

# R&S®RTO

## Цифровые запоминающие осциллографы

### Вершина искусства



# R&S®RTO

## Цифровые запоминающие осциллографы

### Краткий обзор

Осциллографы R&S®RTO сочетают превосходное качество отображения сигнала, высокую скорость сбора данных и первую в мире цифровую систему синхронизации в реальном времени с компактной конструкцией прибора, в классе устройств с полосой пропускания 1 ГГц и 2 ГГц. Приборы предлагают аппаратно реализованные функции измерений и анализа, а также современный интерфейс пользователя, что делает работу с этими приборами действительно удобной.

Обладая скоростью сбора данных, равной одному миллиону осциллограмм в секунду – самой высокой скоростью у представленных на рынке приборов – осциллографы R&S®RTO позволяют быстро найти аномалии сигнала. Они даже регистрируют и анализируют редкие детали сигнала, которые до настоящего времени часто проходили незамеченными. Первая в мире цифровая система синхронизации в режиме реального времени точно привязывает момент запуска к измеряемому сигналу. Таким образом, осциллографы не только позволяют с высочайшей надежностью обнаружить ошибки, но также точно определить их положение.

Когда измеряемые сигналы находятся в милливольтовом диапазоне, чувствительность осциллографа имеет большое значение. Малошумящий входной усилитель и аналогово-цифровой преобразователь с великолепным динамическим диапазоном, превышающим семь эффективных бит, вносят в измеряемый сигнал только самый минимальный шум. Кроме того, активные пробники, обладающие малым собственным шумом, широким динамическим диапазоном и низким дрейфом напряжения смещения, обеспечивают сохранение этого высокого уровня чувствительности и точности вплоть до тестируемой точки.

Несмотря на широкое разнообразие измерительных и аналитических функций, эти осциллографы просты и интуитивно понятны в работе. Простые структуры меню и диаграммы тракта прохождения сигнала упрощают навигацию. Прозрачные меню управления не скрывают осциллограмм измерений, а пиктограммы сигналов с предварительным просмотром в режиме реального времени ясно показывают, что происходит в текущий момент.



# R&S®RTO

## Цифровые запоминающие осциллографы

## Преимущества и ключевые особенности

Модели		
Базовый модуль	Полоса пропускания	Каналы
R&S®RTO1024	2 ГГц	4
R&S®RTO1022	2 ГГц	2
R&S®RTO1014	1 ГГц	4
R&S®RTO1012	1 ГГц	2

### Быстрое обнаружение аномалий сигнала

- Один миллион сигналов в секунду: не нужно гадать во время поиска неисправностей
  - Высокие скорости сбора данных без ограничения функциональных возможностей
  - Быстрый анализ ошибок с функцией просмотра истории
- ▷ стр. 4

### Аппаратное ускорение анализа

- Высокая скорость измерений, даже для сложных функций анализа
  - Спектральный анализ на основе БПФ: эффективный и удобный
  - Испытания на соответствие маске: быстрая настройка, надежные результаты
  - Глубокий анализ сигнала с одновременным выводом на экран до трех осциллограмм сигнала, обработанных различными детекторами и с различными арифметическими операциями
- ▷ стр. 6

### Высокоточная цифровая система синхронизации

- Точные измерения благодаря малому джиттеру синхронизации
  - Высокая чувствительность запуска во всей полосе частот
  - Регулируемый цифровой фильтр сигнала синхронизации
  - Нет пропуска событий запуска, которые могут случиться в скоростных последовательностях
  - Запуск на основе математической комбинации входных сигналов
- ▷ стр. 8

### Новый уровень удобства работы

- Четкая структура меню позволяет быстро начать работу
  - Цветная маркировка органов управления, понятная для пользователя
  - Пиктограммы сигналов с функцией перетаскивания drag & drop
  - Благодаря полупрозрачным диалоговым окнам измеряемые сигналы всегда полностью видимы
- ▷ стр. 10

### Убедительная точность

- Точные измерения благодаря очень низкому собственному шуму
  - Широкий динамический диапазон благодаря одноядерному аналогово-цифровому преобразователю
  - Полная ширина полосы пропускания измерений, даже для коэффициентов отклонения  $\leq 10$  мВ/дел
  - Малые погрешности коэффициента усиления и смещения, независимые от температуры
  - Надежная межканальная развязка предотвращает перекрестные помехи
- ▷ стр. 12

### Синхронизация и декодирование протоколов последовательной передачи данных

▷ стр. 14

### Высококачественные пробники с разнообразными принадлежностями

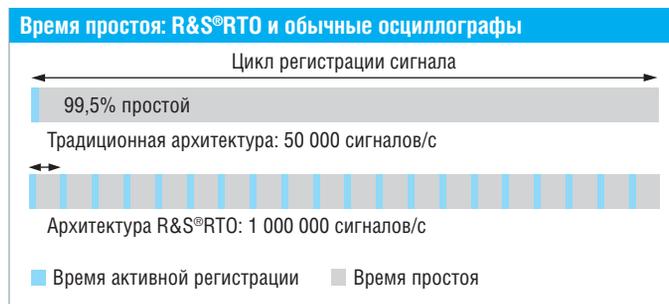
- Высокая точность отображения сигнала благодаря превосходным характеристикам
  - Микропереключатель обеспечивает удобное управление прибором
  - R&S®ProbeMeter: встроенный вольтметр для точных измерений постоянного напряжения
- ▷ стр. 16

# Быстрое обнаружение аномалий сигнала

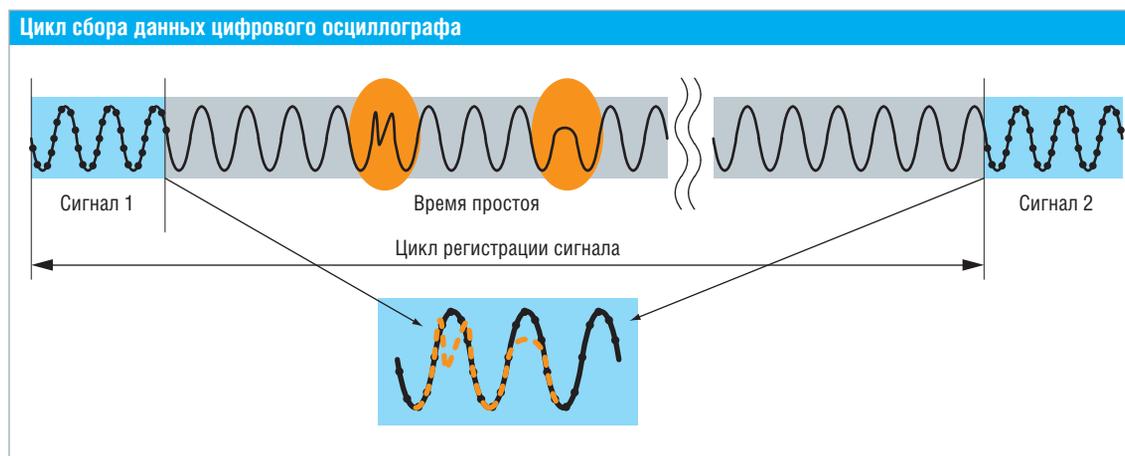
Осциллографы R&S®RTO непрерывно регистрируют и анализируют сигналы со скоростью до одного миллиона раз в секунду. Эта способность уникальна для цифровых осциллографов и помогает быстро находить редкие ошибки в сигнале.

