типичное  
значение

200 пс

## Система запуска

Режимы запуска Автоматический, нормальный и однократный

Тип входа запуска Связь по постоянному току, ФНЧ (подавление частот >50 кГц), ФВЧ (подавление частот <50 кГц), подавление шума (снижает чувствительность)

Диапазон задержки запуска от 0 нс до 10 с

Чувствительность запуска  
по фронту, связь по  
постоянному току, типичная

Тракт	Диапазон	Характеристика
Вход 1 МОм (все модели)	от 0,5 до 0,99 мВ/дел.	5 мВ для частот от 0 до предела полосы пропускания прибора
	≥1 мВ/дел.	Большее из 5 мВ или 0,7 дел. для частот от 0 до меньшего из значений: 500 МГц или предел полосы пропускания прибора, и 6 мВ или 0,8 дел. для частот свыше 500 МГц до предела полосы пропускания прибора
Вход 50 Ом, модели с полосой пропускания 1 ГГц, 500 МГц, 350 МГц		Большее из 5,6 мВ или 0,7 дел. для частот от 0 до меньшего из значений: 500 МГц или предел полосы пропускания прибора, и 7 мВ или 0,8 дел. для частот свыше 500 МГц до предела полосы пропускания прибора
Вход 50 Ом, модели с полосой пропускания 2 ГГц	от 0,5 до 0,99 мВ/дел.	3,0 дел. для частот от 0 до предела полосы пропускания
	от 1 мВ/дел до 9,98 мВ/дел	1,5 дел. для частот от 0 до предела полосы пропускания прибора
	≥10 мВ/дел	<1,0 дел. для частот от 0 до предела полосы пропускания прибора
Линия		Фиксированная

Джиттер запуска, типичный ≤5 пс<sub>ср. кв.</sub> в режиме выборки при запуске по фронту

≤7 пс<sub>ср. кв.</sub> при запуске по фронту в режиме FastAcq

$\leq 40$  пс<sub>ср.</sub> кв. при любых типах запуска, кроме запуска по фронту

#### Диапазоны уровней запуска

Источник	Диапазон
Любой канал	$\pm 5$ дел. от центра экрана
Вспомогательный вход запуска	$\pm 5$ В
Линия	Фиксир. на около 50 % от значения напряжения сети

Эта характеристика применяется к порогам логических и импульсных сигналов.

**Частотомер сигналов запуска** 8-разрядный (предоставляется бесплатно при регистрации прибора)

#### Типы запуска

<b>По фронту:</b>	По положительному перепаду, отрицательному или любому перепаду сигнала в любом канале. Связь возможна по постоянному току, переменному току, с подавлением шума, подавлением ВЧ и НЧ
<b>По длительности импульса:</b>	Запуск по длительности положительных или отрицательных импульсов. События могут квалифицироваться по времени или логическому состоянию
<b>По времени ожидания:</b>	Запуск по событию, которое сохраняет высокий, низкий или любой уровень в течение определенного периода времени. События могут квалифицироваться по логическому состоянию
<b>По ранту:</b>	Запуск по импульсу, который пересек один порог, но не пересек второй порог перед повторным пересечением первого. События могут квалифицироваться по времени или логическому состоянию
<b>По окну:</b>	Запуск по событию, которое находится в пределах или выходит за пределы окна, ограниченного двумя настраиваемыми порогами. События могут квалифицироваться по времени или логическому состоянию
<b>По логическому состоянию:</b>	Запуск, когда некоторое логическое выражение принимает значение «Ложь» или «Истина», или когда это событие совпадает с перепадом тактового сигнала. Значения логических выражений (И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ), указанные для всех входных каналов, определяются как Высокое, Низкое или Безразлично. Запуск также может осуществляться, когда логическое выражение сохраняет значение «Истина» в течение определенного времени
<b>По времени установления и удержания:</b>	Запуск по нарушению времени установления и удержания между тактовой частотой и данными в любых входных каналах
<b>По времени нарастания / спада:</b>	Запуск по фронтам импульсов, крутизна которых больше или меньше указанного значения. Фронт может быть положительным, отрицательным или любым. События могут квалифицироваться по логическому состоянию
<b>Видео (опция 5-VID):</b>	Запуск по всем строкам, нечетным, четным или всем полям видеосигналов NTSC, PAL и SECAM
<b>По последовательности:</b>	Запуск по событию В, повторившемуся Х раз, или по N событиям после события А со сбросом на события С. В общем события А и В для запуска можно настроить для любого типа запуска за несколькими исключениями: наложение логического условия не поддерживается; если событие А или событие В задано как нарушение времени установления/удержания, то другое должно быть задано по фронту; сигналы шин Ethernet и высокоскоростного USB (480 Мбит/с) также не поддерживаются
<b>Визуальный запуск</b>	Дополняет ряд стандартных запусков, сканирует все регистрируемые сигналы и сравнивает их с указанной на экране областью (геометрические фигуры). Пользуясь классификаторами In, Out и Don't Care для каждой области, можно создать неограниченное число областей. Используя любую комбинацию областей визуального запуска, можно составить логическое выражение для определения событий, хранящихся в памяти сеансов регистрации.

Формы областей могут быть следующими: прямоугольная, треугольная, трапецеидальная, шестиугольная и определяемая пользователем.

<b>По сигналам параллельной шины:</b>	Запуск по значениям данных на параллельной шине. Параллельная шина может иметь разрядность от 1 до 64 бит (от цифровых и аналоговых каналов). Поддерживаются двоичные и шестнадцатеричные числа
<b>Шина I<sup>2</sup>C (опция 5-SREMBD):</b>	Запуск по полю Старт, Повторный старт, Стоп, по неполучении подтверждения, по адресу (7 или 10 бит), по данным или по адресу и данным при передаче данных в шинах I <sup>2</sup> C со скоростью до 10 Мбит/с
<b>Шина I<sup>3</sup>C (опция 5-SRI3C)</b>	Запуск по полю Старт, Повторный старт, Стоп, Адрес, Данные, Прямой режим SDR шины I <sup>3</sup> C, Широковещательный режим SDR шины I <sup>3</sup> C, по неполучении подтверждения, по ошибке бита перехода, по ошибке широковещательного адреса, по полю Горячее присоединение, Перезапуск HDR, выход HDR на шине I <sup>3</sup> C до 10 Мбит/с
<b>Шина SPI (опция 5-SREMBD):</b>	Запуск по выбору ведомого, повторному старту, времени бездействия или по данным (от 1 до 16 слов) шины SPI со скоростью до 20 Мбит/с
<b>Шина RS-232/422/485/UART (опция 5-SRCOMP):</b>	Запуск по стартовому биту, концу пакета, данным, ошибке четности со скоростью до 15 Мбит/с
<b>Шина CAN (опция 5-SRAUTO):</b>	Запуск по началу кадра, типу кадра (данные, дистанционное управление, ошибка, переполнение), идентификатору, данным, идентификатору и данным, концу кадра, неполучению подтверждения и по ошибке битстаффинга сигналов шины CAN со скоростью до 1 Мбит/с
<b>Шина CAN FD (опция 5-SRAUTO):</b>	Запуск по началу кадра, типу кадра (данные, удаленный запрос, ошибка, перегрузка), идентификатору (стандартному или расширенному), данным (байты 1-8), идентификатору и данным, концу кадра, по ошибке (неполучение подтверждения, ошибка битстаффинга, ошибка формата FD, любая ошибка) шин CAN FD со скоростями до 16 Мб/с
<b>Шина LIN (опция 5-SRAUTO):</b>	Запуск по синхросигналу, идентификатору, данным, идентификатору и данным, пробуждающему кадру, кадру перехода в спящее состояние и по ошибкам в шинах LIN со скоростями до 1 Мбит/с
<b>Шина FlexRay (опция 5-SRAUTO):</b>	Запуск по началу кадра, бит-индикаторам (нормальный, информационный, нулевой, синхронизирующий, установочный), идентификатору кадра, счетчику циклов, полям заголовка (бит-индикаторам, идентификатору, длине информационной части, контрольной сумме заголовка и счетчику циклов), идентификатору, данным, идентификатору и данным, концу кадра или по ошибкам шин FlexRay со скоростью до 10 Мбит/с
<b>Шина SENT (опция 5-SRAUTOSEN)</b>	Запуск по началу пакета, состоянию и данным быстрого канала, идентификатору сообщений и данным медленного канала, ошибке контрольной суммы
<b>Шина SPI (опция 5-SRPM):</b>	Запуск по условию начала последовательности, командам сброса, неактивного состояния, отключения, активного состояния, идентификации ведомого, чтения регистра ведущего, записи в регистр ведущего, чтения регистра, записи в регистр, чтения расширенного регистра, записи в расширенный регистр, чтения расширенного регистра с использованием 16-битного адреса, записи в расширенный регистр с использованием 16-битного адреса, чтения блока дескриптора ведущего, чтения блока дескриптора ведомого, записи в регистр 0, передачи управления шиной, а также по ошибке четности
<b>Шина USB 2.0 низко-/полно-/высокоскоростная (опция 5-SRUSB2):</b>	Запуск по сигналу синхронизации, сбросу, паузе, возобновлению, концу пакета, маркерному пакету (адресу), пакету данных, пакету установки соединения, специальному пакету и по ошибке шин USB со скоростью до 480 Мбит/с
<b>Шина Ethernet (опция 5-SRENET):</b>	Запуск по началу кадра, MAC адресам, управляющей информации MAC Q-Tag, длине/типу MAC, данным MAC, заголовку IP, заголовку TCP, данным TCP/IPv4, концу пакета и ошибке FCS (CRC) на шинах 10BASE-T и 100BASE-TX
<b>Аудиошины (I<sup>2</sup>S, LJ, RJ, TDM) (опция 5-SRAUDIO):</b>	Запуск по выбранному слову, по синхросигналу кадра или по данным. Максимальная скорость передачи данных для I <sup>2</sup> S/LJ/RJ равна 12,5 Мбит/с. Максимальная скорость передачи данных с временным уплотнением равна 25 Мбит/с



<b>Шина MIL-STD-1553 (опция 5-SRAERO):</b>	Запуск по битам синхронизации, слову команды — КС (биты передачи/приема, четности, Подадрес/Режим управления, Число слов / Число режимов, адрес RT), состоянию (сообщение об ошибке четности, сообщение об ошибке, измерение, запрос обслуживания, прием широкополосной команды, занят, флаг подсистемы, прием динамического контроля шины, флаг терминала), данным, времени (RT/IMG) и ошибке (ошибка четности, ошибка синхронизации, ошибка кода Манчестер, ошибка непрерывности данных) на шинах MIL-STD-1553
<b>Шина ARINC 429 (опция 5-SRAERO):</b>	Запуск по началу слова, метке, данным, метке и данным, концу слова и по ошибке (любой ошибке, ошибке четности, ошибке слова, ошибке пропуска) при передаче по шинам ARINC 429 со скоростью до 1 Мбит/с
<b>Зависимость величины РЧ-сигнала от времени и частоты РЧ-сигнала от времени (опция 5-SV-RFVT):</b>	Запуск по фронту, длительности импульса и событиям времени ожидания

