

ЗАВЕРЕНО

Главный Бухгалтер Представительства фирмы
"РОДЕ И ШВАРЦ ГМБХ И КО.КГ"

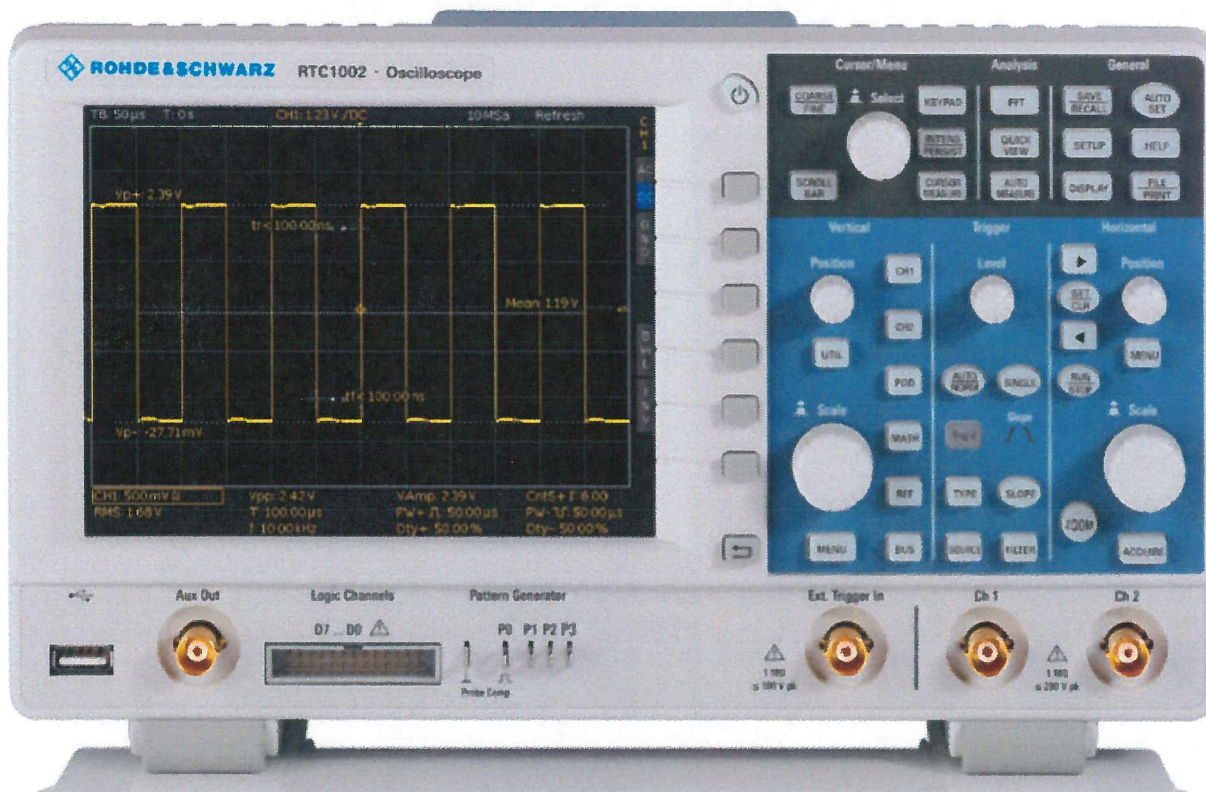
Н.И. Лебедева

« 25 » октября 2017 г.



Осциллографы цифровые запоминающие RTC1002

Руководство по эксплуатации



Представительство фирмы "РОДЕ И ШВАРЦ ГМБХ И КО.КГ"

(Германия) г. Москва

Адрес: Российская Федерация, 115093 г. Москва, Павловская, д.7,
стр.1

Тел.: +7 (495) 981-3560

Москва
2017 г.

В настоящем руководстве описываются осциллографы цифровые запоминающие R&S RTC1002 со следующими опциями:

- B220 - полоса пропускания 70 МГц;
- B221 - полоса пропускания 100 МГц;
- B222 - полоса пропускания 200 МГц;
- B223 - полоса пропускания 300 МГц;
- B1 - поддержка логического пробника;
- B6 - генератор сигналов произвольной формы.
- K1 - функция запуска и декодирования сигналов в соответствии с протоколами I²C, SPI;
- K2 - функция запуска и декодирования сигналов в соответствии с протоколами UART/RS-232/RS-422/RS-485;
- K3 - функция запуска и декодирования сигналов в соответствии с протоколами CAN, LIN.

© 2017 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühlhofstr. 15, 81671 München, Germany

Тел.: +49 89 41 29 - 0

Факс: +49 89 41 29 12 164

E-mail: info@rohde-schwarz.com

Интернет-адрес: www.rohde-schwarz.com

Возможны изменения без уведомления – Данные без допусков не влекут за собой обязательств.

R&S® - зарегистрированная торговая марка фирмы Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG.

Другие коммерческие имена - торговые марки соответствующих владельцев.

В настоящем руководстве названия изделий компании Rohde & Schwarz указываются без символа ®, например, R&S®RTC1002 обозначается как R&S RTC1002.

Содержание

Назначение средства измерений.....	5
Программное обеспечение	5
Метрологические и технические характеристики.....	5
Комплектность средства измерений	6
1 Введение	7
1.1 Техника безопасности	7
1.2 Описание документации	8
2 Начало работы	11
2.1 Подготовка к работе	11
2.2 Общее описание прибора.....	15
3 Основы работы.....	19
3.1 Панель управления	19
3.2 Дисплей	22
3.3 Концепция работы с прибором	23
3.4 Встроенная справка	24
3.5 Отображение сигналов	24
3.6 Общие настройки прибора	28
3.7 Самовыравнивание.....	29
3.8 Обновление встроенного ПО	29
3.9 Опции.....	30
4 Настройки осциллограмм.....	32
4.1 Настройки вертикальной шкалы	32
4.2 Настройки горизонтальной шкалы	36
4.3 Управление сбором данных.....	37
5 Синхронизация (запуск).....	44
5.1 Настройка запуска	44
5.2 Общие настройки запуска.....	45
5.3 Запуск по фронту.....	46
5.4 Запуск по импульсу.....	47
5.5 Логический запуск	49
5.6 Запуск по видеосигналу.....	51
5.7 Выходные синхроимпульсы.....	53
5.8 Вход внешнего запуска	53

6	Анализ	54
6.1	Масштабирование.....	54
6.2	Маркеры.....	55
6.3	XY-диаграмма.....	57
6.4	Математические операции.....	57
6.5	Частотный анализ (БПФ).....	65
6.6	Тестирование по маске.....	68
6.7	Тестирование компонентов.....	70
6.8	Цифровой вольтметр.....	74
7	Измерения	76
7.1	Функция Quick View.....	76
7.2	Курсорные измерения.....	77
7.3	Автоматические измерения.....	80
8	Документирование результатов	86
8.1	Настройки прибора.....	86
8.2	Опорные значения.....	88
8.3	Кривые.....	90
8.4	Снимки экрана.....	92
8.5	Описание клавиши FILE/PRINT.....	95
9	Режим анализа смешанных сигналов (опция R&S RTC-B1)	96
9.1	Логический запуск для цифрового входа.....	96
9.2	Использование логических каналов.....	96
9.3	Отображение логических каналов в виде шины.....	99
9.4	Курсорные измерения для логических каналов.....	100
9.5	Автоматические измерения для логических каналов.....	101
10	Формирование сигналов	102
10.1	Генератор функций.....	102
10.2	Генератор шаблонов.....	103
11	Анализ сигналов последовательных шин	107
11.1	Конфигурирование последовательной шины.....	107
11.2	Таблица данных шины: результаты декодирования.....	109
11.3	Параллельная или параллельная тактируемая шина.....	110
11.4	Шина I ² C.....	112
11.5	Шина SPI / SSPI.....	117
11.6	Шина UART/RS-232.....	122
11.7	Шина CAN.....	128
11.8	Шина LIN.....	133

Назначение средства измерений

Осциллографы цифровые запоминающие RTC1002 предназначены для исследования формы и измерений амплитудных и временных параметров электрических сигналов.

Программное обеспечение

Идентификационные данные программного обеспечения осциллографов цифровых запоминающих RTC1002 приведены в таблице 1.

Программное обеспечение реализовано без выделения метрологически значимой части. Влияние программного обеспечения не приводит к выходу метрологических характеристик осциллографов цифровых запоминающих RTC1002 за пределы допускаемых значений.

Уровень защиты программного обеспечения «низкий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Таблица 1 - Идентификационные данные программного обеспечения (ПО)

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	FW RTC
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Версия 06.020 и выше
Цифровой идентификатор ПО	нет данных

Метрологические и технические характеристики

Основные метрологические и технические характеристики осциллографов цифровых запоминающих RTC1002 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики		Значение
Число каналов		2
Разрядность АЦП, бит		8
Максимальная частота дискретизации на канал, ГГц	на каждый канал	1
	при объединении каналов	2
Объем памяти на канал, Мбайт	на каждый канал	1
	при объединении каналов	2
Полоса пропускания, МГц	штатно	от 0 до 50
	опция B220	от 0 до 70
	опция B221	от 0 до 100
	опция B222 при КО ¹ ≥ 5 мВ/дел	от 0 до 200
	опция B223 при КО ¹ ≥ 5 мВ/дел	от 0 до 300
Время нарастания переходной характеристики, нс, не более	штатно	7
	опция B220	5
	опция B221	3,5
	опция B222	1,75
	опция B223	1,15
Диапазон значений коэффициента развертки, с/дел		от 1·10 ⁻⁹ до 100

Пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора	$\pm 6 \cdot 10^{-5}$	
Диапазон значений коэффициента отклонения, В/дел	от 0,001 до 10	
Пределы допускаемой приведенной погрешности установки коэффициента отклонения, %	$\pm 3,0$	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений постоянного напряжения при установке нулевой линии по центру экрана и режиме усреднения, В	$\pm(\delta KO \cdot U_{изм} + 0,1 \cdot KO + +0,001)$	
Минимальный уровень синхронизации от входов каналов осциллографа, дел, не более	при $KO \geq 5$ мВ/дел	0,8
	при $KO < 5$ мВ/дел	1,5
Источники синхронизации	входы каналов, вход внешнего запуска	
Режимы запуска	автоматический, ждущий, однократный	
Виды запуска	по фронту, по спаду, по фронту и спаду, по длительности импульса	
Входное сопротивление, МОм	$1 \pm 0,02$	
Входная емкость, пФ	14 ± 2	
Примечание: * КО – коэффициент отклонения		

Таблица 3 – Основные технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 или 60 Гц, В	от 100 до 240
Потребляемая мощность, Вт, не более	30
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм, не более	140×285×175
Масса (без опций и аксессуаров), кг, не более	2
Рабочие условия эксплуатации:	
- температура окружающего воздуха, °С	от +5 до +40
- относительная влажность воздуха при температуре 40 °С, %, не более	85
Условия хранения и транспортирования:	
- температура окружающего воздуха, °С	от -20 до +70
- относительная влажность воздуха при температуре 40 °С, %, не более	85
Время прогрева, мин	30
Средняя наработка на отказ, лет	10
Рекомендуемый межкалибровочный интервал, лет	1

Комплектность средства измерений

Таблица 4 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество
Осциллограф цифровой запоминающий	RTC1002	1 шт.
Опции		по отдельному заказу
Кабель питания		1 шт.
Пассивные пробники		по количеству каналов
Руководство по эксплуатации		1 экз.
Методика поверки	ПР-21-2017МП	1 экз.