## Традиционные цифровые осциллографы: долгое время простоя с серьезными последствиями

Цифровой осциллограф регистрирует сигналы в два этапа. Сначала он делает выборку измеряемого сигнала за определенный период времени и сохраняет отсчеты. На втором этапе прибор обрабатывает эти отсчеты и отображает осциллограмму. В это время осциллограф просто «не видит» измеряемый сигнал. Когда традиционные цифровые осциллографы работают с максимальной частотой дискретизации, время простоя превышает 99,5% всего времени сбора данных. В результате измерения составляют менее 0,5% времени. Это ведет к серьезным последствиям: ошибки сигнала, возникающие во время простоя остаются невидимыми пользователю, и, чем реже они возникают, тем с меньшей вероятностью они будут обнаружены.



Благодаря исключительно короткому времени простоя, осциллографы R&S®RTO регистрируют измеряемый сигнал более чем в 20 раз чаще.



Цифровой осциллограф не способен зарегистрировать ошибки сигнала, возникающие во время простоя.

**Среднее время измерений, необходимое для отображения ошибки сигнала (как функция частоты ошибок и скорости сбора данных)**

Частота ошибок	Скорость сбора данных [сигналов/с]			
	100	10000	100 000	1000 000
100/с	1 ч : 55 мин : 08 с	1 мин : 09 с	6,9 с	0,7 с
10/с	19 ч : 11 мин : 17 с	11 мин : 31 с	1 мин : 09 с	6,9 с
1/с	7 дней : 23 ч : 52 мин : 55 с	1 ч : 55 мин : 08 с	11 мин : 31 с	1 мин : 09 с
0,1/с	79 дней : 22 ч : 49 мин : 15 с	19 ч : 11 мин : 17 с	1 ч : 55 мин : 08 с	11 мин : 31 с

10 ГГц; длина записи 1000 отсчетов; 10 нс/л; вероятность обнаружения ошибки 99,9%.

Благодаря высокой скорости регистрации, составляющей один миллион сигналов в секунду, осциллографы R&S®RTO значительно быстрее находят ошибки.

### Один миллион сигналов в секунду: ошибки обнаруживаются, о них не надо догадываться

По сравнению с обычными осциллографами, время простоя осциллографов R&S®RTO до двадцати раз меньше. Это обеспечивает центральный элемент прибора – специально разработанная для интенсивной параллельной обработки ИС. Эта ИС за исключительно короткий период времени обрабатывает входной сигнал и подготавливает его для быстрого отображения на экране. Поэтому осциллографы R&S®RTO способны регистрировать, анализировать и отображать до одного миллиона сигналов в секунду. Благодаря высокой скорости сбора данных, эти приборы находят ошибки значительно быстрее и надежнее, чем уменьшают время, необходимое для отладки.

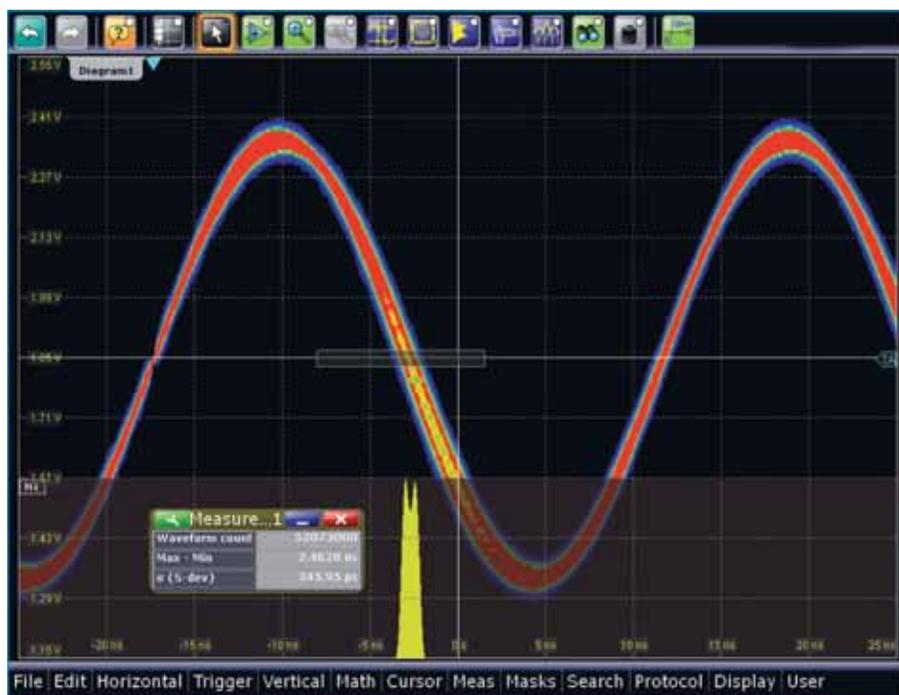
### Высокие скорости сбора данных без ограничения функциональных возможностей

Отладку с помощью цифровых осциллографов часто начинают в режиме послесвечения, для того чтобы выявить случайные отклонения наложенных осциллограмм. В некоторых обычных осциллографах используется специальный режим сбора данных, в котором снижается время простоя и ограничиваются возможности обработки и анализа сигнала. В осциллографах Rohde & Schwarz не используются компромиссы такого рода. Они быстро собирают и обрабатывают данные, и всегда сохраняют полную функциональность.

### Быстрый анализ ошибок с функцией просмотра истории

Каков источник этого импульса помехи на сигнале? Что является причиной потери бита данных? Во многих случаях нельзя выяснить действительную причину ошибки, не просмотрев историю последовательности сигналов.

Осциллографы R&S®RTO всегда обеспечивают доступ к ранее сохраненным сигналам. Независимо от функции, на которой было остановлено измерение, сохраненные в памяти данные измерений немедленно доступны для анализа. Кроме того, временная метка на осциллограмме позволяет четко определить, когда имело место данное событие. В зависимости от опции памяти, пользователю доступны обширные данные для эффективной отладки.



Осциллографы R&S®RTO являются первыми приборами, которые обеспечивают высокую скорость сбора данных, не ограничивая при этом настройки прибора и имеющиеся функции анализа. Этот пример показывает быстрое измерение гистограммы на сигнале в режиме послесвечения.

# Аппаратное ускорение анализа

Специализированная микросхема в осциллографах R&S®RTO обрабатывает информацию по 20 параллельным каналам, что обеспечивает высокую скорость сбора данных даже при сложном анализе сигналов. Результаты измерений доступны быстро и основаны на большом количестве осциллограмм, что обеспечивает статистически значимую информацию.