## Система регистрации

<b>Образец</b>	Регистрация выборочных значений
<b>Детекция пиковых значений</b>	Захват всплесков длительностью от 640 пс во всех режимах развертки
<b>Усреднение</b>	От 2 до 10 240 сигналов Максимальная скорость усреднения = 180 сигналов/с
<b>Быстрое аппаратное усреднение</b>	Режим сбора данных для получения большого количества усреднений за короткий промежуток времени. Быстрое аппаратное усреднение оптимизирует путь сбора данных, уменьшая погрешность усечения хранилища данных и сглаживая мелкие нелинейные дефекты масштаба с помощью дополнительной методики смешивания со смещением. Эта функция доступна с помощью команд программного интерфейса.  От 2 до 1 000 000 сигналов Максимальная скорость усреднения = 32 000 сигналов/с
<b>Огибающая</b>	Огибающая минимумов-максимумов, отражающая данные, полученные в режиме пиковой детекции при многократной регистрации
<b>Высокое разрешение</b>	Для каждой частоты дискретизации применяется уникальный фильтр с импульсной характеристикой конечной длительности (КИХ), обеспечивающий максимальную возможную полосу пропускания для этой частоты дискретизации, в то же время предотвращающий появление искажений и устраняющий шум усилителей и помехи АЦП прибора на частотах выше границы используемой полосы пропускания для выбранной частоты дискретизации.  Режим высокого разрешения всегда обеспечивает разрешение по вертикали не менее 12 бит с возможностью увеличения разрешения по вертикали до 16 бит при частотах дискретизации $\leq 125$ Мвыб/с.

<b>Режим FastAcq®</b>	Режим регистрации FastAcq оптимизирует прибор для анализа динамических сигналов и захвата редких событий за счет повышения скорости регистрации до более 500 000 сигналов/с (если активен один канал; более 100 000 сигналов/с, если активны все каналы).
<b>Режим прокрутки</b>	Прокрутка последовательных точек осциллограммы на дисплее движением слева направо со скоростью развертки меньше или равной 40 мс/дел в режиме автоматического запуска.
<b>Режим истории</b>	Использует максимальную длину записи, что позволяет выполнять захват множества запускаемых сборов данных, останавливать при обнаружении интересных объектов и быстро просматривать все сохраненные запущенные сборы данных. Число доступных сборов данных, сохраненных в истории, равно (максимальная длина записи) / (текущая настройка длины записи).
<b>Режим FastFrame™</b>	Память для регистрации данных делится на сегменты. Максимальная скорость запуска >5 000 000 сигналов в секунду Минимальный размер фрагмента = 50 точек Максимальное количество фрагментов: Для фрагментов размером ≥1000 точек максимальное число фрагментов = длина записи / размер фрагмента. Для фрагментов размером 50 точек максимальное число фрагментов = 1 000 000

## Измерение параметров осциллограмм

<b>Типы курсоров</b>	С привязкой к осциллограмме, вертикальной шкале, горизонтальной шкале, вертикальной и горизонтальной шкале (только для изображений в системе XY/XYZ)
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Погрешность измерения напряжения постоянного тока, режим сбора данных с усреднением</b>	<b>Тип измерения</b>	<b>Погрешность по постоянному напряжению (В)</b>
	Усреднение по ≥16 осциллограммам	$\pm((\text{Погрешность усиления по постоянному току}) *  \text{показание} - (\text{смещение} - \text{положение})  + \text{Погрешность смещения} + 0,1 * \text{настройка В/дел.})$
	Разность напряжений между двумя любыми средними значениями ≥16 осциллограмм, зарегистрированных при одинаковых настройках осциллографа и условиях окружающей среды	$\pm(\text{Погрешность усиления постоянного напряжения} *  \text{показание}  + 0,05 \text{ дел.})$

<b>Автоматические измерения</b>	36; результаты, число которых не ограничено, могут отображаться отдельно в значках измерений или вместе в таблице результатов измерений
---------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Измерения амплитуды</b>	Амплитуда, максимальное значение, минимальное значения, размах, положительный и отрицательный выбросы, среднее значение, среднеквадратичное значение, среднеквадратическое значение переменного напряжения, уровень вершины, уровень основания и площадь
----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Измерения временных параметров</b>	Период, частота, единичный интервал, скорость передачи данных, длительность положительного и отрицательного импульса, фазовый сдвиг, задержка, длительность положительного и отрицательного перепада, фаза, скорость нарастания и спада, длительность пакета, положительный коэффициент
---------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

заполнения, отрицательный коэффициент заполнения, время нахождения сигнала вне заданного уровня, время установления и время удержания, длительность n периодов, длительность высокого и низкого уровня сигнала, время достижения максимума и минимума

<b>Измерения джиттера (станд.)</b>	Погрешность временного интервала (TIE) и фазовый шум
<b>Статистическая обработка результатов</b>	Среднее значение, стандартное отклонение, минимум, максимум, заполнение. Возможность получения статистических данных как по текущему захвату, так и по всем выполненным захватам
<b>Опорные уровни</b>	Определяемые пользователем опорные уровни для автоматических измерений можно указывать в процентах или в физических единицах. Опорные уровни можно настроить как «глобальные» для всех измерений, сигналов или источников сигналов либо как «индивидуальные» для каждого измерения
<b>Стробирование</b>	Экран, Курсоры, Логическое состояние, Поиск или Время. Определяет область регистрации, в которой нужно выполнить измерения. Стробирование можно настроить на Global (Глобальное) (будет применимо ко всем измерениям с настройкой Global) или на Local (Локальное) (у всех измерений могут быть индивидуальные настройки Времени стробирования; для типов стробирования Экран, Курсоры, Логическое состояние и Поиск доступно только локальное стробирование).
<b>Графики результатов измерений</b>	Гистограммы, тенденции во времени, спектры, глазковые диаграммы (только для измерений TIE), графики фазового шума (только для измерений фазового шума)
<b>Пределы измерений</b>	Тестирование по принципу «пройден/не пройден» по пользовательским предельным значениям для измеряемых параметров. Если результат измерения «не пройден», могут быть выполнены следующие действия: сохранение снимка экрана, сохранение осциллограммы, запрос к системе (SRQ) и остановка регистрации

**Анализ джиттера (опция 5-DJA) добавляет следующие функции:**

<b>Измерения</b>	Пакет измерений джиттера, TJ@BER, RJ- δδ, DJ- δδ, PJ, RJ, DJ, DDJ, DCD, SRJ, J2, J9, NPJ, F/2, F/4, F/8, Eye Height (высота глаза), Eye Height@BER, (ожидаемая высота глаза), Eye Width (ширина глаза), Eye Width@BER (ожидаемая ширина глаза), Eye High (высокий уровень глаза), Eye Low (низкий уровень глаза), фактор Q, высокий уровень бита, низкий уровень бита, амплитуда бита, постоянное напряжение синфазного сигнала, переменное напряжение синфазного сигнала (пик-пик), дифференциальные перекрестные помехи, отношение T/nT, отклонение тактовой частоты с распределенным спектром (SSC), частота модуляции SSC
<b>Графики результатов измерений</b>	Глазковая диаграмма и U-образная кривая джиттера Быстрая визуализация глазковой диаграммы: Отображаются единичные интервалы (UI), определяющие границы глаза, а также заданное пользователем число соседних единичных интервалов для получения дополнительной информации Полная визуализация глазковой диаграммы: Отображаются все анализируемые единичные интервалы (UI)
<b>Пределы измерений</b>	Тестирование по принципу «пройден/не пройден» по пользовательским предельным значениям для измеряемых параметров. Если результат измерения «не пройден», могут быть выполнены следующие действия: сохранение снимка экрана, сохранение осциллограммы, запрос к системе (SRQ) и остановка регистрации
<b>Тестирование глазковой диаграммы по маске</b>	Автоматизированное тестирование по маске по принципу «пройден/не пройден» с помощью автозаполнения маски

## Анализ мощности (опция 5-PWR) добавляют следующее:

<b>Измерения</b>	<p>Анализ входных сигналов (частота, напряжение<sub>ср.кв.</sub>, ток<sub>ср.кв.</sub>, амплитудные коэффициенты напряжения и тока, активная мощность, кажущаяся мощность, реактивная мощность, коэффициент мощности, фазовый сдвиг, гармоники, пусковой ток, входная емкость)</p> <p>Анализ амплитуд (амплитуда цикла, типичное высокое значение цикла, типичное низкое значение цикла, максимум цикла, минимум цикла, межпиковое значение цикла)</p> <p>Анализ временных характеристик (период, частота, отрицательный коэффициент заполнения, положительный коэффициент заполнения, длительность отрицательного импульса, длительность положительного импульса)</p> <p>Анализ переключений (потери переключения, <math>dv/dt</math>, <math>di/dt</math>, область устойчивой работы, <math>R_{DSon}</math>)</p> <p>Анализ магнитных характеристик (индуктивность, зависимость тока от интеграла напряжения, магнитные потери, магнитные свойства)</p> <p>Анализ выходных сигналов (пульсации при частоте питающей сети, пульсации при частоте переключения, КПД, время включения, время выключения)</p> <p>Анализ частотной характеристики (отклик контура управления [график Боде], коэффициент подавления помех по питанию, импеданс)</p>
<b>Графики результатов измерений</b>	<p>Столбчатая диаграмма гармоник, график траектории потерь переключения и область устойчивой работы</p>
<b>Пределы измерений</b>	<p>Тестирование по принципу «пройден/не пройден» по пользовательским предельным значениям для измеряемых параметров. Если результат измерения «не пройден», могут быть выполнены следующие действия: сохранение снимка экрана, сохранение осциллограммы, запрос к системе (SRQ) и остановка регистрации</p>

## Анализ характеристик двигателей, инверторов и приводов (опция 5-IMDA) добавляет следующее:

<b>Измерения</b>	<p>Анализ входных сигналов (качество электроэнергии, гармоники, входное напряжение, входной ток и входная мощность)</p> <p>Анализ пульсаций (пульсации при частоте питающей сети и пульсации при частоте переключения)</p> <p>Анализ выходных сигналов (векторная диаграмма и эффективность)</p> <p>Для анализа DQ0 требуется опция 5-IMDA-DQ0</p>
<b>Графики результатов измерений</b>	<p>Столбчатая диаграмма гармоник и векторная диаграмма</p>

## Анализ и механические измерения характеристик двигателей, инверторов и приводов (опция 5-IMDA-MECH: требуется опция 5-IMDA) добавляет следующее:

<b>Поддерживаемые датчики</b>	<p>Датчики Холла, QEI (интерфейс импульсного датчика)</p>
<b>Измерения</b>	<p>Анализ электрических систем (качество электроэнергии, гармоники, пульсация, DQ0 и эффективность)</p> <p>Анализ механического оборудования (скорость, ускорение, угол (метод QEI), направление и крутящий момент)</p>

<b>Графики результатов измерений</b>	Тенденция во времени, тенденция сбора данных, векторная диаграмма, столбчатая диаграмма гармоник, DQ0 и гистограмма (распределение скорости)
--------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Управление шинами электропитания (опция 5-DPM) добавляет следующие возможности:**

<b>Измерения</b>	Анализ пульсаций (Пульсация)
	Анализ переходных процессов (Положительный выброс, Отрицательный выброс, Выброс включения, Напряжение на шине постоянного напряжения)
	Анализ последовательности включения/выключения питания (Включение, Выключение)
	Анализ джиттера (Погрешность временного интервала (TIE), Периодический джиттер (PJ), случайный джиттер (RJ), систематический джиттер (DJ), Высота глазковой диаграммы, Ширина глазковой диаграммы, Наибольшее значение глазковой диаграммы (Eye High), наименьшее значение глазковой диаграммы (Eye Low))

**Базовое управление шинами электропитания (опция 5-DPMBAS) добавляет следующие возможности:**

<b>Измерения</b>	Анализ пульсаций (Пульсация)
	Анализ переходных процессов (Положительный выброс, Отрицательный выброс)
	Анализ последовательности включения/выключения питания (Включение, Выключение)

**Опция «Отладка и анализ устройств с низковольтными дифференциальными сигналами» (5-DBLVDS) добавляет следующие возможности:**

<b>Измерения сигналов данных</b>	Общие тесты (единичный интервал, время нарастания, время спада, ширина данных, внутренний сдвиг данных (PN), внешний сдвиг данных (межканальный), межпиковое значение сигнала данных)
	Тестирование джиттера (временные характеристики сигнала переменного тока, время установления тактового сигнала/данных, время удержания тактового сигнала/данных, измерения глазковой диаграммы (TIE), TJ@BER, DJ Delta, RJ Delta, DDJ, De-Emphasis Level)
<b>Измерения тактовых сигналов</b>	Общие тесты (частота, период, коэффициент заполнения, время нарастания, время спада, внутренний сдвиг тактового сигнала (PN), межпиковое значение тактового сигнала)
	Тестирование джиттера (TIE, DJ, RJ)
	Включение режима распределенного спектра тактового сигнала (частота модуляции, девиация частоты от номинального значения)

**Математическая обработка осциллограмм**

<b>Число расчетных сигналов</b>	Неограниченное
---------------------------------	----------------

<b>Арифметические операции</b>	Сложение, вычитание, умножение и деление сигналов и скалярных величин
--------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

<b>Алгебраические выражения</b>	Определение сложных алгебраических выражений, которые могут включать сигналы, скалярные величины, определяемые пользователем переменные и результаты параметрических измерений. Выполнение математических вычислений с использованием сложных уравнений. Например (интеграл (значение на K1 - среднее(K1)) x 1,414 x Перем.1)
---------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Математические функции</b>	Обратное значение, интеграл, производная, корень квадратный, экспонента, lg, ln, абсолютное значение, округление вверх, округление вниз, минимум, максимум, градусы, радианы, sin, cos, tg, arcsin, arccos, arctg
<b>Логические операции сравнения</b>	Результат логического сравнения >, <, ≥, ≤, =, и ≠
<b>Логическая модель</b>	И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, исключающее ИЛИ и «эквивалентно»
<b>Функции фильтрации (стандартные)</b>	Загрузка настраиваемых пользователем фильтров. Пользователи указывают файл, содержащий коэффициенты фильтра.
<b>Функция фильтрации (опция 5-UDFLT)</b>	
<b>Типы фильтров</b>	Низкочастотный, высокочастотный, полосно-пропускающий, полосно-заграждающий, всепропускающий, Гильберта, дифференцирующий и пользовательский
<b>Типы характеристик фильтров</b>	АЧХ по Баттерворту, Чебышева I рода, Чебышева II рода, эллиптическая, Гаусса и Бесселя-Томсона
<b>Функции БПФ</b>	Спектральная амплитуда и фаза, реальный и мнимый спектр
<b>Единицы измерения по вертикали (БПФ)</b>	Величина: Линейная или логарифмическая (дБм) Фаза: Градусы, радианы и групповая задержка
<b>Функции окон БПФ</b>	Хеннинга, прямоугольное, Хемминга, Блэкмана-Харриса, плоское Flattop2, Гаусса, Кайзера-Бесселя и TekExp
<b>Экран спектра</b>	
<b>Центральная частота</b>	Ограничивается аналоговой полосой пропускания прибора
<b>Диапазон</b>	От 18,6 Гц до 312,5 МГц От 18,6 Гц до 500 МГц (с опцией 5-SV-BW-1) Грубая настройка с кратностью шага 1-2-5
<b>Кривые зависимости РЧ-сигнала от времени</b>	Зависимость величины от времени, зависимость частоты от времени, зависимость фазы от времени (с опцией 5-SV-RFVT)
<b>Запуск по изменению характеристик РЧ-сигнала со временем</b>	Запуск по фронту, длительности импульса и времени ожидания характеристики РЧ-сигнала: зависимость величины от времени и зависимость частоты РЧ-сигнала от времени (с опцией 5-SV-RFVT)



<b>Разрешение по полосе пропускания (RBW)</b>	от 93 мГц до 62,5 МГц от 93 мГц до 100 МГц (с опцией 5-SV-BW-1)
-----------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

#### Типы и коэффициенты окон

Тип окна	Коэффициент
Блэкмана-Харриса	1,90
С плоской вершиной, 2	3,77
Хэмминга	1,30
Хеннинга	1,44
Кайзера-Бесселя	2,23
Прямоугольное	0,89

<b>Время спектра</b>	Коэффициент для окна БПФ / Разрешение по полосе пропускания (RBW)
----------------------	-------------------------------------------------------------------

<b>Опорный уровень</b>	Опорный уровень автоматически устанавливается настройкой чувствительности (В/дел.) для аналогового канала Диапазон настройки: от -42 дБм до +44 дБм
------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Положение по вертикали</b>	от -100 дел. до + 100 дел.
-------------------------------	----------------------------

<b>Единицы измерения по вертикали</b>	дБм, дБмкВт, дБмВ, дБмкВ, дБмА, дБмкА
---------------------------------------	---------------------------------------

<b>Масштабирование по вертикали</b>	Линейный, логарифмический
-------------------------------------	---------------------------

<b>Масштабирование по горизонтали</b>	Линейный, логарифмический
---------------------------------------	---------------------------

#### Поиск

<b>Число поисков</b>	Неограниченное
----------------------	----------------

<b>Типы поиска</b>	Поиск в длинных записях для обнаружения всех событий по заданным пользователем критериям, в том числе по фронту, длительности импульса, времени ожидания, ранту, выходу за пределы окна, логическим выражениям, нарушению времени установления и удержания, времени нарастания или спада, а также событий на шинах. Результаты поиска можно просматривать на Экране сигнала или в Таблице результатов.
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Сохранение

<b>Сохранение</b>	Сохранение файлов непосредственно на осциллографе, на удаленном сетевом диске или в рабочем пространстве TekDrive для совместной работы.
-------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Тип сигнала	Данные сигнала Tektronix (.wfm), значения, разделенные запятыми (.csv), MATLAB (.mat)
Стробирование сигнала	Курсоры, Экран, Повторная выборка (сохранение каждого n-го образца)
Тип снимка экрана	Переносимая сетевая графика (*.png), 24-битное растровое изображение (*.bmp), JPEG (*.jpg)
Тип настройки	Настройки Tektronix (.set)
Тип отчета	Переносимые документы Adobe (.pdf), однофайловые веб-страницы (.mht)
Тип сеанса	Настройки сеансов Tektronix (.tss)
<b>Экран</b>	
Тип экрана	15,6 дюймовый (395 мм) жидкокристаллический цветной TFT-дисплей
Разрешение экрана	1920 пикселей по горизонтали × 1080 пикселей по вертикали (высокая четкость)
Режимы отображения	<p>Наложение: обычное отображение сигналов осциллографа, когда сигналы накладываются один на другой</p> <p>Многоярусный: режим отображения, при котором каждый сигнал занимает свой ярус, соответствующий полному диапазону АЦП, при этом он визуально отделен от других сигналов. Группы каналов также можно отображать наложением в пределах яруса, чтобы упростить визуальное сравнение сигналов.</p>
Масштабирование	Поддержка масштабирования по горизонтали и вертикали для изображений всех сигналов и графиков.
Интерполяция	$\sin(x)/x$ и линейная
Типы отображения сигналов	Векторы, точки, переменное послесвечение, бесконечное послесвечение
Масштабная сетка	Перемещаемая и фиксированная масштабная сетка; выбор стиля: Сетка, Время, Полная и Пустая
Цветовые палитры	<p>Обычные и обратные для снимков экрана</p> <p>Пользователь может выбрать цвета отдельных осциллограмм</p>
Формат	YT, XY и XYZ
Языки интерфейса пользователя	Английский, японский, китайский (упрощенный), китайский (традиционный), французский, немецкий, итальянский, испанский, португальский, русский, корейский

Поддерживаемые языки справочной системы      Английский, японский и упрощенный китайский

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

Режимы работы      Выкл., непрерывный, импульсный

**Типы функций**      Сигналы произвольной формы, синусоидальные, прямоугольные, импульсные, линейно изменяющиеся, треугольные, уровня постоянного тока, функция Гаусса, функция Лоренца, нарастающая/спадающая экспонента,  $\sin(x)/x$ , случайный шум, гаверсинус, кардиосигналы

### Синусоидальный сигнал

<b>Диапазон частот</b>	от 0,1 Гц до 100 МГц
<b>Разрешение установки частоты</b>	0,1 Гц
<b>Точность частоты</b>	130 ppm (частота $\leq 10$ кГц), 50 ppm (частота $> 10$ кГц) Это относится только к синусоидальным, линейно изменяющимся, прямоугольным и импульсным сигналам.
<b>Диапазон значений амплитуды</b>	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> на нагрузке 50 Ом
<b>Неравномерность АЧХ, типич.</b>	$\pm 0,5$ дБ на частоте 1 кГц $\pm 1,5$ дБ на частоте 1 кГц для амплитуды менее 20 мВ <sub>пик-пик</sub>
<b>Полный коэффициент гармоник, типич.</b>	1 % для амплитуды не менее 200 мВ <sub>пик-пик</sub> на нагрузке 50 Ом 2,5 % для амплитуды $> 50$ мВ и $< 200$ мВ <sub>пик-пик</sub> на нагрузке 50 Ом Это действительно только для синусоидальных сигналов.
<b>Динамический диапазон без паразитных составляющих, типич.</b>	40 дБ ( $\geq 0,1$ В <sub>пик-пик</sub> ); 30 дБ ( $\geq 0,02$ В <sub>пик-пик</sub> ), нагрузка 50 Ом