1 Введение

1.1 Техника безопасности

Осциллограф R&S RTC1002 предназначен для измерений в цепях, которые только косвенно связаны с сетью или не связаны с ней вообще. Он не классифицирован для какой-либо категории измерений.

Прибор предназначен для использования в промышленных зонах. При его использовании в жилых районах радиопомехи, вызванные прибором, могут превышать установленные пределы. Может понадобиться дополнительное экранирование.

Прибором должен управлять только персонал, который ознакомлен с возможными рисками, связанными с измерениями электрических параметров. Чтобы избежать несчастных случаев, следует соблюдать действующие местные и национальные правила и нормы техники безопасности.

Информация о безопасности является частью документации на изделие. Она содержит предупреждения относительно потенциальных опасностей и инструкции по предотвращению травм персонала и повреждений оборудования вследствие опасных ситуаций. Информация о безопасности представлена в следующем виде:

- Основные инструкции по технике безопасности на различных языках в виде отпечатанной брошюры входят в комплект поставки прибора.
- В документации приводятся инструкции по технике безопасности в тех случаях, когда следует проявлять особую осторожность во время установки или эксплуатации.

WARNING

Опасность получения травмы

Чтобы предотвратить поражение электрическим током, пожар, травмы персонала или повреждения оборудования, прибор следует использовать надлежащим образом:

- Не вскрывайте корпус прибора.
- Не используйте прибор при повреждении корпуса, экрана или какой-либо принадлежности. В случае обнаружения повреждения или подозрения на повреждение прибор подлежит обследованию уполномоченным обслуживающим персоналом.
- Не используйте прибор во влажной, сырой или взрывоопасной среде. Перед подключением входов убедитесь в том, что прибор, кабели и разъемы совершенно сухие.
- Не допускайте превышения пределов по напряжению, указанных в [главе 2.2.1.1 "Входные разъемы"](#) на стр. 14.

NOTICE**Опасность повреждения прибора**

Неподходящее место работы или неправильная схема измерений могут привести к повреждению прибора и подключенных устройств. Перед включением прибора обеспечьте следующие условия работы:

- Ознакомьтесь и соблюдайте "Основные инструкции по безопасности" из отдельной брошюры, а также инструкции, содержащиеся в настоящем руководстве.
- Обеспечьте условия эксплуатации, указанные в технических данных. Обратите внимание, что общие инструкции по технике безопасности также содержат сведения относительно условий эксплуатации.
- Разместите прибор в соответствии с рекомендациями из следующих разделов. Убедитесь в том, что все вентиляционные отверстия, включая перфорацию на корпусе прибора, свободны для доступа воздуха. Расстояние до стен должно составлять не менее 10 см.
- На входах прибора уровни сигналов не превышают допустимых значений.
- Выходы сигналов подключены правильно и не перегружены.

NOTICE**Повреждение прибора, вызванное электростатическим разрядом**

Электростатический разряд может привести к повреждению электронных компонентов прибора и испытуемого устройства (ИУ). Электростатический разряд чаще всего возникает при подключении или отключении испытуемого устройства или подключении приспособления для испытания к измерительным портам прибора. Для предотвращения электростатического разряда используйте антистатический браслет и шнур и заземлите свое тело или используйте электропроводящий коврик и пяточный ремень.



На результаты измерений могут оказывать влияние электромагнитные помехи (ЭМП). Для защиты от электромагнитных помех (ЭМП):

- Используйте подходящие высококачественные экранированные кабели. Например, используйте высокочастотные и сетевые кабели с двойным экранированием.
- Всегда согласуйте кабели с разомкнутыми концами.
- Обратите внимание на ЭМС-классификацию в технических данных.

1.2 Описание документации

В данном разделе содержится описание пользовательской документации на прибор R&S RTC1002.

1.2.1 Руководства и справочная система прибора

Руководства доступны на веб-странице изделия:
www.rohde-schwarz.com/manual/RTC1002

Краткое руководство «Первые шаги»

Содержит общие сведения о приборе R&S RTC1002 и описание порядка настройки изделия. Печатная версия на английском языке входит в комплект поставки.

Руководство по эксплуатации

Содержит описание всех режимов и функций прибора. Также приводятся общие сведения о дистанционном управлении, полное описание команд дистанционного управления с примерами программирования и информация о техническом обслуживании и интерфейсах прибора. Включает в себя содержимое краткого руководства.

Интерактивная версия руководства по эксплуатации позволяет немедленно получить доступ к полной версии через сеть Интернет.

Справочная система прибора

Справочная система обеспечивает быстрый контекстно-зависимый доступ к функциональному описанию непосредственно на приборе.

Основные инструкции по безопасности

Содержат инструкции по безопасности, условия эксплуатации и другую важную информацию. Печатная версия документа поставляется вместе с прибором.

Руководство по процедурам обеспечения безопасности прибора

Описывает решение проблем безопасности при работе с R&S RTC1002 в охраняемых зонах.

Руководство по техническому обслуживанию

Содержит описание процедур проверки рабочих характеристик на соответствие номинальным значениям, замены и ремонта модулей, обновления встроенного ПО, поиска и устранения неисправностей, а также содержит механические чертежи и списки запасных деталей. Руководство по техническому обслуживанию доступно для зарегистрированных пользователей в глобальной информационной системе (GLORIS) <https://gloris.rohde-schwarz.com>).

1.2.2 Технические данные и брошюра изделия

Технические данные содержат технические характеристики прибора R&S RTC1002. Также приведены опции с кодами заказа и дополнительные принадлежности. В брошюрах дается общее описание приборов и их конкретных характеристик.

См. www.rohde-schwarz.com/brochure-datasheet/RTC1002

1.2.3 Калибровочный сертификат

Этот документ можно скачать по адресу <https://gloris.rohde-schwarz.com/calcert>. Требуется идентификационный номер устройства, который указан на размещенной на задней панели прибора табличке.

1.2.4 Примечания к выпуску ПО, соглашение об использовании открытого ПО

В примечаниях к выпуску ПО описываются новые функции, усовершенствования, известные проблемы с текущей версией встроенного ПО и описание установки встроенного ПО. В документе "Соглашение об использовании открытого ПО" содержится полный текст лицензии на используемое открытое ПО. Его также можно прочитать непосредственно на самом приборе.

См. www.rohde-schwarz.com/firmware/rtc1000.

2 Начало работы

2.1 Подготовка к работе

2.1.1 Распаковка и проверка прибора

1. Обследуйте упаковку на предмет повреждений.

Если упаковочный материал имеет следы физического воздействия, уведомите об этом транспортную компанию, которая осуществляла доставку прибора.

2. Осторожно распакуйте прибор и принадлежности.
3. Проверьте комплектность оборудования. См. подраздел "[Комплект поставки](#)" на стр. 9.
4. Проверьте оборудование на предмет повреждений.
В случае повреждений или некомплектности оборудования немедленно обратитесь в транспортную компанию и к своему дистрибьютору. В этом случае обеспечьте сохранность ящика и упаковочного материала.



Упаковочный материал

Сохраните оригинальный упаковочный материал. Если впоследствии прибор будет необходимо переслать или перевезти, то этот материал можно использовать для предупреждения повреждения органов управления и разъемов.

Комплект поставки

В комплект поставки входят следующие компоненты:

- Цифровой осциллограф R&S RTC1002
- Пробники R&S RT-ZP03 (2x)
- Кабель питания для конкретной страны
- Печатное руководство "Getting Started" (Краткое руководство по эксплуатации)
- Печатная брошюра "Основные инструкции по безопасности"

2.1.2 Размещение прибора

Прибор предназначен для использования в лабораторных условиях. Он может быть размещен на столе для автономной работы или установлен в монтажную стойку.

При работе в настольном размещении прибор должен устанавливаться на ровную плоскую поверхность. Прибор может использоваться в горизонтальном положении или с выдвинутыми опорными ножками.

Прибор можно установить в 19-дюймовую стойку с помощью соответствующего монтажного комплекта. Номер для заказа данного комплекта приводится в технических данных прибора. Инструкции по монтажу входят в комплект для монтажа в стойку.

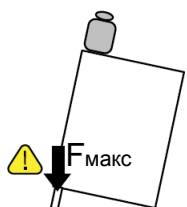
⚠ CAUTION

Опасность получения травмы при разложенных ножках

Ножки могут сложиться при перемещении прибора или неполном их раскладывании.

Это может привести к травмированию персонала или повреждению прибора.

- Чтобы прибор был устойчивым, раскладывать и складывать ножки следует полностью. Ни в коем случае не перемещайте прибор с разложенными ножками.
- Не работайте и ничего не размещайте под прибором с разложенными ножками.
- При слишком большой нагрузке ножки могут сломаться. Полная нагрузка на выдвинутые ножки не должна превышать 200 Н.