## Высокая скорость измерений, даже для сложных функций анализа

Стандартные функции, такие как математические операции, испытания на соответствие маске, построение гистограмм, отображение спектра или автоматические измерения, требуют дополнительного времени для расчетов. Если эти функции реализованы программным образом, время простоя значительно возрастает. Кроме того, осциллограф медленно реагирует на изменения настроек и требует много времени для того, чтобы предоставить окончательные результаты измерений. Пользователям осциллографов R&S®RTO не приходится мириться с такого рода ограничениями, поскольку многие аналитические функции осциллографа вновь реализованы программно:

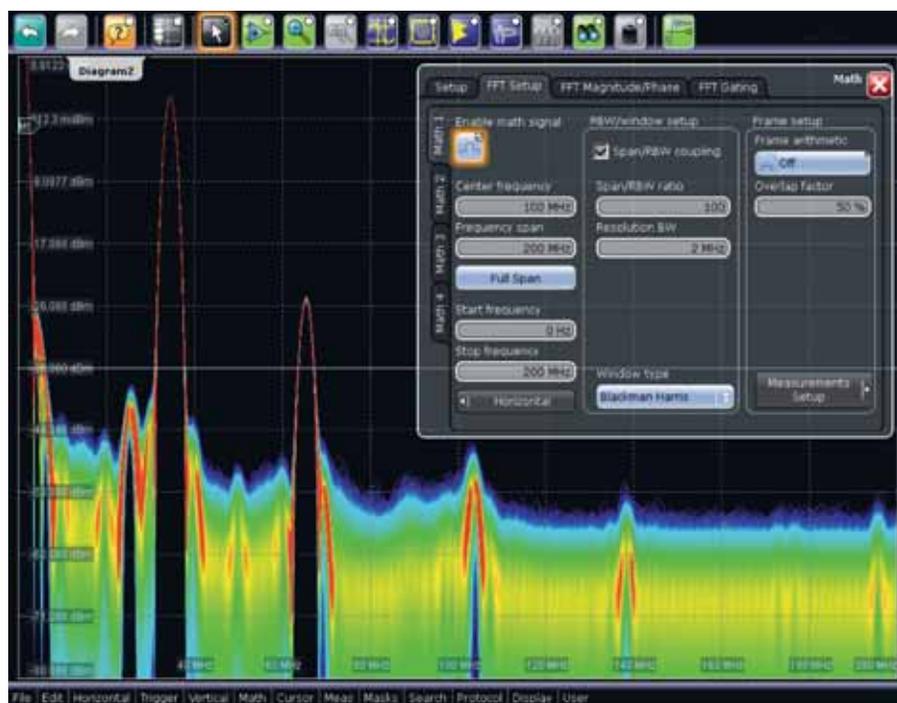
- Построение гистограмм
- Отображение спектра
- Испытания на соответствие маске
- Измерения на основе положения курсора
- Функции автоматического измерения амплитуды и длительности
- Некоторые математические операции

Процессы вычисления идут параллельно, это впервые обеспечивает высокие скорости сбора данных, даже если задействованы функции анализа.

## Спектральный анализ на основе БПФ: эффективный и удобный

Многолетний опыт компании Rohde&Schwarz в разработке анализаторов спектра позволил улучшить отображение спектра осциллографами R&S®RTO. Функция БПФ работает намного быстрее, чем у других представленных на рынке осциллографов. Это достигается благодаря аппаратному ускорению быстрого преобразования Фурье и предварительному преобразованию частоты в базовую полосу частот. Высокая скорость сбора данных передает на экране впечатление спектра, снимаемого в режиме реального времени. Режим послесвечения позволяет легко сделать видимыми быстрые изменения сигнала, случайные сигналы помехи или слабые наложенные сигналы.

Малощумящие входные усилители и аналогово-цифровой преобразователь с высоким эффективным числом бит (> 7) обеспечивают осциллографу великолепный динамический диапазон, который позволяет обнаружить даже слабые сигналы помехи.



Макс. скорость сбора данных в зависимости от функции анализа

Функция анализа	Максимальная скорость сбора
Нет	> 1 000 000
Гистограмма	> 1 000 000
Испытания на соответствие маске	> 600 000
Курсорные измерения	> 1 000 000

Функция БПФ осциллографов R&S®RTO обеспечивает впечатляющую точность, скорость, функциональность и простоту использования.

Возможность перекрытия БПФ означает, что осциллографы R&S®RTO также способны правильно отображать прерывистые сигналы, например, помехи импульсного типа. Особенно при работе в режиме послесвечения, пользователи могут видеть, что действительно происходит в измеряемом сигнале.

Как и для анализаторов спектра, работа основывается на вводе центральной частоты, полосы измерений и ширины полосы разрешения. Цифровое обозначение сетки особенно удобно. С помощью осциллографов R&S®RTO также могут быть выполнены измерения, которые в противном случае выполняются с помощью анализатора спектра, например, измерения суммарных гармонических искажений (THD) или спектральной плотности мощности (PSD).

### Испытания на соответствие маске: быстрая настройка, надежные результаты

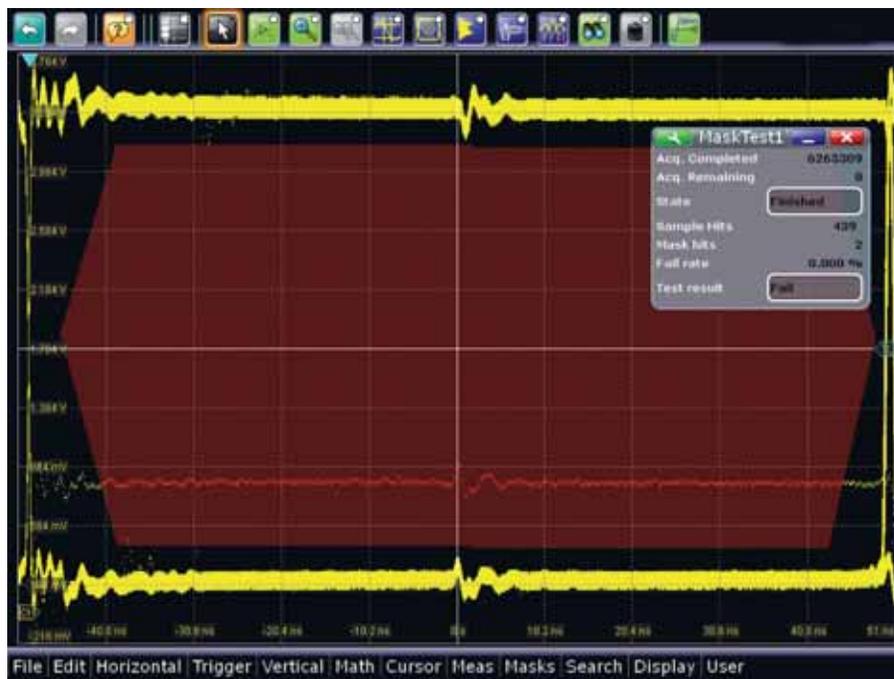
Как правило, испытания на соответствие маске требуют много времени, поскольку для получения окончательных результатов требуется большое количество осциллограмм. Благодаря аппаратной реализации функции испытаний на соответствие маске, скорость сбора данных осциллографов R&S®RTO остается очень высокой, и нарушения маски обнаруживаются быстро и надежно.

С целью подробного анализа ошибки, при возникновении нарушения маски измерения могут быть остановлены. Функция просмотра истории делает возможным просмотр предыдущих сигналов различных каналов. Несмотря на большую гибкость, с помощью осциллографов R&S®RTO определение масок выполняется легко. Чтобы быстро начать измерения, пользователи могут создать непосредственно на экране до 16 сегментов маски. Положение точек маски можно оптимизировать позднее, в диалоговом окне испытаний по маске.

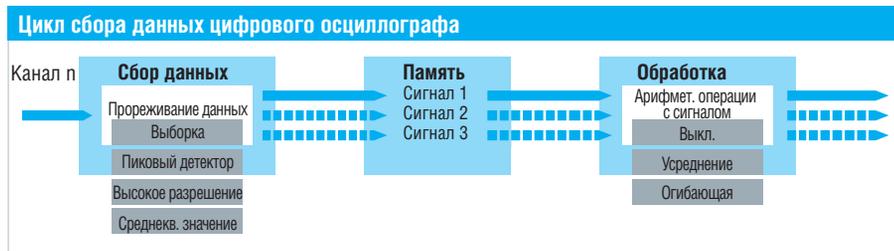
### Глубокий анализ сигнала с одновременным выводом на экран до трех осциллограмм сигнала, обработанных различными детекторами и с различными арифметическими операциями.