### Прямоугольный и импульсный сигнал

<b>Диапазон частот</b>	от 0,1 Гц до 50 МГц
<b>Разрешение установки частоты</b>	0,1 Гц
<b>Точность частоты</b>	130 ppm (частота $\leq 10$ кГц), 50 ppm (частота $> 10$ кГц)
<b>Диапазон значений амплитуды</b>	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
<b>Диапазон значений коэффициента заполнения</b>	10–90% или мин. длительность импульса 10 нс, выбирается большее

Значение минимальной длительности импульса применяется как к самому импульсу, так и к промежутку между импульсами, поэтому максимальное значение коэффициента заполнения ограничивается на высоких частотах, чтобы промежуток между импульсами был не менее 10 нс

Разрешение коэффициента заполнения	0,1 %
Минимальная длительность импульса, типичная	10 нс. Это минимальная длительность включения или выключения.
Время нарастания/ спада, типичное	5 нс, от 10 % до 90 %
Разрешение по длительности импульса	100 пс
Выброс, типичное значение	< 6% для скачков сигнала, превышающих 100 мВ <sub>пик-пик</sub> Применяется к выбросу положительного (+выбросу) и отрицательного (-выбросу) направлений
Асимметрия, типичная	±1 % ±5 нс, при коэф. заполнения 50 %
Джиттер, типичный	<60 пс ошибка по временному интервалу TIE <sub>среднеквадр.</sub> , амплитуда ≥100 мВ <sub>пик-пик</sub> , коэффициент заполнения 40–60 %

#### Линейно изменяющийся и треугольный сигнал

Диапазон частот	от 0,1 Гц до 1 МГц
Разрешение установки частоты	0,1 Гц
Точность частоты	130 ppm (частота ≤10 кГц), 50 ppm (частота >10 кГц)
Диапазон значений 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	0–100 %
Разрешение симметрии	0,1 %

Диапазон уровней постоянного напряжения	±2,5 В в режиме с высоким импедансом ±1,25 В на нагрузке 50 Ом
-----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Диапазон амплитуды случайного шума	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> на нагрузке 50 Ом
------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sin(x)/x

Максимальная частота 4 МГц

#### Импульс Гаусса, гаверсинус, импульс Лоренца

Максимальная частота 10 МГц

#### Импульс Лоренца

Диапазон частот от 0,1 Гц до 10 МГц

Диапазон значений от 20 мВ<sub>пик-пик</sub> до 2,4 В<sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом

амплитуды от 10 мВ<sub>пик-пик</sub> до 1,2 В<sub>пик-пик</sub> на нагрузке 50 Ом

#### Кардиосигнал

Диапазон частот от 0,1 Гц до 1 МГц

Диапазон значений от 20 мВ<sub>пик-пик</sub> до 5 В<sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом

амплитуды от 10 мВ<sub>пик-пик</sub> до 2,5 В<sub>пик-пик</sub> на нагрузке 50 Ом

#### Сигнал произвольной формы

Объем памяти от 1 до 128 КБ

Диапазон значений от 20 мВ<sub>пик-пик</sub> до 5 В<sub>пик-пик</sub> в режиме с высоким импедансом

амплитуды от 10 мВ<sub>пик-пик</sub> до 2,5 В<sub>пик-пик</sub> на нагрузке 50 Ом

Частота повторения от 0,1 Гц до 50 МГц

Частота дискретизации 250 Мвыб/с

Точность амплитуды сигнала  $\pm[(1,5 \% \text{ значения амплитуды размаха}) + (1,5 \% \text{ значения абсолютного смещения по постоянному току}) + 1 \text{ мВ}]$  (на частоте 1 кГц)

Разрешение амплитуды сигнала 1 мВ (в режиме с высоким импедансом)  
500 мкВ (при нагрузке 50 Ом)

Погрешность частоты синусоидального и линейно изменяющегося сигнала  $1,3 \cdot 10^{-4}$  (частота  $\leq 10$  кГц)  
 $5,0 \cdot 10^{-5}$  (частота  $> 10$  кГц)

Диапазон смещения по постоянному току  $\pm 2,5$  В в режиме с высоким импедансом

±1,25 В на нагрузке 50 Ом

**Разрешение смещения по постоянному току** 1 мВ (в режиме с высоким импедансом)  
500 мкВ (при нагрузке 50 Ом)

**Точность смещения по постоянному току** ±[(1,5 % значения абсолютного смещения напряжения) + 1 мВ]  
При температуре воздуха, превышающей 25 °С, необходимо добавлять 3 мВ погрешности при каждом изменении температуры на 10 °С

## Цифровой вольтметр (DVM)

**Типы измерений** Пост. ток, перемен. ток<sub>ср.кв.</sub>, +пост. ток, перемен. ток<sub>ср.кв.</sub>

**Разрешение по напряжению** 4 разряда

### Точность измерений напряжения

**Напряжение постоянного тока:** ±(1,5 % \* |показание – смещение – положение|) + (0,5 % \* |(смещение – положение)|) + (0,1 \* В/дел.)  
Снижение точности на 0,100 %/°С от |показание – смещение – положение| при температурах выше 30 °С  
Сигнал ±5 делений от центра экрана

**Напряжение переменного тока:** ±2 % (от 40 Гц до 1 кГц) при отсутствии гармонических составляющих вне диапазона от 40 Гц до 1 кГц  
Напряжение перемен. ток, типичное значение: ± 2% (от 20 Гц до 10 кГц)  
Для выполнения измерений переменного тока настройки вертикального отклонения входного канала должны допускать отображение размаха входного сигнала  $V_{\text{пик-пик}}$  в 4–10 делениях сетки, а осциллограмма сигнала должна полностью помещаться на экране

## Частотомер сигналов запуска

**Разрешение** 8 разрядов

**Погрешность** ±(1 отсчет + погрешность тактового генератора \* входная частота)  
Размах сигнала должен быть не менее 8 мВ<sub>пик-пик</sub> или 2 деления (выбирается большее).

**Максимальная входная частота** от 10 Гц до макс. частоты полосы аналогового канала  
Размах сигнала должен быть не менее 8 мВ<sub>пик-пик</sub> или 2 деления (выбирается большее).

## Процессорная система

**Хост-процессор** Intel i5-8400H (2,5 ГГц, 64-битный, четырехъядерный процессор)

**Операционная система** Прибор по умолчанию: Закрытый Linux



Прибор с установленной опцией 5B-WIN: Microsoft Windows 10: <sup>7</sup>

**Стандартный твердотельный накопитель со встроенной ОС** Съемный твердотельный накопитель  $\geq 250$  ГБ

**Твердотельный накопитель (SSD) с ОС Microsoft Windows 10 (опция 5B-WIN )** Твердотельный накопитель  $\geq 480$  ГБ. Форм-фактор: твердотельный накопитель 2,5 дюйма с интерфейсом SATA-3. Накопитель может быть установлен пользователем и содержать 64-битную ОС Windows 10 Enterprise IoT 2016 LTSC

## Порты ввода-вывода

**Соединитель DisplayPort** 20-контактный соединитель DisplayPort используется для вывода сигналов осциллографа на внешний монитор или проектор

**Соединитель DVI** 29-контактный соединитель DVI-D используется для вывода сигналов осциллографа на внешний монитор или проектор

**VGA** Гнездовой разъем DB-15, обеспечивает вывод сигналов осциллографа на внешний монитор или проектор

## Сигнал компенсатора пробника, типич.

**Подключение:** Разъемы расположены внизу на правой боковой панели прибора  
**Амплитуда:** от 0 до 2,5 В  
**Частота:** 1 кГц  
**Импеданс источника:** 1 кОм

**Вход внешнего опорного сигнала** Система синхронизации позволяет синхронизировать фазу с внешним опорным сигналом частотой 10 МГц ( $\pm 4$  ppm).

**Интерфейс USB (хост-порты, порты устройств)** Хост-порты USB на передней панели: Два высокоскоростных порта USB 2.0, один сверхскоростной порт USB 3.0  
 Хост-порты USB на задней панели: Два высокоскоростных порта USB 2.0, два сверхскоростных порта USB 3.0  
 Порт USB устройства на задней панели: Один сверхскоростной порт USB 3.0 устройства с поддержкой USBTMC

**Интерфейс Ethernet** 10/100/1000 Мбит/с

<sup>7</sup> опция 5-WIN не доступна для прибора MSO58LP.

## Вспомогательный выход

Соединитель BNC на задней панели. В настройках конфигурации выхода можно задать вывод положительного или отрицательного импульса при запуске осциллографа, вывод внутреннего опорного тактового сигнала осциллографа или вывод импульсного сигнала синхронизации генератора сигналов произвольной формы

Характеристика	Пределы
V <sub>вых</sub> (ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ)	≥2,5 В при разомкнутой цепи; ≥1,0 В при заземлении через нагрузку 50 Ом
V <sub>вых</sub> (LO)	≤0,7 В при выходном токе ≤4 мА; ≤0,25 В при заземлении через нагрузку 50 Ом

## Замок Kensington

Слот на задней панели для стандартного замка Kensington

## LXI

Класс: LXI Core 2011

Версия: 1.4

## Источник питания

### Электропитание

Потребляемая мощность	400 Вт макс.
Напряжение источника питания	100–240 В ±10% при 50–60 Гц 115 В ±10% при 400 Гц ±10%

## Физические характеристики

### Габаритные размеры

Высота: 309 мм (12,2 дюйма) со сложенными ножками и ручкой в заднем положении

Высота: 371 мм (14,6 дюйма) со сложенными ножками и ручкой в верхнем положении

Ширина: 454 мм (17,9 дюйма) между шарнирами ручки

Глубина: 205 мм (8,0 дюйма) от задней стороны ножек до передней части ручек управления, ручка в верхнем положении

Глубина: 297,2 мм (11,7 дюйма) со сложенными ножками и ручкой в заднем положении

### Масса

<12,5 кг (28 фунтов)

### Охлаждение

Требуемая величина зазоров для надлежащего охлаждения составляет 50,8 мм (2,0 дюйма) со стороны правой панели (если смотреть спереди) и со стороны задней панели прибора

### Конфигурация для установки в стойку

7U (с дополнительным комплектом для установки в стойку RM5)

## Условия эксплуатации

### Температура

Рабочая	от +0 °C до +50 °C (от 32 °F до 122 °F)
Хранения	от -20 °C до +60 °C (от -4 °F до 140 °F)