NOTICE

Риск повреждения прибора из-за перегрева

Недостаток воздушного охлаждения может вызвать перегрев прибора R&S RTC1002, что может исказить результаты измерения, нарушить работу и даже привести к повреждению прибора.

- Убедитесь, что все вентиляционные отверстия, включая перфорацию на задней панели, свободны для доступа воздуха. Расстояние до стен составляет не менее 10 см.
- Если приборы устанавливаются рядом друг с другом, расстояние между ними должно быть не менее 20 см. Убедитесь в том, что в приборы не поступает предварительно нагретый воздух из соседних устройств.
- При монтаже прибора в стойку соблюдайте инструкции производителя стойки для обеспечения достаточного притока воздуха и избежания перегрева.

2.1.3 Запуск прибора

2.1.3.1 Включение питания

Осциллограф R&S RTC1002 можно использовать при различных напряжениях сети переменного тока, он адаптируется к ним автоматически.

Номинальные диапазоны:

- от 100 до 240 В переменного тока при частоте от 50 до 60 Гц, или от 100 до 120 В при 400 Гц
- макс. 25 Вт

CAUTION

Опасность получения травмы

Подсоединяйте прибор только к розетке с контактом заземления.

Не используйте изолирующий трансформатор для подсоединения прибора к источнику питания переменного тока.

1. Подсоедините кабель питания к разъему питания переменного тока на задней панели R&S RTC1002.
2. Подсоедините кабель питания к розетке.
3. Перевести выключатель питания на задней панели в положение I.

Клавиша ON/OFF подсвечивается, когда прибор находится в режиме ожидания. Клавиша расположена рядом с верхним правым углом экрана.

Выключатель сетевого питания можно оставить включенным для сохранения последних настроек прибора. Для отсоединения от источника питания выключите питание прибора.

2.1.3.2 Запуск и завершение работы прибора

Запуск прибора

1. Убедитесь в том, что прибор R&S RTC1002 подключен к источнику питания переменного тока и выключатель сетевого питания на задней панели находится в положении I.
2. Нажмите клавишу ON/OFF. Клавиша расположена рядом с верхним правым углом экрана.

Прибор выполнит проверку системы и запустит встроенное ПО. Если последний сеанс работы с прибором был завершен в установленном порядке, в осциллографе будут установлены действовавшие на момент выключения настройки.

Таблица 2-1 – Цвета клавиши ON/OFF

Нет подсветки	Прибор включен: встроенное ПО работает
Красный	Дежурный режим: прибор выключен, выключатель сетевого питания включен



Прогрев и подготовка прибора

Перед началом процедуры самовыравнивания следует убедиться, что прибор запущен и прогревается. Минимальное время прогрева составляет около 20 минут.

Выключение прибора с переходом в дежурный режим

- ▶ Нажмите клавишу ON/OFF.

Все текущие настройки будут сохранены, и программное обеспечение завершит работу. Теперь можно безопасно отключить питание прибора.

2.1.3.3 Выключение питания

Выключение требуется только в случае отсоединения прибора от всех источников питания.

1. Если прибор работает, нажмите клавишу ON/OFF на передней панели, чтобы выключить прибор.
2. Переведите расположенный на задней стороне прибора выключатель сетевого питания в положение 0.
3. Отсоедините кабель питания переменного тока от источника питания.

NOTICE

Опасность потери данных

Если выключить питание работающего прибора с помощью выключателя питания на задней панели или путем отсоединения кабеля питания, то все текущие настройки прибора будут потеряны. Кроме этого, могут быть потеряны и программные данные.

Для корректного завершения работы приложений необходимо сначала нажать клавишу ON/OFF.

2.1.4 Замена предохранителей

Прибор защищен плавким предохранителем. Он находится на задней панели между выключателем и разъемом сетевого питания.

Тип предохранителя: размер 5x20 мм, 250 В~, T2.5H (медленно перегорающий), IEC60127-2/5

WARNING

Риск поражения электрическим током

Предохранитель является частью основного источника питания. Поэтому проведение работ с предохранителем при включенном питании может привести к поражению электрическим током. Перед открытием патрона предохранителя убедитесь в том, что прибор выключен и отсоединен от всех источников питания.

Всегда используйте предохранители, поставляемые компанией Rohde & Schwarz в качестве запчастей, или предохранители того же типа с теми же номинальными характеристиками.

1. Извлеките патрон предохранителя из гнезда на задней панели.
2. Замените предохранитель.
3. Вставьте патрон предохранителя обратно в гнездо до упора.

2.2 Общее описание прибора

2.2.1 Передняя панель

На [рисунке 2-1](#) показана передняя панель прибора R&S RTC1002. Клавиши выбора функций объединены в функциональные области справа от дисплея.

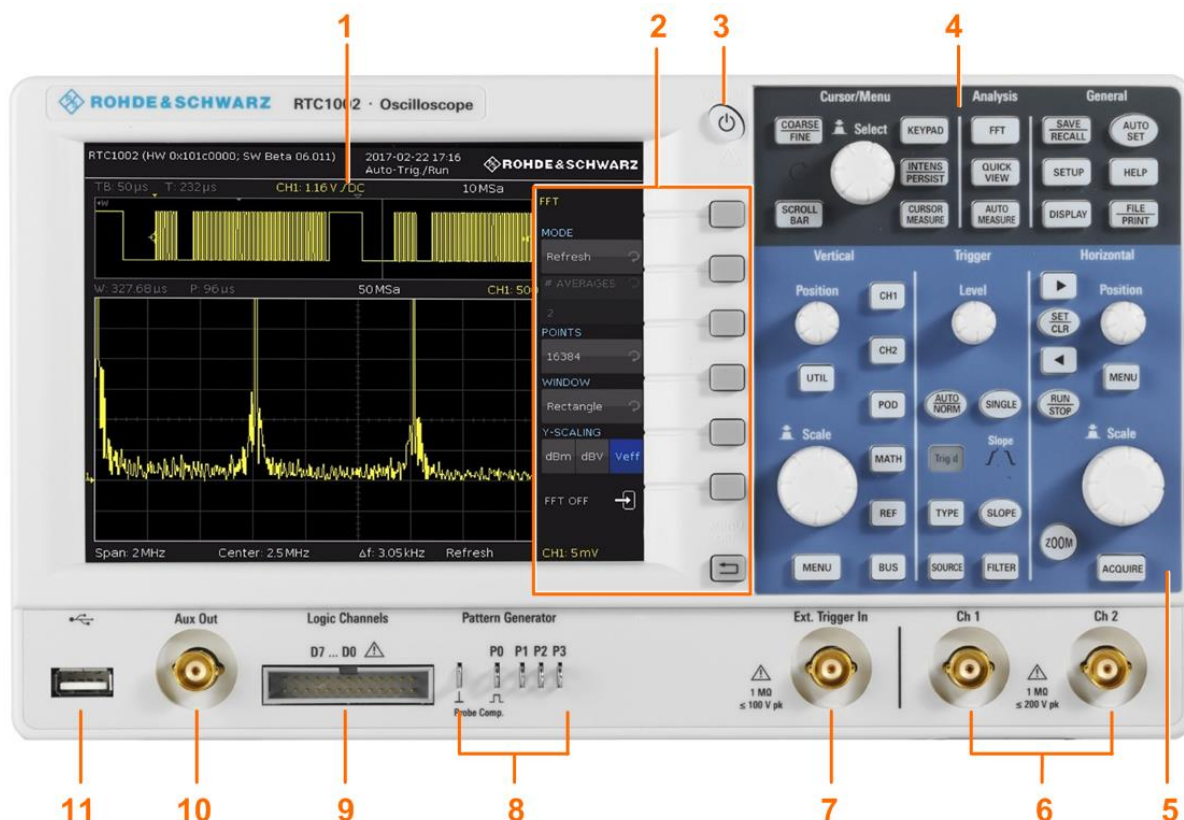
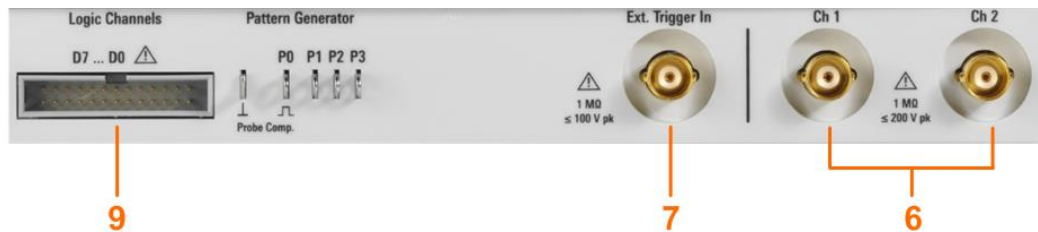


Рисунок 2-1 – Вид спереди осциллографа R&S RTC1002

- 1 = Сенсорный экран
- 2 = Функциональные клавиши и меню
- 3 = Клавиша ON/OFF (вкл/выкл)
- 4 = Область Cursor/Menu, области анализа Analyze и общих настроек General
- 5 = Области вертикальных настроек Vertical, горизонтальных настроек Horizontal и настроек запуска Trigger
- 6 = BNC-разъемы аналоговых каналных входов
- 7 = BNC-разъем внешнего входа запуска
- 8 = Выход генератора шаблонов (опция R&S RTC-B6) и выход регулировки пробника
- 9 = Разъем для логического пробника (опция R&S RTC-B1)
- 10 = Многоцелевой BNC-разъем AUX OUT
- 11 = Разъем USB

2.2.1.1 Входные разъемы



BNC-входы (6, 7)

В приборе R&S RTC1002 предусмотрены два канальных входа (6) для подключения входных сигналов. Внешний вход запуска (7) используется для управления измерениями с помощью внешнего сигнала. Уровень запуска настраивается в диапазоне от -5 до 5 В.

Входной импеданс всех BNC-входов равен 1 МОм.

⚠ WARNING

Риск поражения электрическим током — максимальные входные напряжения

Максимальное входное напряжение на *канальных входах* не должно превышать 200 В (пик.) и 150 В (СКЗ).