Различные способы уменьшения числа отсчетов, например, выборка, пиковое детектирование, высокое разрешение или среднеквадратичное значение, а также арифметические операции над сигналами, такие как огибающая и усреднение, служат важными инструментами анализа сигнала и отладки. Осциллографы R&S®RTO впервые позволяют одновременно различными способами отображать до трех осциллограмм на канал. Имеется возможность произвольным образом сочетать тип детектора и арифметических операций над сигналами.

Это дает возможность пользователю для эффективного выполнения отладки непосредственно сравнить точки первоначальной выборки, например, с усредненным сигналом и огибающей.



Осциллографы R&S®RTO позволяют с высокой скоростью проводить испытания на соответствие маске: В течение десяти секунд регистрируются, анализируются и отображаются более шести миллионов сигналов.



Впервые осциллографы R&S®RTO позволяют пользователю настраивать прореживание данных, арифметические операции с сигналами и одновременно отображать до трех сигналов.

# Высокоточная цифровая система синхронизации

Благодаря использованию обработки сигналов на аппаратной основе, применяемая в осциллографах R&S®RTO цифровая система запуска впервые работает в режиме реального времени. Это увеличивает чувствительность системы синхронизации, уменьшает джиттер запуска и обеспечивает новые функции, такие как гибкая настройка фильтра или запуск на основе математической комбинации входных сигналов.

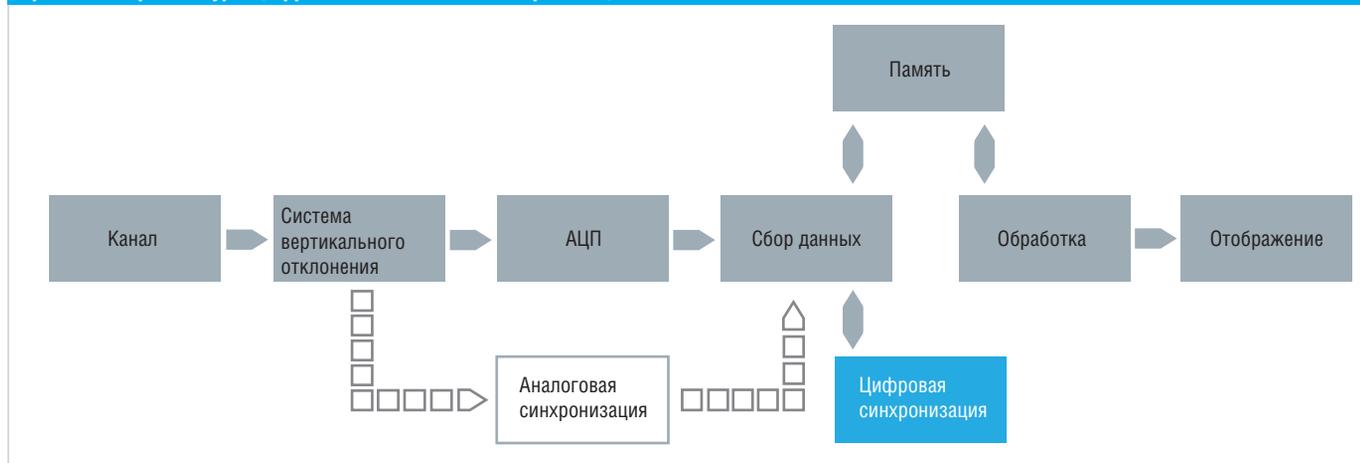
## Точные измерения благодаря малому джиттеру синхронизации

В обычных осциллографах используется архитектура аналоговой синхронизации. Они разделяют аналоговый измеряемый сигнал во входных каскадах и обрабатывают его отдельно в трактах синхронизации и регистрации. Однако эти различные тракты прохождения сигнала вызывают сдвиги по амплитуде и по времени. Это приводит к неточностям измерений, которые невозможно полностью исправить последующей обработкой.

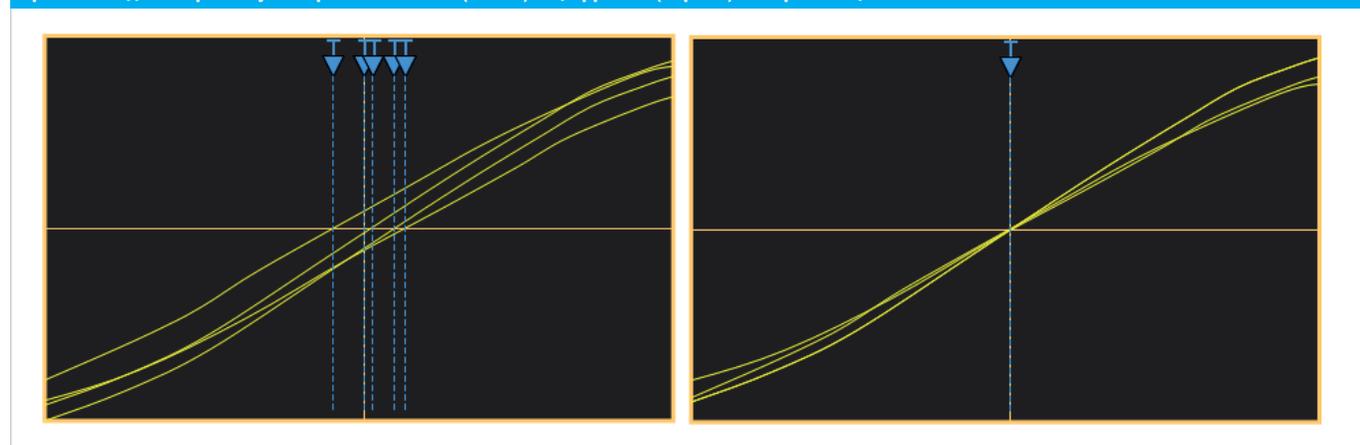
Осциллографы Rohde & Schwarz устраняют такие погрешности, поскольку измеряемый сигнал и сигнал синхронизации проходят по одному и тому же тракту. Прибор определяет, удовлетворено ли условие запуска посредством непосредственного анализа оцифрованного сигнала. Это позволяет снизить джиттер синхронизации до очень низких уровней и открывает новые возможности для определения условий запуска.

При использовании опционального термостатированного кварцевого генератора временная стабильность может быть улучшена для регистрации большого объема информации и сбора данных с большим смещением синхронизации.

## Сравнение архитектуры цифровой и аналоговой синхронизации



## Сравнение джиттера запуска при аналоговой (слева) и цифровой (справа) синхронизации



### Высокая чувствительность запуска во всей полосе частот

Цифровая синхронизация позволяет осуществлять проверку каждого регистрируемого отсчета на основе определения сигнала синхронизации. Поэтому осциллографы R&S®RTO способны запускаться даже от сигналов с самой маленькой амплитудой. Для того чтобы обеспечить стабильную синхронизацию независимо от уровня шума сигнала, пользователь может задать гистерезис системы синхронизации осциллографов. Благодаря малошумящим входным усилителям, осциллографы могут запускаться от сигналов с чувствительностью по вертикали лучше, чем 10 мВ/дел во всей ширине полосы частот измерений.