### Влажность

Рабочая	Относительная влажность (ОВ) от 5 до 90 % при температуре до +40 °C Относительная влажность от 5 до 55 % при температуре от +40 до +50 °C, без конденсации, при максимальной температуре влажного термометра +39 °C
Хранения	Относительная влажность (ОВ) от 5 до 90 % при температуре до +40 °C Относительная влажность от 5 до 39 % при температуре от +40 до +50 °C, без конденсации, при максимальной температуре влажного термометра +39 °C

### Высота над уровнем моря

Рабочая	До 3000 метров (9843 фута)
Хранения	До 12 000 метров (39 370 футов)

## Требования по электромагнитной совместимости, безопасности, и условиям окружающей среды

Нормативные документы	Маркировка CE для ЕС, сертификаты UL для США и Канады Соответствие требованиям директивы RoHS
-----------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

## Программное обеспечение

### Программное обеспечение

Драйвер IVI	Обеспечивает стандартный интерфейс программирования приборов для распространенных программных пакетов, таких как LabVIEW, LabWindows/CVI, Microsoft.NET и MATLAB. Поддерживает языки программирования Python, C/C++ и многие другие через интерфейс VISA.
e*Scope®	Позволяет управлять осциллографом через сетевое соединение с помощью стандартного веб-браузера. Просто введите IP-адрес или сетевое имя осциллографа, и в окне браузера откроется страница управления. Имеется возможность передавать и сохранять настройки, осциллограммы, результаты измерений и изображения на экране или непосредственно управлять прибором, изменяя настройки прямо из веб-браузера.
TekDrive	Можно выгружать, сохранять, упорядочивать, загружать и передавать файлы любого типа, а также выполнять их поиск с любого подсоединенного устройства. TekDrive встраивается в MSO Серии 5 на этапе изготовления как инструмент для быстрой передачи и извлечения файлов, исключающий необходимость в USB-накопителе. Теперь анализировать и изучать стандартные файлы в форматах .wfm, .isf, .tss и .csv можно непосредственно в браузере. Для получения дополнительной информации посетите веб-сайт <a href="http://www.tek.com/software/tekdrive">www.tek.com/software/tekdrive</a> .
SignalVu-PC	Программное обеспечение для расширенного анализа векторных сигналов, которое может работать непосредственно на MSO Серии 5 или на отдельном ПК под управлением Windows. Требуется опция 5-SV-RFVT, установленная на MSO серии 5. Требуется лицензия Connect (CONxx-SVPC), установленная на SignalVu-PC, «xx» заменяется на «NL» для лицензии на определенный прибор или на «FL» для плавающей лицензии.
Веб-интерфейс LXI	Позволяет подключиться к осциллографу с помощью стандартного браузера простым вводом IP-адреса или сетевого имени осциллографа в адресную строку. Веб-интерфейс позволяет отображать состояние и конфигурацию

**Примеры  
программирования**

прибора, контролировать и изменять сетевые настройки, а также предоставляет средства для дистанционного управления осциллографом с помощью e\*Scope. Все процедуры взаимодействия с пользователями в сети соответствуют спецификации LXI Core, версии 1.4.

Программирование приборов Серий 4/5/6 максимально упрощено. В руководстве по программированию и на веб-сайте GitHub описывается множество команд и примеров, которые помогут пользователю научиться удаленно автоматизировать работу прибора. См. [HTTPS://GITHUB.COM/TEKTRONIX/PROGRAMMATIC-CONTROL-EXAMPLES](https://github.com/TEKTRONIX/PROGRAMMATIC-CONTROL-EXAMPLES).

## Информация для заказа

Выполните следующие шаги, чтобы выбрать прибор и опции, соответствующие вашим потребностям.

### Шаг 1

Начните с выбора модели осциллографа MSO Серии 5, исходя из требуемого количества входов FlexChannel. Каждый вход FlexChannel поддерживает 1 аналоговый или 8 цифровых входных сигналов по выбору.

Модель	Число входов FlexChannel
<a href="#">MSO54B</a>	4
<a href="#">MSO56B</a>	6
<a href="#">MSO58B</a>	8

#### В комплект поставки каждой модели входит:

Один пассивный аналоговый пробник на каждый канал FlexChannel:

- Модели с полосой пропускания 350 МГц или 500 МГц: Пробники TPP0500B с полосой 500МГц
- Модели с полосой пропускания 1 ГГц или 2 ГГц: Пробники TPP1000 с полосой 1 ГГц

Руководство по монтажу и технике безопасности (на английском, японском и упрощенном китайском языке)

Встроенная справочная система

Крышка передней панели со встроенной сумкой для принадлежностей

Мышь

Сетевой шнур

Калибровочный сертификат, подтверждающий прослеживаемость калибровки до Национальных институтов метрологии и соответствие системе качества ISO9001/ISO17025

Гарантия на один год на все детали и работы для прибора.

Годовая гарантия на все детали и работы для поставляемых в комплекте пробников

### Шаг 2

**Добавление функций прибора путем добавления пакета опций**

Предлагаются три класса пакетов опций (Starter, Pro, Ultimate), которые обеспечивают широкий выбор вариантов в зависимости от бюджета и областей применения. Для получения подробной информации о текущем содержимом каждого пакета посетите наш веб-сайт и ознакомьтесь с брошюрой о пакете программного обеспечения по адресу [www.tek.com/document/brochure/software-bundles-for-the-4-5-and-6-series-mso-oscilloscopes](http://www.tek.com/document/brochure/software-bundles-for-the-4-5-and-6-series-mso-oscilloscopes).

1. Пакет Starter (Начальный) включает в себя наиболее распространенные функции декодирования последовательных шин, анализа протоколов и аппаратного расширения.

2. Пакеты Pro предназначены для конкретных приложений (последовательный запуск и декодирование, целостность системы питания, целостность сигнала, автомобильная промышленность, автоматизированное тестирование на соответствие стандартам, военная и аэрокосмическая промышленность и государственное управление) и включают все варианты из пакета Starter.
3. Пакет Ultimate (Полный) включает все опции из пакета Starter, а также все опции из всех пакетов Pro.

Каждый приобретенный пакет может иметь два срока действия:

1. В подписку на 1 год входят все функции и бесплатные обновления приобретенного пакета на один год, после чего функции отключаются. Для выбранного пакета можно приобрести дополнительную подписку на 1 год.
2. Бессрочная подписка обеспечивает постоянную поддержку всех функций приобретенного пакета. В бессрочную подписку входит 1 год бесплатного обновления набора функций пакета. По истечении года набор функций «замораживается» в состоянии на момент последнего обновления.

Лицензия на 1 год	Бессрочная лицензия	Описание пакета
5-STARTER-1Y	5-STARTER-PER	Входит анализ последовательных шин I2C, SPI, RS-232/422/UART и их запуск, AFG (генератор сигналов произвольной формы/стандартных функций)
5-PRO-SERIAL-1Y	5-PRO-SERIAL-PER	Входит пакет 5-STARTER плюс 125 Мвыб/канал длины записи, дополнительно выбранные опции анализа последовательных шин
5-PRO-POWER-1Y	5-PRO-POWER-PER	Входит пакет 5-STARTER плюс 125 Мвыб/канал длины записи, выбранные опции анализа источника питания
5-PRO-SIGNAL-1Y	5-PRO-SIGNAL-PER	Входит пакет 5-STARTER плюс 125 Мвыб/канал длины записи, опции расширенного анализа джиттера и выбранные опции
5-PRO-COMPL-1Y	5-PRO-COMPL-PER	Входит пакет 5-STARTER плюс 125 Мвыб/канал длины записи, расширенный выбор опций автоматизированного тестирования на соответствие стандартам
5-PRO-AUTO-1Y	5-PRO-AUTO-PER	Входит пакет 5-STARTER плюс 125 Мвыб/канал длины записи, опции расширенного анализа джиттера и выбранные опции анализа автомобильных сетей
5-PRO-MILGOV-1Y	5-PRO-MILGOV-PER	Входит пакет 5-STARTER плюс 125 Мвыб/канал длины записи, опции расширенного анализа джиттера, тестирования по маске и выбранные опции анализа последовательных шин
5-ULTIMATE-1Y	5-ULTIMATE-PER	Входит пакет 5-STARTER, все опции пакетов 5-PRO плюс 500 Мвыб/канал длины записи, а также осциллограммы и запуск зависимости РЧ-сигнала от времени, расширенная полоса пропускания для сбора данных в режиме спектра и опции запуска по видеосигналу



### Шаг 3

Определите конфигурацию осциллографа, выбрав требуемую полосу пропускания для аналоговых каналов

Из следующего перечня опций выберите полосу пропускания, необходимую для решения текущих задач. Расширить ее можно позже при помощи приобретаемой опции обновления.

Опции для расширения полосы пропускания	Полоса пропускания
5-BW-350	350 МГц
5-BW-500	500 МГц
5-BW-1000	1 ГГц
5-BW-2000	2 ГГц

### Шаг 4

Расширьте число функций прибора

Дополнительные функции можно заказать одновременно с заказом прибора или позже в виде пакета обновления.

Опция прибора	Встроенные функциональные возможности
5-RL-125M	Увеличение длины записи от 62,5 млн точек/канал до 125 млн точек/канал
5-RL-250M	Увеличение длины записи от 62,5 млн точек/канал до 250 млн точек/канал
5-RL-500M	Увеличение длины записи от 62,5 млн точек/канал до 500 млн точек/канал
5B-WIN	Добавление внешнего твердотельного накопителя с лицензией на ОС Microsoft Windows 10
5-AFG	Добавление генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций
5-SEC <sup>8</sup>	Повышение уровня защиты за счет исключения прибора из классификации и защиты паролем включения/отключения всех портов USB, а также обновлений микропрограммы.

### Шаг 5

Добавьте опции запуска по сигналам последовательных шин с возможностями декодирования и поиска

Выберите только требуемые сегодня функции из списка опций для работы с последовательными шинами. Добавить их можно позже при помощи приобретаемого пакета обновления.

Опции для прибора	Поддерживаемые последовательные шины
5-SRAERO	Аэрокосмические системы (MIL-STD-1553, ARINC 429)
5-SRAUDIO	Аудиосистемы (I <sup>2</sup> S, LJ, RJ, TDM)
5-SRAUTO	Автомобильные системы (CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, а также декодирование символов CAN)

Продолжение таблицы...

<sup>8</sup> Эту опцию следует приобретать одновременно с прибором. Она не предоставляется в качестве обновления.