Для *внешнего входа запуска* максимальное входное напряжение составляет 100 В (пик.) и 70 В (СКЗ).

Уровни переходного перенапряжения не должны превышать 200 В (пик.).

Напряжения выше 30 В (СКЗ), 42 В (пик.) или 60 В пост. тока считаются опасными контактными напряжениями. Во время работы с опасными контактными напряжениями применяйте надлежащие меры защиты, чтобы предотвратить непосредственное соприкосновение с измерительной установкой:

- Используйте только изолированные пробники напряжения, измерительные провода и переходники.
- Не касайтесь компонентов под напряжением свыше 30 В (СКЗ), 42 В (пик.) или 60 В пост. тока.

⚠ CAUTION

Опасность получения травмы и повреждения прибора

Прибор не классифицирован для какой-либо категории измерений. В случае измерений в цепях с переходными перенапряжениями категории II, III или IV, убедитесь в том, что такие перенапряжения не подаются на вход осциллографа R&S RTC1002. Используйте только пробники, которые соответствуют стандарту DIN EN 61010-031. Во время измерений в цепях категории II, III или IV всегда вставляйте пробник, который должным образом снижает напряжение, чтобы переходные перенапряжения свыше 200 В (пик.) не подавались на вход прибора. Подробные сведения приведены в документации и информации по технике безопасности производителя пробника.

Пояснение: согласно разделу AA.2.4 стандарта EN 61010-2-030 измерительные цепи без категории измерений предназначены для измерений в цепях, которые не соединены с сетью питания напрямую.

Логический пробник (9)

Разъемы для логических каналов можно использовать при установленной опции смешанных сигналов R&S RTC-B1. Данная опция снабжает логический пробник 8 цифровыми каналами (от D0 до D7).

Максимальное входное напряжение равно 40 В (пик.) на входном импедансе 100 кОм. Максимальная входная частота для сигнала с минимальным размахом входного напряжения и средней величиной гистерезиса 800 мВ (размах) составляет 300 МГц.

NOTICE

Опасность повреждения прибора

Используйте разъем для активного логического пробника исключительно для логического пробника R&S RTZL03, который поставляется вместе с опцией R&S RTC-B1. Подключение других типов пробников может привести к разрушению входа.

2.2.1.2 Другие разъемы на передней панели





PATTERN GENERATOR (8)

Разъемы для генератора шаблонов P0, P1, P2, P3.

PROBE COMP. (8)

Контакт для проведения компенсации пробника, поддерживает подстройку подключенных к каналу осциллографа пассивных пробников.

-  Сигнал прямоугольной формы для выполнения компенсации пробника.
-  Разъем заземления для пробников.

AUX OUT (10)

Многоцелевой BNC-выход, который может функционировать как выход проверки пределов (норма/нарушение) и выход сигнала запуска, как выход для тестирования компонентов, а также как выход функционального генератора (с опцией R&S RTC-B6).

USB типа A (11)

Интерфейс USB 2.0 типа A для подключения флеш-накопителя USB для сохранения и повторной загрузки настроек прибора и результатов измерений, а также для обновления встроенного ПО.

2.2.2 Задняя панель

На [рисунке 2-2](#) показана задняя панель прибора R&S RTC1002 с разъемами.

На задней панели прибора расположены интерфейсы Ethernet и USB. Опциональные интерфейсы не предусмотрены.

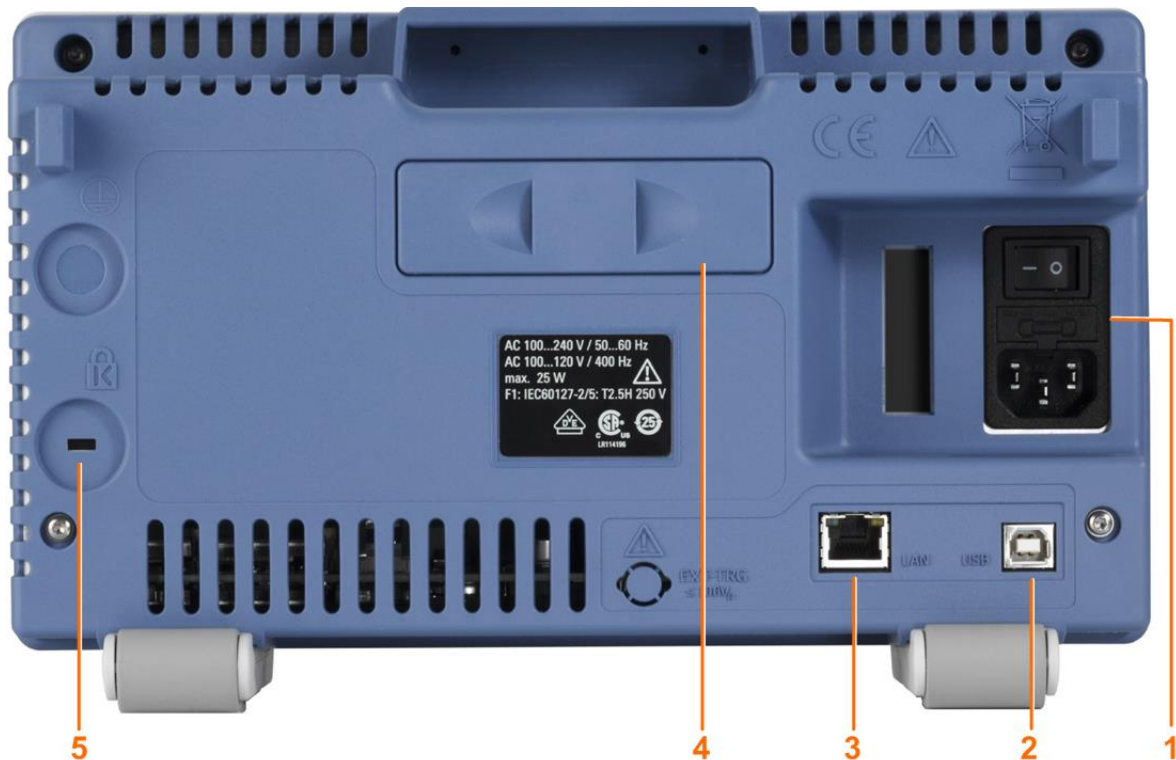


Рисунок 2-2 – Вид сзади осциллографа R&S RTC1002

- 1 = Разъем питания от сети переменного тока и выключатель питания
- 2 = USB-разъем типа B
- 3 = Сетевой разъем LAN
- 4 = не используется
- 5 = Гнездо замка Кенсингтона для защиты прибора от кражи

Сеть питания переменного тока: разъем питания и выключатель питания (1)

Прибор может работать с различными источниками питания. Он автоматически настраивается на надлежащий диапазон подаваемого напряжения. Селектор сетевого напряжения не предусмотрен.

Выключатель сетевого питания отключает прибор от сети питания переменного тока.

USB-разъем типа B (2)

Интерфейс USB 2.0 типа B (устройство USB) для подключения принтера или дистанционного управления прибором.

Примечание – На результаты измерений могут оказывать влияние электромагнитные помехи (ЭМП). Чтобы предотвратить это, используйте соединительные кабели USB длиной не более 1 м.

LAN (3)

8-контактный разъем RJ-45 используется для подключения прибора к локальной сети. Поддерживается скорость передачи данных 100 Мбит/с.

3 Основы работы

3.1 Панель управления

Органы управления на передней панели обеспечивают доступ ко всем базовым функциям. Дополнительные настройки легко доступны с помощью структуры меню и серых функциональных клавиш. Своей конструкцией выделяется кнопка включения ON/OFF. Для большинства важнейших органов управления имеются цветные светодиодные индикаторы, обозначающие текущие настройки.

3.1.1 Область Cursor/Menu (курсор/меню)



Универсальная поворотная ручка	<p>Действие универсальной поворотной ручки зависит от выбранной позиции в меню:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Установка числового значения • Выбор значения в списке • Навигация по структуре меню • Выбор выделенного значения нажатием ручки, например, на экранной клавиатуре.
COARSE/FINE	Переключение между грубым и точным шагом универсальной поворотной ручки. Клавиша подсвечивается, если действует точный шаг.
SCROLLBAR	Включение и выключение виртуального экрана.
KEYPAD	Открытие экранной клавиатуры. Клавиша подсвечивается, если есть возможность использования клавиатуры.
INTENS/PERSIST	Первое нажатие клавиши устанавливает для поворотной ручки режим регулировки яркости осциллограмм (клавиша подсвечивается). Второе нажатие открывает меню для регулировки всех яркостей и послесвечения.
CURSOR MEASURE	Активация курсоров и открытие меню для настройки курсорных измерений.

3.1.2 Область Analysis (анализ)



FFT	Запуск быстрого преобразования Фурье и переключение в частотную область.
QUICK VIEW	Запуск быстрых измерений и отображение типовых характеристик сигнала.
AUTO MEASURE	Открытие меню для настройки автоматических измерений. Одновременно могут выполняться до 6 измерений.

3.1.3 Область General (общие настройки)



SAVE/RECALL	Открытие меню для загрузки и сохранения настроек прибора, опорных сигналов, осциллограмм, снимков экрана и формул. В этом меню также можно назначить функцию клавише FILE/PRINT.
SETUP	Открытие меню общих настроек прибора, таких как языки, интерфейсы, дата, время, обновление встроенного ПО, опции, принтер и др.
DISPLAY	Открытие меню для активации виртуального экрана и для регулировки настроек отображения.
AUTOSET	Краткое нажатие выполняет автоматическую настройку. Прибор выполняет анализ активных сигналов и выполняет регулировку настроек по горизонтали, вертикали и запуска таким образом, чтобы на экране отображалась стабильная осциллограмма. Нажмите и удерживайте клавишу до тех пор, пока не услышите звуковой сигнал. Большинство важнейших настроек осциллографа будут сброшены на стандартные значения.
HELP	Открытие окна со встроенной справкой.
FILE/PRINT	В зависимости от назначенной функции, клавиша FILE/PRINT может сохранять настройки прибора, сигналы, снимки экрана или запускать вывод на печать.