### Регулируемый цифровой фильтр сигнала синхронизации

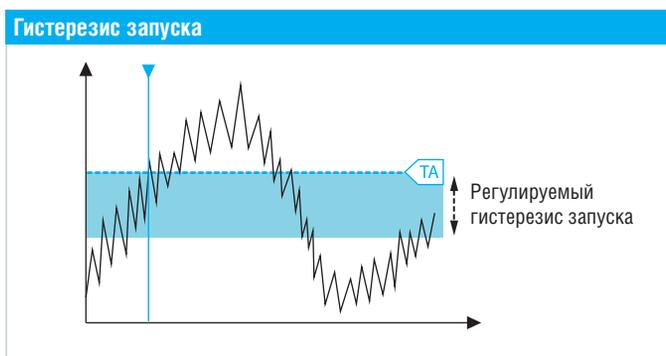
Архитектура цифровой синхронизации, используемая в осциллографах R&S®RTO, позволяет настроить частоту среза цифрового фильтра низких частот в соответствии с измеряемым сигналом. Одни и те же настройки фильтра могут быть использованы как для сигнала синхронизации, так и для измеряемого сигнала. Таким образом, РЧ шум сигнала синхронизации может быть подавлен, например, с одновременной регистрацией и отображением нефильтрованного измеряемого сигнала.

### Нет пропуска событий запуска, которые могут случиться в скоростных последовательностях

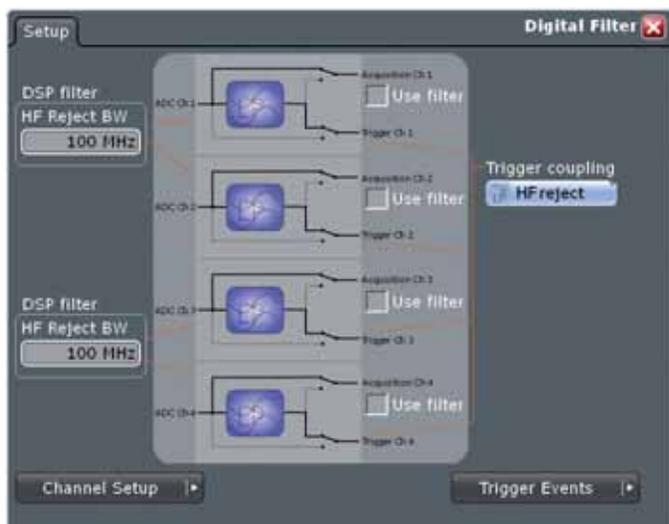
Аналоговым системам синхронизации после срабатывания запуска требуется определенное время, прежде чем они будут снова способны выполнить запуск. В это время подготовки осциллограф просто не реагирует на события синхронизации. Цифровая система синхронизации осциллографов Rohde & Schwarz не содержит механизма подготовки, поэтому надежно реагирует на события запуска, которые происходят в быстрой последовательности.

### Запуск на основе математической комбинации входных сигналов

В осциллографах R&S®RTO впервые основные математические операции, такие как сложение, вычитание и инверсия, могут быть применены к входным сигналам, которые служат в качестве источника синхронизации. Это позволяет, например, осуществлять запуск от дифференциального сигнала, который регистрируется двумя несимметричными пробниками.



Гистерезис цифровой системы синхронизации может быть установлен вручную или автоматически в пределах от 0,1 деления до 5 делений.



Настройка фильтра для измеряемого сигнала и сигнала запуска: может быть задана частота среза цифрового фильтра нижних частот, этот фильтр может быть применен к измеряемому сигналу, сигналу синхронизации или к ним обоим.

# Новый уровень удобства работы

Осциллографы R&S®RTO объединяют общепринятые концепции с новыми возможностями и превращают пожелания пользователя в реальность: просто распакуйте прибор, включите его и приступайте к работе.

## Четкая структура меню позволяет быстро начать работу

Различные инструменты для управления прибором помогают пользователю быстро, не отвлекаясь на поиск, применять различные функции:

- Все настройки производятся не более чем двумя щелчками мыши при помощи четко структурированных меню, расположенных у нижнего края экрана
- Диаграммы прохождения сигнала в диалоговых окнах визуализируют обработку сигнала, ссылки ведут непосредственно к логически соответствующим настройкам.
- Панель инструментов у верхнего края экрана обеспечивает быстрый доступ к часто используемым функциям, например, масштабированию, пошаговой отмене/повтору, построению гистограммы, БПФ или корзине

## Органы управления осциллографов R&S®RTM

Панель инструментов для быстрого доступа к часто используемым функциям

Ясное цифровое обозначение сетки облегчает считывание измеренных значений

Фирменная функция SmartGrid компании Rohde&Schwarz позволяет быстро расположить осциллограммы сигналов

Ручка для настройки уровня прозрачности диалоговых окон или яркости осциллограмм

Строка меню у нижнего края экрана — видима даже во время работы с сенсорным экраном

Порты USB для мыши, клавиатуры, обмена данными, протоколирования или обновления микропрограммного обеспечения

В зависимости от предпочтений пользователя, осциллографы R&S RTO могут управляться при помощи кнопок, мыши или сенсорного экрана. При просмотре нескольких диаграмм, фирменная функция SmartGrid компании Rohde & Schwarz помогает пользователю оптимально разделить пространство экрана.



### Цветная маркировка органов управления, понятная для пользователя

Органы управления системой вертикального управления и системой синхронизации имеют цветовую маркировку. Многоцветные светодиодные индикаторы, расположенные вокруг ручек вертикального размещения и масштабирования обозначают выбранный канал соответствующим цветом. Цветная маркировка соответствует отображению сигнала и окнам вывода результатов на экране. Ясное расположение обеспечивает ритмичную работу, даже при выполнении сложных измерительных задач.

### Пиктограммы сигналов с функцией перетаскивания drag & drop

При работе с несколькими сигналами экран быстро загромождается. Только не при работе с осциллографами Rohde & Schwarz: они в режиме реального времени отображают осциллограммы сигналов и результаты измерений в виде пиктограмм, расположенных у края экрана.

Для отображения соответствующей полноразмерной осциллограммы эти пиктограммы можно перетащить в главное окно. Если необходимо задействовать несколько диаграмм, фирменная функция Smart-Grid компании Rohde & Schwarz поможет пользователю сохранить порядок на экране.

### Благодаря полупрозрачным диалоговым окнам измеряемые сигналы всегда полностью видимы

Полупрозрачные диалоговые окна служат элегантным способом избежать разделения экрана. На осциллографах R&S®RTO осциллограммы измерений всегда сохраняют первоначальный размер. Уровень прозрачности может быть задан кнопкой интенсивности. Кроме того, пользователь может масштабировать диалоговые окна и размещать их в любом месте экрана.



Прямой доступ к часто используемым функциям анализа

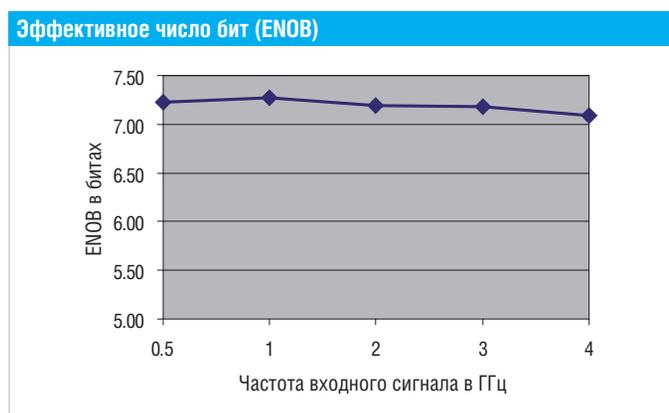
Пиктограммы сигналов с предварительным просмотром в режиме реального времени или обозначением сигнала

Многоуровневая функция пошаговой отмены/повтора позволяет быстро восстановить предыдущие настройки

Органы управления с цветной маркировкой указывают выбранный канал

# Гарантированная ТОЧНОСТЬ

Многолетний опыт компании Rohde & Schwarz в разработке сложного контрольно-измерительного оборудования оказал свое влияние на конструкцию аналоговых входных каскадов осциллографов R&S®RTO. Благодаря этому удалось создать семейство осциллографов с высочайшим в своем классе уровнем точности.