Опции для прибора	Поддерживаемые последовательные шины
5-SRAUTOEN1	Анализ сигналов последовательных шин автомобильных устройств на базе Ethernet (100BASE-T1)
5-SRAUTOSEN	Автомобильные датчики (SENT)
5-SRCOMP	Компьютерные системы (RS-232/422/485/UART)
5-SRCPHY	MIPI C-PHY Vx.x (DSI-2, только декодирование и поиск CSI-2)
5-SRCXPI	CXPI (только декодирование и поиск)
5-SRDPHY	MIPI D-PHY (DSI-1, только декодирование и поиск CSI-2)
5-SREMBD	Встроенные системы (I <sup>2</sup> C, SPI)
5-SRENET	Ethernet (10BASE-T, 100BASE-TX)
5-SRESPI	eSPI (только декодирование и поиск)
5-SRETHERCAT	EtherCAT (только декодирование и поиск)
5-SR8B10B	8B/10B (только декодирование и поиск)
5-SRI3C	MIPI I3C
5-SRMANCH	Манчестерский код (только декодирование и поиск)
5-SRMDIO	MDIO (только декодирование и поиск)
5-SRNRZ	NRZ (только декодирование и поиск)
5-SRONEWIRE	Двухнаправленная шина (1-Wire — только декодирование и поиск)
5-SRPM	Управление электропитанием (SPMI)
5-SRPSI5	PSI5 (только декодирование и поиск)
5-SRSDLC	Декодирование и поиск протоколов управления синхронными каналами передачи данных
5-SRSMBUS	SMBus (только декодирование и поиск)
5-SRSPACEWIRE	Spacewire (только декодирование и поиск)
5-SRVID	SVID (только декодирование и поиск)
5-SRUSB2	USB (USB2.0 LS, FS, HS) <sup>9</sup>
5-SREUSB2	eUSB2.0 (только декодирование и поиск)

Приходится работать с дифференциальными сигналами последовательных шин? Выполните шаг *Добавьте аналоговые пробники и адаптеры* для выбора дифференциальных пробников.

#### Добавление возможностей декодирования и анализа сигналов последовательных шин сторонних производителей

Доступны приложения сторонних производителей, которые обеспечивают возможности декодирования и анализа сигналов последовательных шин для MSO Серии 5. Номера по каталогу Tektronix, перечисленные ниже, можно заказать непосредственно у компании Tektronix или у авторизованного дистрибьютора. Заказанное программное обеспечение будет поставляться непосредственно сторонним производителем. Для использования программных приложений сторонних производителей требуется твердотельный накопитель с Windows 10 (опция 5B-WIN).

<sup>9</sup> высокоскоростная шина USB поддерживаются только моделями с полосой пропускания ≥1 ГГц

Номер по каталогу Tektronix	Поддерживаемые последовательные шины
PGY-EMMC	Память встроенного контроллера мультимедиа (eMMC)
PGY-QSPI	Четырехканальный последовательный периферийный интерфейс (QSPI) — 2 усовершенствованные линии ввода-вывода для SPI
PGY-SDIO	Безопасный цифровой вход/выход (SDIO)

## Шаг 6

### Добавьте опции тестирования последовательных шин на соответствие стандартам

Выберите из указанных ниже опций только требуемые сегодня модули тестирования последовательных шин на соответствие стандартам. Добавить их можно позже при помощи приобретаемого пакета обновления. Для всех опций, указанных в таблице ниже, требуется опция 5B-WIN (твердотельный накопитель с ОС Microsoft Windows 10).

Опция прибора	Поддерживаемые последовательные шины
5-CMAUTOEN	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet автомобильных систем (100Base-T1, 1000Base-T1) на соответствие стандартам. Для 1000BASE-T1 требуется полоса пропускания $\geq 2$ ГГц
5-CMAUTOEN10	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet автомобильных систем (10BASE-T1S Short Reach) на соответствие стандартам.
5-AUTOEN-BND	ПО для тестирования интерфейсов Ethernet автомобильных систем на соответствие стандартам, для разделения сигналов, анализа сигналов RAM3, декодирования 100Base-T1 (требуется опция 5-DJA)
5-AUTOEN-SS	Разделение сигналов в автомобильных сетях на базе Ethernet
5-CMAUTOEN10	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet автомобильных сетей (10Base-T1S Short Reach) на соответствие стандартам
5-CMINDUEN10	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet промышленных систем (10Base-T1L Long Reach) на соответствие стандартам
5-CMENET	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet (10BASE-T/100BASE-T/1000BASE-T) на соответствие стандартам. Для 1000BASE-T требуется полоса пропускания $\geq 1$ ГГц
5-CMUSB2	Решение для автоматизированного тестирования USB 2.0 на соответствие стандартам. Требуется тестовая оснастка USB TDSUSBF Для высокоскоростной шины USB требуется полоса пропускания $\geq 2$ ГГц

## Шаг 7

Добавьте дополнительные аналитические возможности

Опция прибора	Расширенный анализ
5-DBLVDS	Решение на базе ПО TekExpress для автоматизированного тестирования низковольтных дифференциальных сигналов (LVDS) (требуется опции 5-DJA и 5B-WIN)
5-DJA	Расширенный анализ джиттера и глазковых диаграмм
5-DPM	Управление шинами электропитания
5-DPMBAS	Базовый пакет для управления шинами электропитания
5-IMDA <sup>10</sup>	Анализ характеристик двигателей, инверторов и приводов
5-IMDA-DQ0 <sup>10</sup>	Функция DQ0-преобразования для анализа характеристик двигателей, инверторов и приводов (требуется опция 5-IMDA)
5-IMDA-MECH <sup>10</sup>	Механические измерения для анализа характеристик двигателей, инверторов и приводов (требуется опция 5-IMDA)
5-MTM	Тестирование по маске и предельным значениям
5-PAM3	Анализ устройств с сигналами PAM3 (требуется опции 5-DJA и 5B-WIN)
5-PS2 <sup>11 12</sup>	Пакет решений для измерений и анализа систем питания (5-PWR, THDP0200, TCP0030A, 067-1686-xx [компенсатор фазового сдвига])
5-PS2FRA <sup>11 12</sup>	Пакет решений для измерений и анализа систем питания (5-PWR, THDP0200, TCP0030A, два TPP0502, 067-1686-XX [компенсатор фазового сдвига])
5-PWR <sup>13</sup>	Измерение и анализ характеристик систем питания
5-SV-BW-1	Расширение полосы захвата сигнала в режиме спектра до 500 МГц
5-SV-RFVT	Анализ изменения характеристик РЧ-сигналов со временем в режиме спектра, запуск по событиям и удаленная передача IQ-данных
5-UDFLT	Модуль для создания пользовательских фильтров
5-VID	Запуск по видеосигналам NTSC, PAL и SECAM

### Добавление анализа векторных сигналов

SignalVu-PC — это автономное приложение, которое можно запускать на MSO Серии 5 или на отдельном ПК с ОС Windows для расширенного анализа векторных сигналов. Для запуска SignalVu-PC на MSO Серии 5 или на отдельном ПК с ОС Windows необходимы три опции.

1. Чтобы запустить приложение с отдельного ПК с ОС Windows, на осциллографе должен быть установлен твердотельный накопитель (5B-WIN) с Windows.

<sup>10</sup> Данная опция несовместима с прибором MSO54

<sup>11</sup> Данная опция несовместима с опцией 5-PWR.

<sup>12</sup> Эту опцию следует приобретать одновременно с прибором. Она не предоставляется в качестве обновления.

<sup>13</sup> Данная опция несовместима с опцией 5-PS2 либо 5-PS2FRA.

2. Для передачи данных I/Q на осциллографе должна быть установлена опция кривых изменения характеристик РЧ-сигналов со временем в режиме спектра (5-SV-RFVT).
3. На SignalVu-PC должна быть установлена лицензия Connect (CONxx-SVPC), чтобы обеспечить работу базовых функций приложения, в том числе 16 и более измерений и отображения РЧ-сигнала.

## Шаг 8

### Добавьте цифровые пробники

Конфигурацию каждого входа FlexChannel можно настроить для восьми цифровых каналов, просто подключив логический пробник TLP058 ко входу FlexChannel. Пробники TLP058 можно заказать вместе с прибором или приобрести дополнительно.

Для данного прибора	Заказ	Добавить
MSO54B	От 1 до 4 пробников TLP058	От 8 до 32 цифровых каналов
MSO56B	От 1 до 6 пробников TLP058	От 8 до 48 цифровых каналов
MSO58B	От 1 до 8 пробников TLP058	От 8 до 64 цифровых каналов

## Шаг 9

### Добавьте аналоговые пробники и адаптеры

Добавьте рекомендуемые пробники и переходники

Рекомендуемые пробники и переходники	Описание
TAP1500	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI® 1,5 ГГц, входное напряжение $\pm 8$ В
TAP2500	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI® 2,5 ГГц, входное напряжение $\pm 4$ В
TAP3500	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI® 3,5 ГГц, входное напряжение $\pm 4$ В
TAP4000	Активный несимметричный пробник напряжения TekVPI® 4 ГГц, входное напряжение $\pm 4$ В
TCP0030A	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 30 А, полоса 120 МГц
TCP0020	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 20 А, полоса 50 МГц
TCP0030A	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 30 А, полоса 120 МГц
TCP0150	Пробник постоянного/переменного тока TekVPI®, 150 А, полоса 20 МГц
TRCP0300	Пробник переменного тока от 250 мА до 300 А, 30 МГц
TRCP0600	Пробник переменного тока от 500 мА до 600 А, 30 МГц
TRCP3000	Пробник переменного тока от 500 мА до 3 000 А, 16 МГц
TDP0500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, дифференциальное входное напряжение $\pm 42$ В
TDP1000	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 1 ГГц, дифференциальное входное напряжение $\pm 42$ В
Продолжение таблицы...	