3.1.4 Область Vertical (вертикальное отклонение)

В области Vertical (вертикальное отклонение) содержатся органы управления для аналоговых каналов.



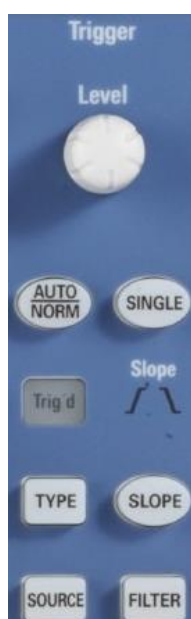
Ручка POSITION	Установка положения по вертикали выбранной осциллограммы. Для переключения на точную настройку значения нажмите ручку.
Ручка SCALE	Установка масштаба по вертикали (вертикальное усиление) выбранной осциллограммы. Значение масштаба показывается под сеткой.
CH1, CH2	Активация канала, если он был выключен. Выбор канала, если канал включен, но выбран другой канал. Выключение канала, если он выбран. Если канал выбран, его клавиша подсвечивается. Если канал включен, но не выбран, сигнал будет виден на экране, но его клавиша не будет подсвечиваться.
POD	Активация логических каналов, если подключен опциональный логический пробник R&S RT-ZL03. Требуется опция R&S RTC-B1.
REF	Открытие меню для создания, сохранения и загрузки опорных осциллограмм.
MATH	Открытие меню для создания, сохранения и загрузки расчетных осциллограмм.
BUS	Активация анализа последовательных и параллельных шин. Требуется, по крайней мере, одна из опций R&S RTC-B1, R&S RTC-K1, R&S RTC-K2 или R&S RTC-K3.

Панель управления

MENU	Открытие расширенного меню для выбранной осциллограммы, шины или логических сигналов.
UTIL	Открытие меню с дополнительными приложениями: цифровой вольтметр, генератор функций и шаблонов (требуется опция R&S RTC-B6), тестер компонентов и счетчик запусков.

3.1.5 Область Trigger (запуск)

В области Trigger (запуск) содержатся органы управления для настройки синхронизации (запуска) прибора.



Ручка LEVEL	Установка уровня запуска.
AUTO/NORM	Переключение между автоматическим и обычным режимом запуска.
Trig'g'd	Данный светодиод загорается, если прибором обнаружено событие запуска.
TYPE	Открытие меню для выбора типа запуска.
SOURCE	Открытие меню для выбора источника запуска.
SINGLE	Запуск одного цикла сбора данных.
SLOPE	Выбор перепада для запуска по фронту, или полярности для запуска по импульсу. Выбор обозначается светодиодами Slope (перепад).
FILTER	Открытие меню для настройки условия запуска для выбранного типа запуска.

3.1.6 Область Horizontal (горизонтальное отклонение)

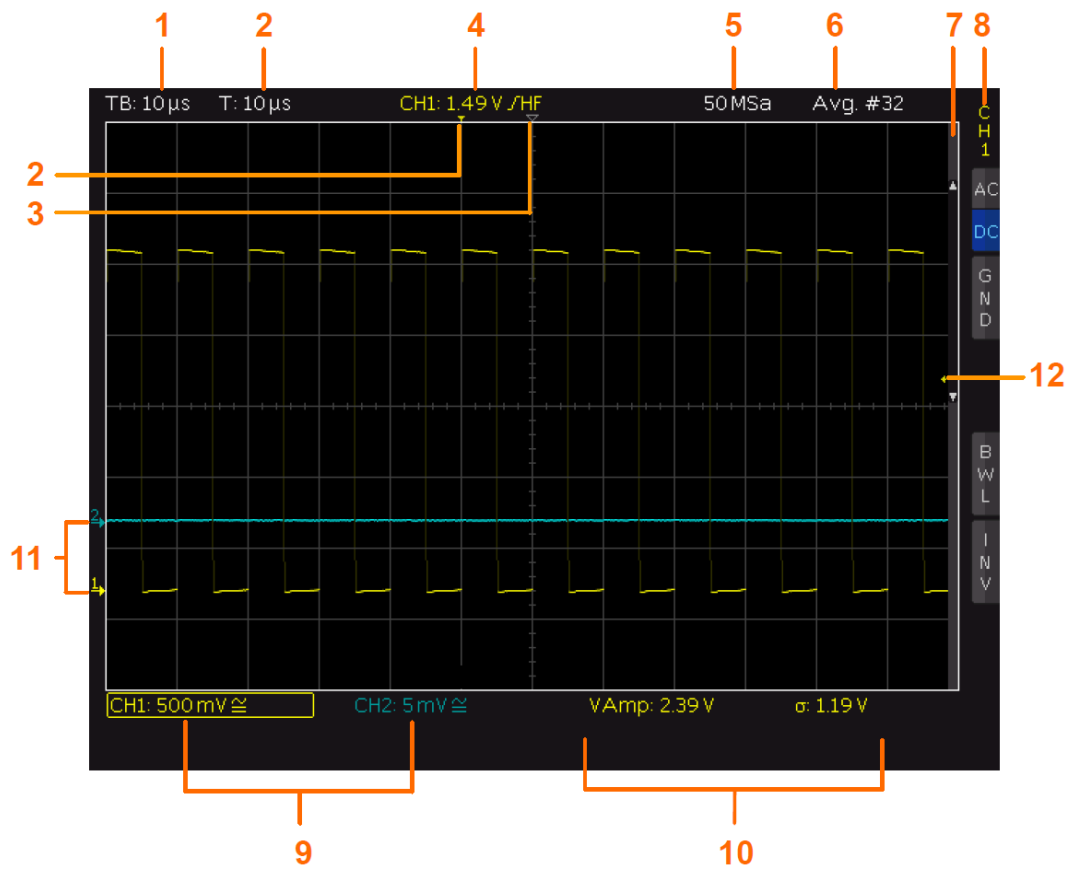
В области Horizontal (горизонтальное отклонение) можно установить настройки горизонтального отклонения и сбора данных, масштабирование и маркеры.



СТРЕЛКА ВЛЕВО, СТРЕЛКА ВПРАВО / SET/CLR	Установка и удаление маркеров и навигация по маркерам. Если установленных маркеров нет, клавиши со стрелками перемещают позицию запуска на 5 делений влево или вправо. Клавиша SET/CLR сбрасывает значение в точку начала отсчета времени.
RUN/STOP	Запуск и остановка процесса непрерывного сбора данных. Клавиша подсвечивается красным цветом, если сбор данных остановлен.
ZOOM	Активация и деактивация окна масштабирования.
Ручка POSITION	Установка позиции запуска (положение по горизонтали). Максимальное значение зависит от масштаба по оси времени. Если активно окно масштабирования, ручка устанавливает положение окна масштабирования. Если установлены маркеры, ручка устанавливает положение маркера.
MENU	Открытие меню для установки позиции запуска.
Ручка TIME BASE	Установка горизонтального масштаба (оси времени) для всех осциллограмм. Значение масштаба показывается над сеткой слева. Если активно окно масштабирования, ручка устанавливает размер окна масштабирования.
ACQUIRE	Открытие меню для выбора режима сбора данных и режима регистрации данных.

3.2 Дисплей

Осциллограф R&S RTC1002 оснащен цветным TFT-дисплеем со светодиодной подсветкой и разрешением VGA (640x480 пикселей). Если меню функциональных клавиш закрыто, на экране доступно 12 делений шкалы по временной оси. Если меню отображается, доступно 10 делений. В вертикальном направлении экран имеет 8 делений.



- 1 = Масштаб по горизонтали (ось времени), с/дел
- 2 = Позиция запуска
- 3 = Начало отсчета, нулевая точка отсчета по временной оси
- 4 = Настройки запуска: источник, уровень, тип и условия фильтрации
- 5 = Частота дискретизации
- 6 = Режим сбора данных
- 7 = Вертикальная полоса прокрутки, видна, если отображается виртуальный экран с 20 вертикальными делениями
- 8 = Сокращенное меню с важными настройками выбранного канала
- 9 = Вертикальные настройки активной осциллограммы: масштаб по вертикали в В/дел, связь и предел полосы пропускания (если установлен).
Выбран канал C1.
- 10 = Результаты измерений
- 11 = Опорные потенциалы каналов
- 12 = Уровень запуска

3.3 Концепция работы с прибором

Общая концепция работы с прибором основана на нескольких ключевых принципах, повторяющихся с различными настройками и функциями:

- Клавиши действуют одним из следующих способов:
 - Клавиша открывает меню функциональных клавиш при однократном нажатии. При повторном нажатии она закрывает меню функциональных клавиш.
 - Клавиша активирует конкретную функцию. Повторное нажатие данной клавиши деактивирует эту функцию.

- В зависимости от назначения универсальная поворотная ручка в области Cursor/Menu либо выбирает значение, либо осуществляет навигацию по меню. Клавиша COARSE/FINE осуществляет переключение между грубым и точным шагом универсальной поворотной ручки.
- Клавиша "MENU OFF" под функциональными клавишами закрывает текущее меню или выполняет переключение на следующий более высокий уровень меню.
- Действие клавиш каналов зависит от состояния выбранной осциллограммы:
 - Активирует канал, если он был выключен.
 - Выбирает канал, если канал включен, но выбран другой канал.
 - Выключает канал, если он выбран.
 - Если канал выбран, его клавиша подсвечивается. Если канал включен, но не выбран, сигнал будет виден на экране, но его клавиша не будет подсвечиваться.

Меню содержат несколько элементов навигации и подчиняются нескольким принципам использования.

- Нажмите функциональную клавишу для выбора или переключения значения. Выбранное значение отмечается синим цветом.
- Некоторые функции требуют активации и выбора значения. Нажатие функциональной клавиши переключает значения между выключенным состоянием "OFF" и последним установленным значением. Для изменения данного значения используйте универсальную поворотную ручку.
- Круглая стрелка на функциональной клавише указывает на то, что значение установлено с помощью универсальной поворотной ручки.
- Маленький треугольник в правой нижней части функциональной клавиши указывает на дополнительный уровень меню.
- Если доступны дополнительные страницы меню, самая нижняя функциональная клавиша осуществляет навигацию по страницам меню. Текущая страница показана в меню функциональных клавиш.