Неизменно высокое эффективное число бит (ENOB) цифро-аналоговых преобразователей осциллографов R&S®RTO обеспечивает точное представление деталей сигналов, а также очень широкий динамический диапазон.

## Точные измерения благодаря очень низкому собственному шуму

Точность отображения измеряемого сигнала в значительной степени зависит от ширины полосы пропускания и собственных шумов. Именно поэтому при разработке осциллографов R&S®RTO строго выполнялись самые жесткие конструктивные требования: от использования широкополосных и в то же время BNC-совместимых разъемов до входных каскадов с исключительно низким уровнем шума и аналогово-цифровых преобразователей высокой точности. Эти усилия не прошли даром: собственный шум осциллографов самый низкий для своего класса приборов, он позволяет проводить точные измерения, даже при самой высокой чувствительности вертикального отклонения.

## Широкий динамический диапазон благодаря одноядерному аналогово-цифровому преобразователю

Точность оцифровки сигнала зависит от эффективного числа бит (ENOB) аналогово-цифрового преобразователя. Особенно высокие требования к динамическому диапазону предъявляют малые амплитуды сигналов высокоскоростных цифровых интерфейсов или анализ сигналов в частотной области.

Традиционно в цифровых осциллографах использовались 8-битовые аналогово-цифровые преобразователи. Такие преобразователи состоят из нескольких соединенных медленных конверторов, работающих поочередно. Однако чем больше число объединенных элементов, тем больше ошибки, возникающие из-за того, что поведение отдельных преобразователей не одинаково.

Не желая идти на такой компромисс, Rohde & Schwarz разработала единый аналогово-цифровой преобразователь с частотой дискретизации до 10 ГГц. Такая одноядерная архитектура интегральной схемы снижает до минимума искажения сигнала и позволяет достичь эффективного числа бит более семи.



Типовой собственный шум осциллографа R&S RTO1024: стандартное с измерением гистограммы. Условия измерений: 50 мВ/дел, разрешение 100 пс, без фильтра.

### Полная полоса пропускания, даже для коэффициентов отклонения $\leq 10$ мВ/дел

Типовые пробники имеют делитель напряжения с отношением 10 : 1, это уменьшает амплитуду сигнала до значения, равного одной десятой напряжения источника. При измерениях такими пробниками низковольтных дифференциальных сигналов (LVDS) амплитудой 350 мВ на вход осциллографа поступает напряжение только 35 мВ. Для оптимального отображения сигнала в этом примере, вертикальный масштаб должен составлять 4 мВ/дел. Для осциллографов R&S®RTO это не является проблемой, поскольку они обладают высокой чувствительностью до 1 мВ/дел. Тем не менее, они обеспечивают высокую точность измерений, поскольку высокие уровни чувствительности осциллографов реализуются не простым использованием масштабирования на программной основе, а применением во входных каскадах переключаемых усилителей. Еще одной отличительной чертой является то, что они обеспечивают измерения с высокой точностью во всей ширине полосы частот измерений, во всех диапазонах напряжений менее 10 мВ/дел.

### Малые ошибки усиления и смещения

Пользователи должны быть уверены в результатах, получаемых с помощью измерительного прибора. Это означает также, что инструмент должен всегда показывать измеряемую величину одинаковым образом при различных настройках амплитуды и сдвига, а также при различных температурах окружающего воздуха. Для осциллографов Rohde & Schwarz это норма, поскольку нули усилителя и аттенюатора входных каскадов этих приборов скомпенсированы очень точно. Более того, сложная система поддержания тепловых режимов обеспечивает высокую температурную стабильность внутри прибора. Это создает великолепные предпосылки для непрерывной работы без раздражающих перерывов, вызванных автоматическими процессами компенсации.

### Надежная межканальная развязка предотвращает перекрестные помехи

В некоторых осциллографах использование дополнительных каналов ухудшает точность измерений в канале. Хорошая межканальная развязка осциллографов R&S®RTO обеспечивает наименьшие возможные помехи на измеряемый сигнал одного канала от сигналов других каналов. Значение  $> 60$  дБ на частоте до 2 ГГц действительно убедительно.



Высококачественная конструкция защитного экрана входных каскадов R&S®RTO обеспечивает надежную развязку между каналами.

# Синхронизация и декодирование протоколов последо- вательной передачи данных

Опции для осциллографов R&S®RTO поддерживают синхронизацию и декодирование протоколов для широко используемых интерфейсов последовательной передачи данных, таких как I<sup>2</sup>C, SPI, UART/RS-232, CAN, LIN и FlexRay. Опции работают на высоких скоростях сбора информации, предлагают широкий набор функций и просты в использовании. Благодаря этому осциллографы R&S®RTO представляют собой великолепные инструменты для проверки и отладки встроенных конструкций.

## Высокая скорость сбора данных обеспечивает быстрое нахождение ошибок

Ошибки данных, передаваемых через последовательные интерфейсы, часто вызываются случайными ошибками сигнала, вызываемыми нарушениями целостности сигнала, возникающими на физическом уровне передачи. Высокая скорость сбора данных служит ключевой предпосылкой для быстрого обнаружения таких ошибок. Осциллографы Rohde & Schwarz идеально подходят для решения таких задач, поскольку они декодируют определяемые протоколом результаты запуска на аппаратном уровне. Вследствие этого сводится к минимуму влияние времени простоя, а ошибки обнаруживаются быстро и надежно, и немедленно отображаются.

## Простая и быстрая настройка конфигурации

Измерения сигнала на последовательном интерфейсе могут быть быстро настроены, а соответствующее меню доступно как с передней панели, так и с сенсорного экрана. Перекрестные ссылки между отдельными диалоговыми окнами делают навигацию удобной и быстрой. Функция поиска эталонных уровней позволяет особенно просто определить уровни переключения для логических сигналов.

Стандарт передачи	Опция для синхронизации	Опция для декодирования
I <sup>2</sup> C	входит в стандартную комплектацию	R&S®RTO-K1
SPI	входит в стандартную комплектацию	R&S®RTO-K1
UART/RS-232		R&S®RTO-K2
CAN		R&S®RTO-K3
LIN		R&S®RTO-K3
FlexRay		R&S®RTO-K4



Высокие скорости сбора данных позволяют быстро находить и отображать ошибки протокола.