Рекомендуемые пробники и переходники	Описание
TDP1500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 1,5 ГГц, дифференциальное входное напряжение $\pm 8,5$ В
TDP3500	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 3,5 ГГц, дифференциальное входное напряжение $\pm 2$ В
TDP4000	Дифференциальный пробник напряжения TekVPI®, 4 ГГц, дифференциальное входное напряжение $\pm 2$ В
THDP0100	Высоковольтный дифференциальный пробник TekVPI®, 100 МГц, $\pm 6$ кВ
THDP0200	Высоковольтный дифференциальный пробник TekVPI®, 200 МГц, $\pm 1,5$ кВ
TMDP0200	Высоковольтный дифференциальный пробник TekVPI®, 200 МГц, $\pm 750$ В
TPR1000	Несимметричный пробник TekVPI® Power-Rail, 1 ГГц; включает один комплект дополнительных принадлежностей TPR4KIT
TPR4000	Несимметричный пробник TekVPI® Power-Rail, 4 ГГц; включает один комплект дополнительных принадлежностей TPR4KIT
TIVP02	Пробник с гальванической развязкой; 200 МГц, от $\pm 5$ В до $\pm 2500$ В, в зависимости от наконечника; кабель 2 метра
TIVP02L	Пробник с гальванической развязкой; 200 МГц, от $\pm 5$ В до $\pm 2500$ В, в зависимости от наконечника; кабель 10 метра
TIVP05	Пробник с гальванической развязкой; 500 МГц, от $\pm 5$ В до $\pm 2500$ В, в зависимости от наконечника; кабель 2 метра
TIVP05L	Пробник с гальванической развязкой; 500 МГц, от $\pm 5$ В до $\pm 2500$ В, в зависимости от наконечника; кабель 10 метра
TIVP1	Пробник с гальванической развязкой; 1 ГГц, от $\pm 5$ В до $\pm 2500$ В, в зависимости от наконечника; кабель 2 метра
TIVP1L	Пробник с гальванической развязкой; 1 ГГц, от $\pm 5$ В до $\pm 2500$ В, в зависимости от наконечника; кабель 10 метра
TRP0502	Пассивный пробник напряжения TekVPI®, 500 МГц, 2X, входная емкость 12,7 пФ
TRP0850	Пассивный высоковольтный пробник напряжения 50X TekVPI®, 2,5 кВ, 800 МГц
P6015A	Высоковольтный пассивный пробник на 75 МГц, 20 кВ
TPA-BNC <sup>14</sup>	Адаптер BNC с TekVPI® на TekProbe™
TEK-DPG	Генератор импульсных сигналов с фазовым сдвигом TekVPI
067-1686-xx	Приспособление для компенсации временного запаздывания и калибровки при измерениях характеристик систем питания

Требуются другие пробники? Используйте интерактивную систему выбора пробника на сайте [www.tek.com/probes](http://www.tek.com/probes).

<sup>14</sup> рекомендуется для подключения имеющихся пробников TekProbe к MSO серии 5.



## Шаг 10

Добавьте принадлежности

Добавьте принадлежности для транспортировки или монтажа

Дополнительные принадлежности	Описание
HC5	Твердый переносной футляр
RM5	Комплект для монтажа в стойку
Адаптер GPIB—Ethernet	Модель 4865B (GPIB—Ethernet для интерфейса прибора) заказывается непосредственно у компании ICS Electronics <a href="http://www.icselect.com/gpib_instrument_intf.html">www.icselect.com/gpib_instrument_intf.html</a>

## Шаг 11

Выберите вариант шнура питания

Вариант шнура питания	Описание
A0	Вилка питания для сетей Северной Америки (115 В, 60 Гц)
A1	Универсальная сетевая вилка для Европы (220 В, 50 Гц)
A2	Сетевая вилка для Великобритании (240 В, 50 Гц)
A3	Сетевая вилка для Австралии (240 В, 50 Гц)
A5	Сетевая вилка для Швейцарии (220 В, 50 Гц)
A6	Сетевая вилка для Японии (100 В, 50/60 Гц)
A10	Сетевая вилка для Китая (50 Гц)
A11	Сетевая вилка для Индии (50 Гц)
A12	Сетевая вилка для Бразилии (60 Гц)
A99	Шнур электропитания отсутствует

## Шаг 12

Защитите свои инвестиции и обеспечьте длительное время безотказной работы с помощью пакета услуг для MSO Серии 5 В .

Оптимизируйте стоимость приобретения в течение всего срока службы и сократите совокупную стоимость владения с помощью калибровки и расширенного гарантийного плана для MSO Серии 5 В. Планы варьируются от стандартных расширений гарантии, охватывающих запасные части, трудозатраты и доставку в 2-дневный срок до полной защиты прибора с покрытием расходов на ремонт или замену в случае эксплуатационного износа, случайного повреждения, повреждения от электростатического разряда (ESD) или электрической перегрузки (EOS). В таблице ниже приведены конкретные варианты обслуживания, доступные для семейства MSO Серии 5 В. Сравните заводские планы обслуживания: [www.tek.com/en/services/factory-service-plans](http://www.tek.com/en/services/factory-service-plans).

Кроме того, Tektronix является ведущим аккредитованным поставщиком услуг по калибровке для всех марок электронного контрольно-измерительного оборудования, обслуживая более 140 000 моделей от 9000 производителей. Компания Tektronix имеет более 100 лабораторий по всему миру и является глобальным партнером, предлагая индивидуальные программы калибровки для предприятий с качеством OEM по рыночной цене. Ознакомьтесь со всеми возможностями сервиса калибровки для предприятия: [www.tek.com/en/services/calibration-services](http://www.tek.com/en/services/calibration-services).

Добавьте опции  
расширенного обслуживания  
и калибровки

Опция обслуживания	Описание
T3	Трехлетний комплексный план защиты прибора включает в себя ремонт или замену изделия в случае эксплуатационного износа, случайного повреждения, повреждения от электростатического разряда или электрической перегрузки, а также стандартную гарантию сроком на 3 года. Все ремонтные работы включают в себя калибровку, обновление прошивки и доставку в 2-дневный срок в пределах страны. Гарантирует более короткие сроки выполнения заявки по сравнению с ремонтом без заключения договора.
R3	Продление стандартной гарантии до 3 лет. Все ремонтные работы включают в себя калибровку, обновление прошивки и доставку в 2-дневный срок в пределах страны. Гарантирует более короткие сроки выполнения заявки по сравнению с ремонтом без заключения договора.
C3	Услуги по калибровке в течение 3 лет. Включает отслеживаемую калибровку или функциональную проверку в соответствующих случаях для рекомендованных калибровок. Покрытие включает первичную калибровку, а также услуги по калибровке в течение 2 лет.
T5	Пятилетний комплексный план защиты прибора включает в себя ремонт или замену в случае износа, случайного повреждения, повреждения от электростатического разряда или электрической перегрузки, а также продление стандартной гарантии до 5 лет. Все ремонтные работы включают в себя калибровку, обновление прошивки и доставку в 2-дневный срок в пределах страны. Гарантирует более короткие сроки выполнения заявки по сравнению с ремонтом без заключения договора.
R5	Продление стандартной гарантии до 5 лет. Все ремонтные работы включают в себя калибровку, обновление прошивки и доставку в 2-дневный срок в пределах страны. Гарантирует более короткие сроки выполнения заявки по сравнению с ремонтом без заключения договора.
C5	Услуги по калибровке в течение 5 лет. Включает отслеживаемую калибровку или функциональную проверку в соответствующих случаях для рекомендованных калибровок. Покрытие включает первичную калибровку, а также услуги по калибровке в течение 4 лет.
D1	Отчет с данными калибровки
D3	Отчет с данными калибровки за 3 года (с опцией C3)
D5	Отчет с данными калибровки за 5 лет (с опцией C5)

## Расширение и обновление функций после покупки прибора

### Возможности последующего расширения и обновления функций

Функции прибора можно в любой момент расширить или обновить после покупки осциллографа. Лицензии на определенный прибор привязывают соответствующую опцию к этому прибору без определения срока использования. Плавающие лицензии позволяют легко передавать право на пользование соответствующей опцией между совместимыми приборами. Совместимые приборы для плавающих лицензий: модели MSO серии 5 и MSO серии 5B.

Функция обновления	Обновление лицензии на определенный прибор	Обновление плавающей лицензии	Описание
Добавление функций прибора	SUP5-AFG	SUP5-AFG-FL	Добавление генератора сигналов произвольной формы и стандартных функций
	SUP5-RL-125M	SUP5-RL-125M-FL	Увеличение длины записи от 62,5 млн точек/канал до 125 млн точек/канал
	SUP5-RL-250M	SUP5-RL-250M-FL	Увеличение длины записи от 62,5 млн точек/канал до 250 млн точек/канал
	SUP5-RL-500M	SUP5-RL-500M-FL	Увеличение длины записи от 62,5 млн точек/канал до 500 млн точек/канал
	SUP5-RL-125MT250M	SUP5-RL-125MT250M-FL	Увеличение длины записи от 125 млн точек/канал до 250 млн точек/канал
	SUP5-RL-250MT500M	SUP5-RL-250MT500M-FL	Увеличение длины записи от 250 млн точек/канал до 500 млн точек/канал
	SUP5-RL-125MT500M	SUP5-RL-125MT500M-FL	Увеличение длины записи от 125 млн точек/канал до 500 млн точек/канал
Добавление анализа протокола	SUP5-SR8B10B	SUP5-SR8B10B-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин с кодированием 8b/10b
	SUP5-SRAERO	SUP5-SRAERO-FL	Запуск по сигналам последовательных шин и анализ для аэрокосмической промышленности (MIL-STD-1553, ARINC 429)
	SUP5-SRAUDIO	SUP5-SRAUDIO-FL	Запуск и анализ сигналов последовательных аудиошин (I <sup>2</sup> S, LJ, RJ, TDM)
	SUP5-SRAUTO	SUP5-SRAUTO-FL	Запуск по сигналам последовательных шин и анализ автомобильных систем (CAN, CAN FD, LIN, FlexRay, а также декодирование символов CAN)
	SUP5-SRAUTOEN1	SUP5-SRAUTOEN1-FL	Анализ сигналов последовательных шин автомобильных устройств на базе Ethernet (100Base-T1)
	SUP5-SRAUTOSEN	SUP5-SRAUTOSEN-FL	Запуск по сигналам последовательных шин и анализ автомобильных датчиков (SENT)
	SUP5-SRCOMP	SUP5-SRCOMP-FL	Запуск по сигналам последовательных шин и анализ компьютерных систем (RS-232/422/485/UART)
	SUP5-SRCPHY	SUP5-SRCPHY-FL	Анализ сигналов последовательных шин MIPI C-PHY (DSI-2, CSI-2)

Продолжение таблицы...