3.4 Встроенная справка

Интегрированная справочная система показывает пояснительный текст о выбранной функции. Текст в окне справки динамически обновляется при выборе другой функции.

1. Для активации встроенной справки нажмите клавишу HELP в области общих настроек General.
Откроется окно справки, и загорится клавиша HELP.
2. Если справка больше не нужна, нажмите клавишу HELP повторно.

3.5 Отображение сигналов

В этой главе описывается отображение сигналов и доступные режимы отображения.

3.5.1 Настройки отображения

- ▶ Для настройки отображения нажмите клавишу DISPLAY.

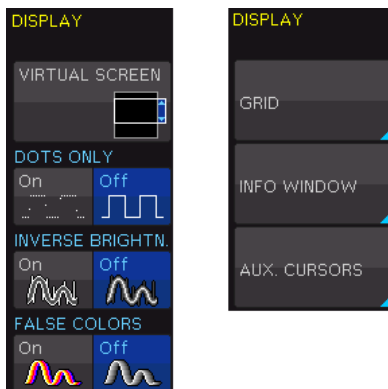


Рисунок 3-1 – Меню отображения Display, страница 1/2 (слева) и страница 2/2 (справа)

VIRTUAL SCREEN (виртуальный экран)

См. главу 3.5.2 "Виртуальный экран" на стр. 24.

DOTS ONLY (только точки)

Если функция включена, будут отображаться только захваченные точки данных. Точки данных не соединяются линиями. Если функция выключена, также показываются интерполированные точки данных, и осциллограмма представляет собой непрерывную линию.

INVERSE BRIGHTN. (инверсия яркости)

Функция инвертирует яркость отображаемых точек сигнала. Как правило, чаще захватываемые точки отображаются ярче, чем редкие точки. Если включить инверсию, редкие события будут отображаться с более высокой яркостью. Эта настройка в сочетании с функцией послесвечения может использоваться для захвата редких событий в сигнале.

FALSE COLORS (ложные цвета)

Преобразование уровня яркости отображаемых точек сигнала в цветовую шкалу в диапазоне от синего, пурпурного, красного и желтого до белого. За счет более высокого контраста обеспечивается более удобное восприятие информации о сигнале. Данная настройка применяется ко всем сигналам.

GRID (масштабная сетка)

Установка отображения масштабной сетки: "LINES" (линии), "RETICLE" (перекрестье) или "OFF" (выкл.).

INFO WINDOW (информационное окно)

Информационные окна представляют собой небольшие окна, которые отображаются на экране в зависимости от текущего приложения. Формат информационных окон можно менять:

"TRANSPARENCY" (прозрачность)

Используйте универсальную поворотную ручку или клавиатуру KEYPAD для изменения значения от 0% до 100%.

"POSITION" (положение)

Если функция активирована и изменяется положение по вертикали, значение вертикального положения отображается на нулевой линии.

"ACQ.STATUS" (состояние сбора данных) Если функция активирована, отображается информация о состоянии сбора данных. В обычном режиме запуска, если условие запуска выполнено, в информационном окне отображается индикатор выполнения для пост- и предзапуска. Если условие запуска не выполнено, в информационном окне отображается время с последнего события запуска ("Trig?"). В автоматическом режиме запуска никакой информации не отображается.

AUX. CURSORS (вспомогательные курсоры)

Можно включать или отключать указатели курсора и каналные маркеры на экране. Для сброса настроек выберите значение "DEFAULTS".

3.5.2 Виртуальный экран

В обычном режиме масштабная сетка осциллографа R&S RTC1002 содержит 8 вертикальных делений. Она также поддерживает виртуальный диапазон из 20 делений. Эти виртуальные деления могут полностью использоваться опциональными цифровыми каналами D0-D7, расчетными каналами и опорными сигналами. Аналоговые каналы могут использовать до ± 10 делений от центра. Виртуальный экран позволяет легко и просто отображать множество осциллограмм

На [рисунке 3-2](#) иллюстрируется функциональность виртуального экрана. Полоса прокрутки рядом с сеткой указывает положение 8 видимых делений в пределах доступных 20 делений.

1. Нажмите клавишу DISPLAY в области общих настроек General.
2. Активируйте функцию виртуального экрана "VIRTUAL SCREEN".
Полоса прокрутки отображается справа от масштабной сетки.
3. Для включения или отключения полосы прокрутки нажмите клавишу SCROLL BAR.
Активная полоса прокрутки отображается синим цветом.
4. Если полоса прокрутки активна, используйте универсальную поворотную ручку для перемещения отображаемого окна в пределах 20 делений виртуального экрана.

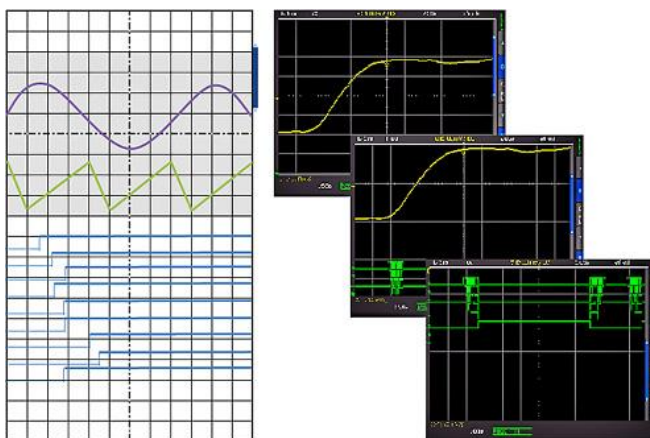


Рисунок 3-2 – Отображение области виртуального экрана

3.5.3 Яркость и послесвечение сигнала

Для изменения яркости осциллограмм:

1. Нажимайте клавишу INTENS/PERSIST в области настроек Cursor/Menu до тех пор, пока она не будет подсвечена белым цветом.
2. Поворачивайте универсальную поворотную ручку для изменения яркости отображения сигнала от 0% до 100%.

Чтобы получить доступ к дополнительным настройкам яркости и послесвечения:

1. Если клавиша INTENS/PERSIST подсвечивается белым цветом, нажмите ее еще раз.
2. Используйте функции меню для регулировки настроек.

Доступны следующие настройки:

TRACE, GRID, BACKLIGHT (кривая, сетка, подсветка)

Используйте универсальную поворотную ручку для регулировки яркости осциллограмм, яркости масштабной сетки и фоновой подсветки.

PERSISTENCE (послесвечение)

Послесвечение определяет, как будут отображаться последующие захваченные сигналы. Более старые осциллограммы отображаются более темным цветом (они затухают), а более новые осциллограммы отображаются более светлым цветом. Таким образом, чаще возникающие точки сигнала будут отображаться более светлым цветом. Такой вид отображения аналогичен дисплею аналогового осциллографа

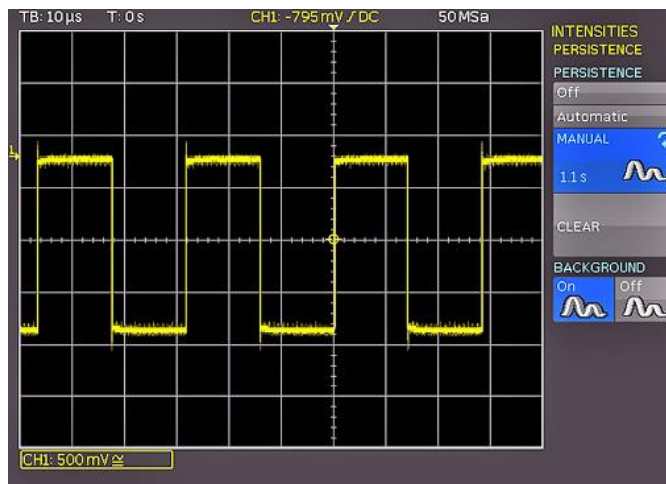


Рисунок 3-3 – Функция послесвечения

"MANUAL"
(ручной)

Можно установить длительность послесвечения от 50 мс до бесконечности с помощью универсальной поворотной ручки или клавиши KEYPAD. Если выбрана конечная длительность, новые сигналы записываются один поверх другого. Самые последние данные отображаются более ярко, чем старые. Например, если выбрано время 300 мс, отображение осциллограммы становится все более темным с интервалом 50 мс и исчезает через 300 мс.

"AUTOMATIC" (автоматический)	Прибор устанавливает оптимальное время послесвечения.
"OFF" (выкл.)	Послесвечение отключено.
"BACK GROUND" (фонový)	Когда функция включена, более старые осциллограммы не исчезают полностью после установленного времени послесвечения. Вместо этого осциллограммы отображаются с низкой яркостью в фоновом режиме. Этот вид отображения полезен, например, для анализа пиковых значений сигналов.

3.6 Общие настройки прибора

Настройки прибора содержатся в меню "SETUP" (настройки).

- ▶ Нажмите клавишу DISPLAY в области общих настроек General.

"LANGUAGE" (язык)	Выбор языка пользовательского интерфейса и справки.
"SELF ALIGNMENT" (самовыравнивание)	Прибор регулирует точность по вертикали, временную развертку и несколько настроек запуска и сохраняет в памяти полученные поправочные данные. См. также: глава 3.7 "Самовыравнивание" на стр. 27
"PROBE ADJUST" (регулировка пробника)	Регулировка пробника. Мастер настройки отображает на экране все необходимые этапы регулировки.
"INTERFACE" (интерфейс)	Конфигурирование интерфейсов USB и Ethernet (LAN). См. также: .
"DEVICE INFORMATION" (информация об устройстве)	Отображение подробной информации об аппаратном и программном обеспечении прибора.
"UPDATE" (обновление)	Обновление встроенного ПО, см. главу 3.8 "Обновление встроенного ПО" на стр. 27.
"OPTIONS" (опции)	Активация опций, см. главу 3.9 "Опции" на стр. 28.
"DATE & TIME" (дата и время)	Установка даты и времени.
"SOUND" (звук)	Можно активировать контрольный звуковой сигнал, чтобы получать информацию о работе прибора, звук ошибки и звук запуска.
"DEVICE NAME" (имя устройства)	Можно задать имя длиной до 19 символов, которое указывается при печати снимков экрана.
"MENU OFF" (выкл. меню)	Выбор способа закрытия меню: вручную или автоматически через определенное время.
"DEVICE LOGO IN SCREENSHOT" (логотип устройства на снимке экрана)	Если функция включена, логотип R&S печатается в верхнем правом углу снимков экрана или распечаток.
"EDUCATION MODE" (режим обучения)	Включение и отключение режима обучения. Можно установить пароль, чтобы предотвратить нежелательное отключение функции. В режиме обучения отключаются функции AUTOSSET, QUICK VIEW и функции автоматических измерений. Данная информация также отображается в информационном окне прибора.
"PRINTER" (принтер)	Конфигурирование принтера, см. .