### Гибкая синхронизация по протоколам

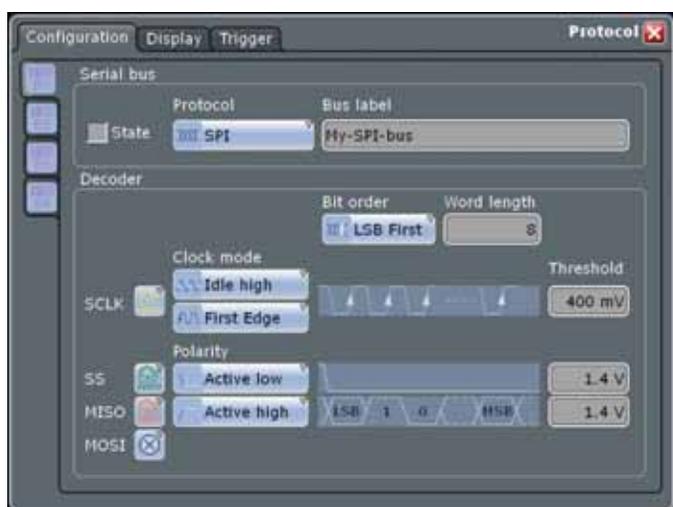
Определение на основе протокола условий запуска очень важно для отслеживания ошибок протокола. Для этой задачи осциллографы R&S®RTO обладают непревзойденной гибкостью, поскольку широкий диапазон условий запуска делает возможным запуск по определенному содержимому протокола, например, адресам или данным, а также по ошибкам протокола.

### Понятное отображение данных

Передаваемые через последовательные интерфейсы данные, в отличие от данных, передаваемых через параллельные интерфейсы, заключены в определяемый протоколом кадр, поэтому пользователям сложно прочитать эти данные непосредственно с экрана. По этой причине при отображении данных протоколов пользователю помогают различные опции декодирования. Например, отдельные области логических сигналов протоколов отмечаются различными цветами, содержание данных и адресных полей может быть отображено в шестнадцатеричном или бинарном формате, а также в формате ASCII. Сигнальные линии могут отображаться индивидуально или группой. Фирменная функция SmartGrid компании Rohde & Schwarz поддерживает размещение результатов относительно аналоговых сигналов. Пакеты данных протоколов также могут отображаться в виде таблицы, формат которой пользователь может настроить по своему усмотрению.

### Интуитивно понятная навигация

Различные инструменты, используемые при анализе протоколов, тесно связаны. Например, при выборе строки в таблице, соответствующие данные также выделяются на изображении осциллограммы. При помощи функции поиска пользователь может быстро найти данные соответствующих протоколов или переместиться между ними.



Конфигурация шин занимает минимум времени.

Frame	State	Frame start	Address type	Address value	Address name	R/W Bit	Ack bit
1	Ok	-223.39 µs	7 Bit	4b		Write	Ack
2	Incomplete	243.48 µs	7 Bit	32		Read	Ack
3	Incomplete	705.72 µs	10 Bit	26c		Write	Ack
4	Ok	1.255...ms	10 Bit	24d		Write	Ack
5	Ok	1.458...ms	10 Bit	295		Read	Ack

Byte	Value	Ack bit
1	18	Ack
2	20	Ack
3	22	Ack

Табличное отображение передаваемых данных.

# Высококачественные пробники с разнообразными принадлежностями

Высококачественные активные пробники Rohde & Schwarz обеспечивают использование максимальной ширины полосы частот осциллографов R&S®RTO. Обладая великолепными характеристиками, эти пробники также надежны и удобны в работе.

Практичная конструкция: микропереключатель обеспечивает удобное управление прибором. Разнообразные наконечники пробников и кабели заземления включены в комплект поставки.



## Семейство пробников R&S®RTO

Активные пробники требуются в тех случаях, когда нагрузка на испытываемое устройство должна быть малой или если измеряемый сигнал содержит высокочастотные компоненты, которые не должны быть искажены. Даже сигналы в килогерцовом диапазоне могут содержать на своих фронтах высокочастотные компоненты намного выше 100 МГц. Rohde & Schwarz предлагает полный ассортимент высококачественных активных пробников.

## Пассивные пробники хорошо подходят для обычных измерений

низкочастотных сигналов с менее строгими требованиями к точности. Пассивный пробник для каждого канала осциллографа входит в стандартную комплектацию прибора.

## Высокая точность отображения сигнала благодаря превосходным характеристикам

Помимо полосы пропускания, очень важными параметрами пробников являются входной импеданс и динамический диапазон. Обладая входным импедансом 1 МОм, активные пробники представляют собой только минимальную нагрузку в рабочей точке источника сигнала. Очень широкий динамический диапазон вертикального отклонения, даже на высоких частотах, предотвращает искажения сигнала, например, 16 В (пик. зн.) на 1 ГГц. Нет необходимости делать раздражающие перерывы измерений для компенсации, поскольку ошибки смещения и коэффициента усиления пробников почти полностью независимы от температуры (например, дрейф нуля < 90 мкВ/°С).

## Удобны в работе – надежны и эргономичны

Какие качества пробника нужны пользователю? Надежное соединение с контролируемой точкой и базовым устройством, механическая прочность, электрическая надежность, а также целесообразная конструкция для удобства эксплуатации. Пробники для осциллографов Rohde & Schwarz обладают именно этими качествами.

## Микропереключатель обеспечивает удобное управление прибором

Такая ситуация очень хорошо знакома: пользователь аккуратно расположил два пробника в испытываемом устройстве и теперь хочет начать измерения, но у него нет третьей руки. Такого не случится при использовании активных пробников Rohde & Schwarz. Пробники снабжены микропереключателем, расположенным на наконечнике пробника. Этой кнопке могут быть назначены различные функции, такие как пуск/стоп, автонастройка или регулировка смещения.



Меню конфигурации микропереключателя.

## R&S®ProbeMeter: встроенный вольтметр для точных измерений постоянного напряжения

Соответствует ли величина подаваемого напряжения? Наложено ли постоянное напряжение? На эти вопросы, возникающие в повседневной работе, дает ответ интегрированный в активные пробники вольтметр (R&S®ProbeMeter). Он всегда показывает постоянную составляющую измеряемого сигнала во всем динамическом диапазоне, независимо от других настроек прибора. По сравнению с каналом обычного осциллографа, R&S®ProbeMeter обеспечивает большую точность измерений постоянного напряжения. В целом, он предоставляет различные преимущества, которые упрощают повседневные испытания и измерения:

- Быстрая проверка подаваемых напряжений и уровней сигнала без изменения настроек осциллографа
- Автоматическая компенсация постоянной составляющей при измерениях переменного напряжения с оптимальным динамическим диапазоном
- Постоянная составляющая измеряемого сигнала часто обеспечивает хорошую точку отсчета для задания уровня запуска



R&S®ProbeMeter: высокая точность измерения постоянного напряжения, независимо от настроек осциллографа и параллельно с другими измерениями в канале.



Пассивный пробник R&S®RTM-ZP10 (500 МГц).



Расширенный набор принадлежностей для активных пробников R&S®RT-ZS10/-ZS30.



Активные пробники R&S®RT-ZS20/-ZS30 (1,5 ГГц/3,0 ГГц)

Пробник	R&S®RT-ZS20	R&S®RT-ZS30	R&S®RT-ZP10
	<b>активный, несимметричный</b>		<b>пассивный, высокоомный</b>
Ширина полосы	1.5 ГГц	3.0 ГГц	500 МГц
Входное сопротивление	1 МОм	1 МОм	10 МОм
Входная емкость	0.8 пФ	0.8 пФ	~10 пФ
Динамический диапазон	±8 В	±8 В	400 В (ср.кв.)