Функция обновления	Обновление лицензии на определенный прибор	Обновление плавающей лицензии	Описание
	SUP5-SRCXPI	SUP5-SRCXPI-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин CXPI
	SUP5-SRDPHY	SUP5-SRDPHY-FL	MIPI D-PHY (DSI-1, для CSI-2 — только декодирование и поиск)
	SUP5-SREMBD	SUP5-SREMBD-FL	Запуск и анализ сигналов последовательных шин встроенных систем (I <sup>2</sup> C, SPI)
	SUP5-SRENET	SUP5-SRENET-FL	Запуск по сигналам последовательных шин Ethernet и анализ систем (10Base-T, 100Base-TX)
	SUP5-SRESPI	SUP5-SRESPI-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин eSPI
	SUP5-SRETHERCAT	SUP5-SRETHERCAT-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин EtherCAT
	SUP5-SRI3C	SUP5-SRI3C-FL	Запуск и анализ сигналов последовательных шин MIPI I3C
	SUP5-SRMANCH	SUP5-SRMANCH-FL	Манчестерский код (только декодирование и поиск)
	SUP5-SRMDIO	SUP5-SRMDIO-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательного интерфейса управления данными ввода/вывода
	SUP5-SRNRZ	SUP5-SRNRZ-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин NRZ
	SUP5-SRONEWIRE	SUP5-SRONEWIRE-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных двунаправленных шин (1-Wire)
	SUP5-SRPM	SUP5-SRPM-FL	Запуск по сигналам последовательных шин и анализ управления электропитанием (SPMI)
	SUP5-SRPSI5	SUP5-SRPSI5-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин PSI5
	SUP5-SRSDLC	SUP5-SRSDLC-FL	Декодирование и поиск протоколов управления синхронными каналами передачи данных
	SUP5-SRSMBUS	SUP5-SRSMBUS-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин SMBus
	SUP5-SRSPACEWIRE	SUP5-SRSPACEWIRE-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин Spacewire
	SUP5-SRSVID	SUP5-SRSVID-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин Serial Voltage Identification (SVID)
	SUP5-SRUSB2	SUP5-SRUSB2-FL	Запуск по сигналам последовательных шин и анализ систем с шинами USB 2.0 (низкоскоростными, полноскоростными и высокоскоростными)
	SUP5-SREUSB2	SUP5-SREUSB2-FL	Декодирование и анализ сигналов последовательных шин USB2 (eUSB2) встроенных систем
Добавление тестирования устройств последовательной	SUP5-AUTOEN-BND	Неприменимо	Совместимость с автомобильными сетями Ethernet, разделение сигналов, анализ PAM3 (требуется опция

Продолжение таблицы...

Функция обновления	Обновление лицензии на определенный прибор	Обновление плавающей лицензии	Описание
передачи данных на соответствие стандартам			5-DJA), декодирование сигналов последовательных шин 100BASE-T1
Для всех модулей тестирования последовательных шин на соответствие стандартам требуется опция 5B-WIN (твердотельный накопитель с ОС Microsoft Windows 10)	SUP5-AUTOEN-SS	SUP5-AUTOEN-SS-FL	Разделение сигналов в автомобильных устройствах на базе Ethernet
	SUP5-CMAUTOEN	SUP5-CMAUTOEN-FL	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet автомобильных систем (100BASE-T1 и 1000BASE-T1) на соответствие стандартам  Для тестирования 1000BASE-T1 требуется полоса пропускания $\geq 2$ ГГц
	SUP5-CMAUTOEN10	SUP5-CMAUTOEN10-FL	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet автомобильных систем (10BASE-T1S Short Reach) на соответствие стандартам
	SUP5-CMENET	SUP5-CMENET-FL	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet (10BASE-T/100BASE-T/1000BASE-T) на соответствие стандартам.  Для тестирования 1000BASE-T1 требуется полоса пропускания $\geq 1$ ГГц
	SUP5-CMINDUEN10	SUP5-CMINDUEN10-FL	Решение для автоматизированного тестирования интерфейсов Ethernet промышленных систем (10Base-T1L Long Reach) на соответствие стандартам
	SUP5-CMUSB2	SUP5-CMUSB2-FL	Решение для автоматизированного тестирования USB 2.0 на соответствие стандартам.  Требуется тестовая оснастка USB TDSUSBF  Для тестирования высокоскоростной шины USB требуется полоса пропускания $\geq 2$ ГГц
Добавление расширенного анализа	SUP5-DBLVDS	SUP5-DBLVDS-FL	Отладка и анализ устройств с низковольтными дифференциальными сигналами (требуется опции 5-DJA и 5B-WIN)
	SUP5-DJA	SUP5-DJA-FL	Расширенный анализ джиттера и глазковых диаграмм
	SUP5-DPM	SUP5-DPM-FL	Управление шинами электропитания
	SUP5-IMDA <sup>15</sup>	SUP5-IMDA-FL <sup>15</sup>	Анализ характеристик двигателей, инверторов и приводов
	SUP5-IMDA-DQ0 <sup>15</sup>	SUP5-IMDA-DQ0-FL <sup>15</sup>	Функция DQ0-преобразования для анализа характеристик двигателей, инверторов и приводов (требуется опция 5-IMDA)
Продолжение таблицы...			

<sup>15</sup> Данную опцию не поддерживает осциллограф MSO54B.

Функция обновления	Обновление лицензии на определенный прибор	Обновление плавающей лицензии	Описание
	SUP5-IMDA-MECH <sup>15</sup>	SUP5-IMDA-MECH-FL <sup>15</sup>	Механические измерения для анализа характеристик двигателей, инверторов и приводов (требуется опция 5-IMDA)
	SUP5-MTM	SUP5-MTM-FL	Тестирование по маске и предельным значениям
	SUP5-PAM3	SUP5-PAM3-FL	Анализ устройств с сигналами PAM3 (требуется опция 5-DJA)
	SUP5-PWR	SUP5-PWR-FL	Расширенные измерения и анализ характеристик систем питания
	SUP5-PS2	Неприменимо	Пакет решений для измерений и анализа систем питания (5-PWR, THDP0200, TCP0030A, 067-1686-XX [компенсатор фазового сдвига])
	SUP5-DPMBAS	SUP5-DPMBAS-FL	Базовый пакет для управления шинами электропитания
	SUP5-SV-BW-1	SUP5-SV-BW-1-FL	Расширение полосы захвата сигнала в режиме спектра до 500 МГц
	SUP5-SV-RFVT	SUP5-SV-RFVT-FL	Анализ изменения характеристик РЧ-сигналов со временем в режиме спектра и запуск по событиям
	SUP5-UDFLT	SUP5-UDFLT-FL	Модуль для создания пользовательских фильтров
	SUP5-VID	SUP5-VID-FL	Запуск по видеосигналам NTSC, PAL и SECAM
Добавление цифрового вольтметра	SUP5-DVM	Неприменимо	Добавление цифрового вольтметра / частотомера сигналов запуска  (Предоставляется бесплатно при регистрации прибора на <a href="http://www.tek.com/register5mso">www.tek.com/register5mso</a> )

Функция обновления	Обновление	Описание
Добавление расширительного твердотельного накопителя (SSD) со встроенной операционной системой Windows	SUP5B-WIN	Добавление внешнего твердотельного накопителя с ОС Windows 10
Добавление обновления встроенной операционной системы с твердотельного накопителя (SSD)	SUP5B-LNX	Добавление внешнего твердотельного накопителя со встроенной ОС



## Расширение полосы пропускания после покупки прибора

### Возможности последующего расширения полосы пропускания

Аналоговую полосу пропускания прибора можно в любой момент расширить после покупки осциллографа. Выбор опции расширения полосы пропускания зависит от следующих параметров: требуемое число входов FlexChannel, текущая и требуемая полоса пропускания.

Расширить полосу пропускания до 1 ГГц можно в полевых условиях, установив лицензию на программное обеспечение и новую метку на передней панели. Для расширения полосы пропускания до 2 ГГц необходима установка ПО и калибровка в авторизованном сервисном центре Tektronix.

Кроме того, в опции обновления полосы пропускания от 350 МГц или 500 МГц до 1 ГГц или 2 ГГц включено предоставление пассивных пробников TRP1000 с полосой 1 ГГц (по одному на каждый канал прибора).

Модель осциллографа, имеющегося в собственности	Расширение полосы пропускания	Опция обновления	Описание опции обновления
MSO54B	SUP5B-BW4	5B-BW3T5-4	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 350 МГц до 500 МГц для модели с (4) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW4	5B-BW3T10-4	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 350 МГц до 1 ГГц для модели с (4) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW4	5B-BW5T10-4	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 500 МГц до 1 ГГц для модели с (4) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW10T204		Расширение полосы пропускания; с 1 ГГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (4) каналами FlexChannel
	SUP5B-BW3T204		Расширение полосы пропускания; с 350 МГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (4) каналами FlexChannel
	SUP5B-BW5T204		Расширение полосы пропускания; с 500 МГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (4) каналами FlexChannel
Продолжение таблицы...			

Модель осциллографа, имеющегося в собственности	Расширение полосы пропускания	Опция обновления	Описание опции обновления
MSO56B	SUP5B-BW6	5B-BW3T5-6	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 350 МГц до 500 МГц для модели с (6) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5-BW6	5B-BW3T10-6	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 350 МГц до 1 ГГц для модели с (6) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW6	5B-BW5T10-6	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 500 МГц до 1 ГГц для модели с (6) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW10T206		Расширение полосы пропускания; с 1 ГГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (6) каналами FlexChannel
	SUP5B-BW3T206		Расширение полосы пропускания; с 350 МГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (6) каналами FlexChannel
	SUP5B-BW5T206		Расширение полосы пропускания; с 500 МГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (6) каналами FlexChannel
Продолжение таблицы...			

Модель осциллографа, имеющегося в собственности	Расширение полосы пропускания	Опция обновления	Описание опции обновления
MSO58B	SUP5B-BW8	5B-BW3T5-8	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 350 МГц до 500 МГц для модели с (8) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW8	5B-BW3T10-8	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 350 МГц до 1 ГГц для модели с (8) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW8	5B-BW5T10-8	Лицензия; расширение полосы пропускания для MSO Серии 5B; расширение полосы пропускания с 500 МГц до 1 ГГц для модели с (8) каналами FlexChannel; узел заблокирован
	SUP5B-BW10T208		Расширение полосы пропускания; с 1 ГГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (8) каналами FlexChannel
	SUP5B-BW3T208		Расширение полосы пропускания; с 350 МГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (8) каналами FlexChannel
	SUP5B-BW5T208		Расширение полосы пропускания; с 500 МГц до 2 ГГц для осциллографов Серии 5B с (8) каналами FlexChannel



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

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

Оцениваемая сфера товарного производства: планирование, разработка и производство электронных контрольно-измерительных приборов.

Юго-Восточная Азия/Австралия (65) 6356 3900

Бельгия 00800 2255 4835\*  
Страны Центральной и Восточной Европы и Прибалтики  
+41 52 675 3777  
Финляндия +41 52 675 3777  
Гонконг 400 820 5835  
Япония 81 (120) 441 046

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  
Страны Центральной Европы и 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 и СНГ +7 (495) 6647564  
Швеция 00800 2255 4835\*  
Великобритания и 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, страны Центральной, Южной Америки и Карибского  
бассейна 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 по номеру: +41 52 675 3777

**Дополнительная информация.** Компания Tektronix располагает обширным и постоянно расширяющимся набором руководств по применению, технических описаний и других ресурсов в помощь инженерам, работающим над передовыми технологиями. Посетите сайт [www.tek.com](http://www.tek.com).

Авторское право: © Tektronix, Inc. Все права защищены. Приборы 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 ТЕК являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc. Все другие торговые марки являются знаками обслуживания, товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих компаний.

3 Mar 2022 48U-73851-0  
[www.tek.com](http://www.tek.com)

**Tektronix**®