3.7 Самовыравнивание

Осциллограф R&S RTC1002 обладает встроенной процедурой самовыравнивания для достижения максимально возможной точности измерений. Во время стандартной процедуры самовыравнивания прибор регулирует точность по вертикали, смещение, временную развертку и несколько настроек запуска и сохраняет в памяти полученные поправочные данные.



Перед запуском процедуры самовыравнивания следует убедиться, что прибор запущен и работает уже не менее 20 минут.

Отключите все датчики и подсоединенные кабели от входов.

1. Нажмите клавишу SETUP.
2. Нажмите функциональную клавишу "SELF ALIGNMENT".
3. Нажмите функциональную клавишу "START".

Процедура самовыравнивания может занять до 16 минут.

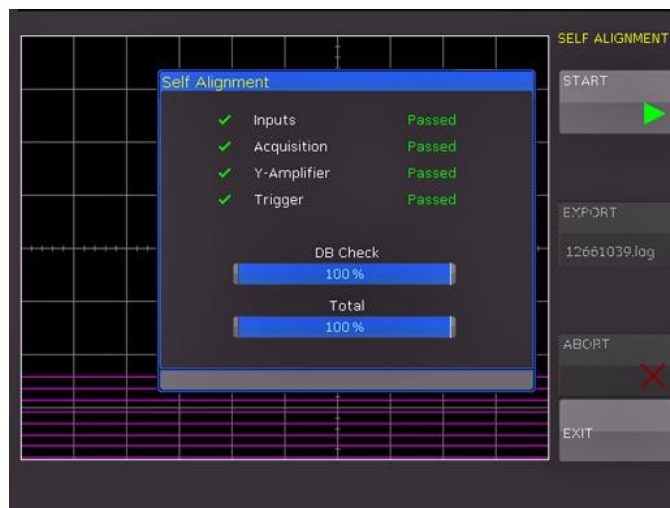


Рисунок 3-4 – Успешное выполнение самовыравнивания

Если во время самовыравнивания произошла ошибка, хотя процедура была выполнена, как описано, экспортируйте журнальный файл .log в меню "SELF ALIGNMENT" и отправьте его по адресу customersupport@rohde-schwarz.com. Журнальный .log файл можно сохранить на USB-носитель.

3.8 Обновление встроенного ПО

Прибор поставляется с последней имеющейся версией встроенного ПО. Обновления встроенного ПО доступны в сети Интернет по адресу www.rohde-schwarz.com/firmware/RTC1002. Вместе с файлом встроенного ПО поставляются примечания к выпуску ПО, в которых описываются сделанные улучшения и изменения.

Обновляйте встроенное ПО при появлении новой версии.

1. Скачайте файл установки встроенного ПО RTC1002.FWU на USB-носитель.
2. Подключите USB-носитель к разъему USB на передней панели прибора.
3. Нажмите клавишу SETUP.
4. Перейдите к странице меню 2/3.
5. Выберите функцию "UPDATE" (обновить).

Откроется окно с информацией об установленном встроенном ПО и ПО входного контроллера.

6. Выберите функцию "FIRMWARE" (встроенное ПО).

В окно будет добавлена информация о новом встроенном ПО. Если имеющаяся версия встроенного ПО не новее, чем установленная, появится соответствующее сообщение.

7. Дождитесь окончания загрузки файла встроенного ПО.
8. Выберите функцию "EXECUTE" (выполнить) для запуска обновления встроенного ПО.

Дождитесь окончания процедуры обновления. Прибор перезапустится автоматически.

3.9 Опции

Все опции активируются программными ключами лицензий. Опции не требуют дополнительной установки или изменений в аппаратной части прибора.

Для получения лицензионного ключа обратитесь к торговому представителю и сообщите ему десятичный и серийный номера, а также идентификационный номер своего прибора. Эта информация содержится на наклейке со штрих-кодом на задней панели прибора и в меню "SETUP" > "DEVICE INFORMATION".

Лицензионный ключ поставляется в письменной форме или в виде файла. Незарегистрированные лицензии должны быть зарегистрированы в менеджере лицензий R&S License Manager, прежде чем они могут быть активированы в приборе.



Незарегистрированные лицензии

Незарегистрированные лицензии не могут быть назначены конкретному прибору. Прибор принимает только зарегистрированные лицензии. Если вам поставлена незарегистрированная лицензия, используйте онлайн-инструмент для управления лицензиями R&S License Manager, чтобы зарегистрировать лицензию для своего прибора. Регистрация постоянной лицензии необратима, поэтому убедитесь, что лицензия регистрируется на правильный прибор. Адрес инструмента управления лицензиями: <https://extranet.rohde-schwarz.com/service>.

1. Если ключ опции получен в виде файла, сохраните файл на USB-носитель.
2. Подключите носитель к прибору R&S RTC1002.
3. Нажмите клавишу SETUP.
4. Перейдите к странице меню 2/3.
5. Выберите пункт "Options" (опции).

Откроется окно с информацией об активных опциях.



6. Если ключ получен в письменном виде:
 - а) Выберите функцию "INPUT KEY MANUALLY" (ввести ключ вручную).
 - б) Введите ключ.
7. Если ключ получен в цифровой форме в виде файла:
 - а) Выберите функцию "READ KEYS FROM LICENSE FILE" (прочитать ключ из файла лицензии).
 - б) Выберите хранилище "Front" и измените каталог при необходимости.
 - в) Вращая универсальную поворотную ручку, выберите файл лицензии.
 - г) Выберите функцию "LOAD" (загрузить).
8. Если необходимо активировать несколько опций, повторите шаг 6 или 7 для каждой из опций.
9. Перезапустите прибор.

4 Настройки осциллограмм

4.1 Настройки вертикальной шкалы

Наиболее важные настройки вертикальной шкалы можно изменить в любой момент:

- Клавиши каналов для включения и выключения выбранного канала
- Поворотные ручки для регулирования масштаба по вертикальной оси и положения осциллограммы
- Сокращенное меню для настройки связи, заземления, полосы пропускания фильтра и для инверсии осциллограммы.

Расширенные настройки доступны в меню "Vertical".

На метках каналов отображаются текущие настройки вертикальной шкалы для каждого канала.



Рисунок 4-1 – Метки каналов: Выбран Канал 1, включена связь по постоянному току и ограничена полоса частот. Для канала 2 включена связь по переменному току и канал инвертирован.

Также требуется проверить и при необходимости настроить значения ослабления пробника в меню канала.

- [Органы управления вертикальной шкалой](#)..... 30
- [Настройки вертикальной шкалы в меню канала](#) 30
- [Компенсация пробника](#)..... 33

4.1.1 Органы управления вертикальной шкалой

В области Vertical передней панели можно выбрать канал, задать масштаб и положение осциллограммы, а также вызывать меню "Vertical". Клавиша с выбранным каналом подсвечивается.



Масштаб по вертикальной оси (чувствительность) и положение по вертикальной оси (Y-положение или смещение) – это основные настройки вертикальной шкалы. Для каждого канала можно задать индивидуальные настройки.

1. Для выбора требуемого канала нажмите соответствующую клавишу канала.
2. Для изменения масштаба по вертикальной оси для выбранного канала можно использовать поворотную ручку SCALE в области Vertical. Можно изменять чувствительность с кратностью шага 1-2-5 от 1 мВ/дел до 10 В/дел. Один раз нажмите поворотную ручку для переключения на непрерывную настройку значения.
3. Для перемещения осциллограммы выбранного канала по вертикали используйте поворотную ручку POSITION в области Vertical.

Подробное описание области Vertical передней панели см. в [главе 3.1.4 "Область Vertical"](#) на стр. 18.

4.1.2 Настройки вертикальной шкалы в меню канала

Для вызова меню вертикальных настроек канала:

1. Выберите канал с помощью его клавиши CH.
2. Нажмите клавишу MENU в области Vertical.

На стр. 1 меню показаны настройки сокращенного меню, на стр. 2 представлены расширенные настройки.

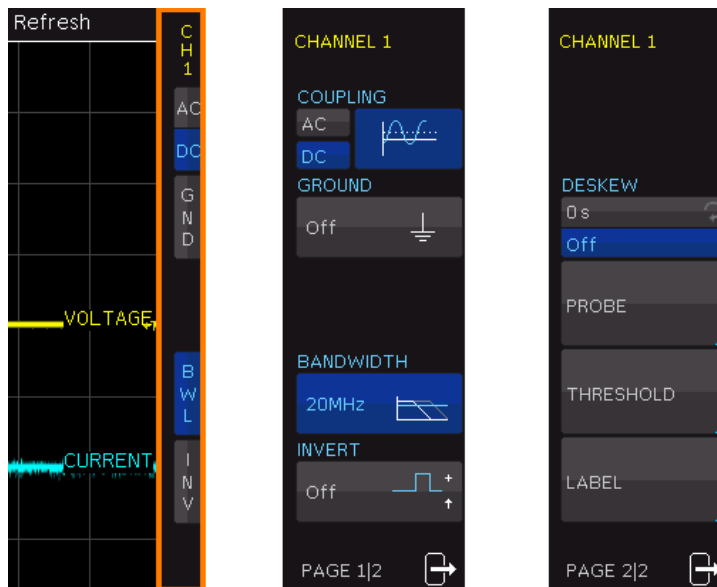


Рисунок 4-2 – Меню Vertical: сокращенное меню (слева), стр. 1 и стр. 2 расширенного меню

COUPLING (связь по входу)

Аналоговые каналы имеют входной импеданс 1 МОм. Связь по входу влияет на сигнальный тракт между входным разъемом и последующими внутренними сигнальными каскадами. Текущая связь по входу для каждого канала отображается на метках каналов под сеткой.