# Основные технические характеристики

Технические характеристики прибора		
<b>Система вертикального отклонения</b>		
Количество каналов	R&S®RTO1012 и R&S®RTO1014	2
	R&S®RTO1022 и R&S®RTO1024	4
Полоса пропускания (на уровне -3 дБ) при 50 Ω	R&S®RTO1012 и R&S®RTO1014	1 ГГц
	R&S®RTO1022 и R&S®RTO1024	2 ГГц
Время нарастания переходной характеристики (расчетное)	R&S®RTO1012 и R&S®RTO1014	300 пс
	R&S®RTO1022 и R&S®RTO1024	175 пс
Входное сопротивление		50 Ом ±1,5 % 1 МОм ±1 % при 15 пФ (расчетное)
Чувствительность	При максимальной полосе пропускания во всех диапазонах	50 Ом: от 1 мВ/дел до 1 В/дел 1 МОм : от 1 мВ/дел до 10 В/дел
Число эффективных бит (ENOB) АЦП	При синусоидальном сигнале с максимальной амплитудой и частотой < -3 дБ относительно полосы пропускания	> 7 бит (расчетное)
<b>Система сбора информации</b>		
Максимальная частота дискретизации (в режиме реального времени)		10 ГГц на канал
Объем памяти	В стандартной конфигурации, на канал при одном активном канале	R&S®RTO1012 и R&S®RTO1022: 20/40 МБ R&S®RTO1014 и R&S®RTO1024: 20/80 МБ
	Максимальная с опцией R&S®RTO-B102, на канал при одном активном канале	R&S®RTO1012 и R&S®RTO1022: 100/200 МБ R&S®RTO1014 и R&S®RTO1024: 100/400 МБ
Максимальная скорость вывода осциллограмм	Непрерывная регистрация и вывод, 10 ГГц, 1000 отсчетов	1 000 000 осциллограмм в секунду
	Режим сегментированной развертки	Время простоя < 200 нс
Типы детекторов	Любое сочетание детекторов и арифметических операций с формой сигнала, до 3 сигналов на канал	Выборка, пиковый детектор, режим высокого разрешения, среднее квадратическое значение
Арифметические операции		Выключены, огибающая, усреднение
Режимы интерполяции		Линейная, Sin(x)/x, ступенчатая
<b>Система горизонтального отклонения</b>		
Диапазон временной развертки		От 25 пс/дел до 50 с/дел
Погрешность временной развертки	После поставки/калибровки	2,5·10 <sup>-6</sup>
	После поставки/калибровки (опция R&S®RTO B4)	2·10 <sup>-8</sup>
Задержка между каналами		±100 нс (в режиме реального времени, переключение между каналами - например, задержка состояние-детектирование)
<b>Система синхронизации</b>		
Режимы синхронизации		по фронту, по импульсу, по длительности, рант, по окну, по тайм-ауту, по интервалу, по крутизне сигнала, Data2Clock, по шаблону, по состоянию, по заданной последовательности, I2C, SPI; опционально: UART/RS-232, LIN, CAN, FlexRay
Чувствительность	Задание гистерезиса системы запуска	Устанавливается автоматически или вручную от 0,1 дел до 5 дел
Мин. обнаруживаемый импульс		100 пс
Связь по входу сигнала запуска		Как в выбранном канале; опционально: подавление ВЧ с частотой среза от 100кГц до 50% от полосы пропускания
<b>Математические операции</b>		
Алгебраические		математические, логические операции, сравнение, частотная область, цифровые фильтры
Операции, оптимизированные на аппаратном уровне		+, -, *, 1/x,  x , производная, log10, ln, log2, масштабирование, конечная импульсная характеристика, амплитуда БПФ
<b>Функции анализа и измерений</b>		
Функции анализа с аппаратным ускорением		спектр, гистограмма, испытания на соответствие маске, курсор
Функции измерения с аппаратным ускорением		амплитудные измерения, временные измерения
<b>Общие характеристики</b>		
Размеры	ширина x высота x глубина	427 мм x 249 мм x 204 мм (16,81 дюйм x 9,8 дюйм x 8,03 дюйм)
Масса	R&S®RTO1024	9,6 кг (21,16 фунт)
Экран		10,4" LC TFT цветной сенсорный экран, 1024 x 768 пикселей (XGA)
Возможности подключения		1 Гбит/с LAN, 4 x USB 2.0, GPIB (опционально), DVI для внешнего монитора, внешняя синхронизация

# Информация для заказа

Наименование	Тип	Код заказа
Базовый блок (включая стандартные аксессуары: пассивный пробник 500МГц (10:1) на каждый канал, сумка для аксессуаров, краткое руководство (англ.), CD с руководством (англ.), шнур питания)		
Цифровой осциллограф	1.5 ГГц	3.0 ГГц
Полоса пропускания 1 ГГц, частота дискретизации 10 ГГц, объем памяти 20/40 МБ, 2 канала	R&S®RTO1012	1304.6002.12
Полоса пропускания 1 ГГц, частота дискретизации 10 ГГц, объем памяти 20/80 МБ, 4 канала	R&S®RTO1014	1304.6002.14
Полоса пропускания 2 ГГц, частота дискретизации 10 ГГц, объем памяти 20/40 МБ, 2 канала	R&S®RTO1022	1304.6002.22
Полоса пропускания 2 ГГц, частота дискретизации 10 ГГц, объем памяти 20/80 МБ, 4 канала	R&S®RTO1024	1304.6002.24
Аппаратные опции (дополнительные блоки)		
Термостатированный опорный кварцевый генератор 10 МГц	R&S®RTO-B4	1304.8305.02
GPIO интерфейс	R&S®RTO-B10	1304.8311.02
Съемный жесткий диск	R&S®RTO-B19	1304.8328.02
Увеличение памяти до 50 миллионов отсчетов на канал	R&S®RTO-B101	1304.8411.02
Увеличение памяти до 100 миллионов отсчетов на канал	R&S®RTO-B102	1304.8428.02
Программные опции		
Декодирование последовательных шин I <sup>2</sup> C/SPI	R&S®RTO-K1	1304.8511.02
Декодирование UART/RS-232	R&S®RTO-K2	1304.8528.02
Декодирование CAN/LIN и синхронизация по ним	R&S®RTO-K3	1304.8534.02
Пробники		
500 МГц, пассивный, 10 : 1, 10 МОм, 9,5 пФ, макс. 400 В	R&S®RT-ZP10	1409.7550.00
1,5 ГГц, активный, 1 МОм, 0,8 пФ, наконечники, микрокнопка	R&S®RT-ZS20	1410.3502.02
3,0 ГГц, активный, 1 МОм, 0,8 пФ, наконечники, микрокнопка	R&S®RT-ZS30	1410.4309.02
Принадлежности для пробников		
Набор принадлежностей для пассивного пробника R&S®RT-ZP10 (2,5 мм наконечник)	R&S®RT-ZA1	1409.7566.00
Запасной набор принадлежностей для пробников R&S®RT-ZS20/-ZS30	R&S®RT-ZA2	1416.0405.02
Набор наконечников для R&S®RT-ZS20/-ZS30	R&S®RT-ZA3	1416.0411.02
Миниажим	R&S®RT-ZA4	1416.0428.02
Микроажим	R&S®RT-ZA5	1416.0434.02
Набор кабелей	R&S®RT-ZA6	1416.0440.02
Принадлежности		
Защитная крышка на переднюю панель	R&S®RT-Z1	1304.9101.02
Мягкая сумка для осциллографов R&S®RTO и принадлежностей	R&S®RT-Z3	1304.9118.02
Комплект для монтажа в стойку	R&S®ZZA-RTO	1304.8286.02