"AC"	Связь по переменному току блокирует постоянную составляющую сигнала, и осциллограмма оказывается центрирована относительно нуля вольт. Связь по переменному току можно использовать, если при анализе постоянная составляющая сигнала не представляет интереса.
"DC"	При использовании связи по постоянному току входной сигнал проходит без изменений, отображаются все компоненты сигнала.

GROUND (GND) (заземление)

Подключение входа к виртуальному заземлению. Все данные канала устанавливаются в 0 В. Состояние заземления отображается с помощью символа \perp на метках осциллограмм. Настройки заземления не влияют на связь по входу.

BANDWIDTH (BWL) (полоса пропускания)

Включение аналогового 20 МГц фильтра низких частот в сигнальный тракт. Высоко-частотные составляющие сигнала подавляются для снижения уровня шума.

Ограничение полосы частот отображается с помощью метки "Bw" на метке осциллограммы.

INVERT (INV) (инверсия)

Включение и выключение инверсии амплитуды сигнала. Инверсия означает отражение всех значений напряжения относительно уровня земли. Инверсия оказывает влияние только на отображение сигнала, но не на настройки запуска.

Например: если осциллограф запускается по нарастающему фронту импульса, настройки запуска не изменятся при включении инверсии, но реальный нарастающий фронт импульса будут отображаться как спадающий фронт импульса.

Инверсия обозначается в метках осциллограммы линией над названием канала.

DESKEW (выравнивание)

Каждый аналоговый канал можно сместить во времени на ± 32 нс. Настройки смещения используются для компенсации задержек сигнала, вызванных разной длиной используемых кабелей или пробников.

Для активации этого смещения необходимо нажать функциональную клавишу. Для установки значения смещения можно использовать универсальную поворотную ручку или клавишу KEYPAD.

PROBE (пробник)

Можно изменять коэффициент ослабления поставляемых пробников R&S RT-ZP03: 10:1 или 1:1. Прибор не может автоматически определить ослабление пробника. Поэтому необходимо вручную задать корректное значение коэффициента ослабления.

Можно выбрать предустановленные значения "x1", "x10", "x100", "x1000". Если предустановленное значение не подходит, необходимо выбрать "USER" и ввести значение в диапазоне от x0.001 до x1000.

"UNIT" определяет единицы измерения:

- V – для измерений напряжения
- A – для измерений тока при использовании токового пробника или измерении тока с помощью шунтирующего резистора. В меню показаны наиболее распространенные множители "1V/A", "100mV/A", "10mV/A" и "1mV/A".

Все измерения отображаются с корректными единицами измерения и масштабом.

Меню THRESHOLD (порог)

Клавиша "THRESHOLD" на стр. 2/2 открывает меню пороговых значений Threshold.

Уровень порога задает уровень для обнаружения высокого и низкого логического состояния сигнала, если аналоговый канал используется как источник сигнала при анализе последовательных шин или для логического запуска.

"THRESHOLD" Установка значения порога.
(порог)

"HYSTERESIS" Установка диапазона значений относительно порогового уровня, который позволяет избежать изменения состояния сигнала из-за шумов. Если сигнал изменяется только в пределах диапазона гистерезиса и пересекает пороговый уровень, изменение логического состояния не происходит.

"FIND LEVEL" Прибор проводит анализ канала и автоматически устанавливает подходящее значение порога.
(поиск уровня)

Меню LABEL (метка)

Клавиша "LABEL" на стр. 2/2 открывает меню Label для установки метки названия для выбранной осциллограммы. Метка отображается на осциллограмме в правой части экрана. Она перемещается вместе с осциллограммой при изменении вертикального положения осциллограммы.

Настройки вертикальной шкалы

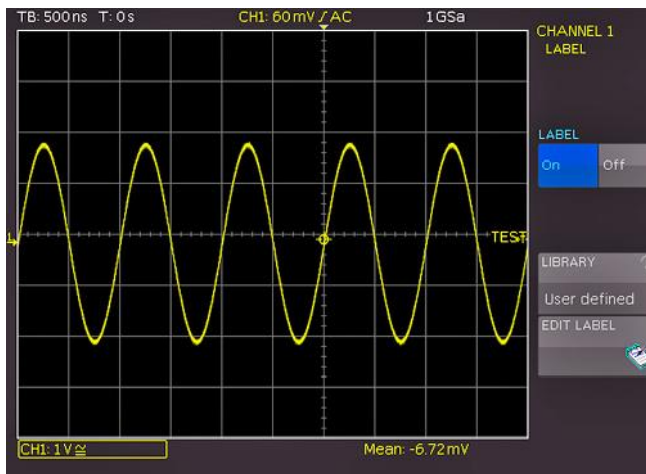


Рисунок 4-3 – Меню Label

"LABEL" (метка)	Включение и отключение отображения метки.
"LIBRARY" (библиотека)	Выбор предустановленного текста метки. Текст можно редактировать с помощью клавиши "EDIT LABEL".
"EDIT LABEL" (правка метки)	Вызов экранной клавиатуры для ввода текста метки. Максимальная длина метки составляет 8 символов, можно использовать только символы ASCII, доступные на экранной клавиатуре. При выборе текста из библиотеки, он уже будет присутствовать в поле ввода и его можно будет изменить.

4.1.3 Компенсация пробника

Компенсация позволяет согласовать емкость кабеля пробника и входную емкость осциллографа для получения хорошей точности по амплитуде в диапазоне от постоянного тока до верхней границы полосы пропускания. Некомпенсированный пробник ухудшает характеристики системы пробник-осциллограф и вносит ошибки в измерения, что приводит к искаженным осциллограммам и неточным результатам измерений.



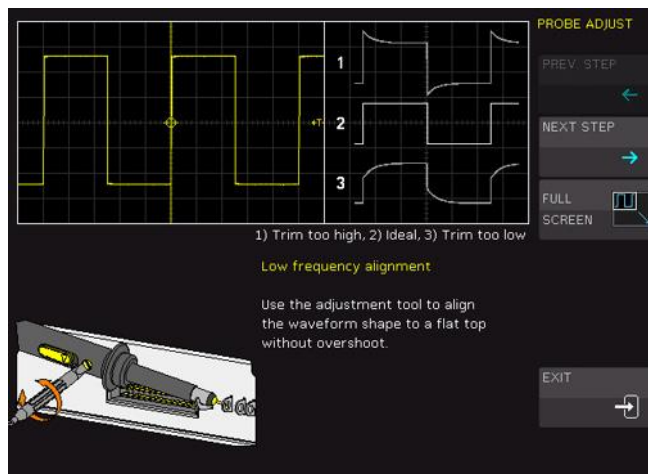
Компенсацию пассивных пробников необходимо проводить перед их первым использованием, после продолжительного перерыва в измерениях, либо после смены прибора или канала.

Два разъема для компенсации пробников расположены на передней панели. Левый контакт имеет уровень земли. На второй контакт выводится прямоугольный сигнал для регулировки.

Проведение компенсации пробника с помощью мастера

1. Нажать клавишу SETUP в области General.
2. Нажать функциональную клавишу "PROBE ADJUST" (регулировка пробника).
3. Следовать инструкциям мастера. Он поможет провести процедуру компенсации.

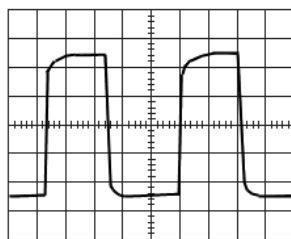
Настройки горизонтальной шкалы



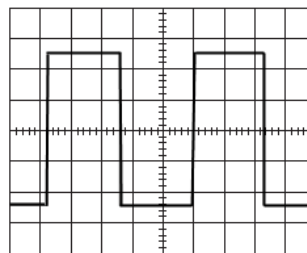
Для получения оптимального прямоугольного отклика необходимо использовать подстроечный винт пробника.

Более подробную информацию см. в документации на пробник.

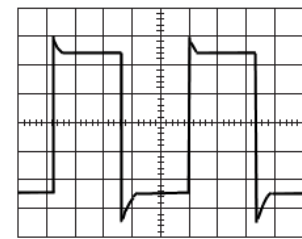
Компенсация проводится на частоте 1 кГц (НЧ) и 1 МГц (ВЧ).



недокомпенсированный



оптимальный



перекомпенсированный

Ручная компенсация пробника

1. Выбрать меню UTIL в области Vertical.
2. Нажать функциональную клавишу "PATTERN GEN." (генератор шаблонов).
3. Выбрать "SQUARE WAVE" (прямоугольный сигнал) (см. [главу 10.2.1 "Прямоугольный сигнал"](#) на стр. 101).
4. Для получения оптимального прямоугольного отклика необходимо использовать подстроечный винт пробника.
Более подробную информацию см. в документации на пробник.

4.2 Настройки горизонтальной шкалы

Настройки горизонтальной шкалы, также известные как настройки временной развертки, позволяют менять вид осциллограммы по горизонтальной оси.

Как правило, запуск определяет точку начала записи осциллограммы. Во многих случаях необходимо провести анализ сигнала до или после запуска. Для размещения горизонтального окна сбора в интересующей части осциллограммы можно использовать следующие параметры:

- **позиция запуска (положение по горизонтальной оси)** определяет временной интервал между точкой запуска и опорной точкой. Изменяя позицию запуска можно вообще убрать точку запуска с экрана.
- **опорная точка** – это нулевая точка диаграммы и центр масштабирования временной шкалы на экране. При изменении масштаба по оси времени опорная точка остается неподвижной на экране, а масштаб сжимается или растягивается по обеим сторонам от опорной точки.

В области HORIZONTAL передней панели имеется возможность:

- Изменить масштаб по оси времени, позицию запуска, а также настройки сбора данных (см. ниже).
- Включить масштабирование, см.
- Установить маркеры, см.



1. Для выбора масштаба по оси времени (масштаба по горизонтальной оси), можно использовать поворотную ручку SCALE в области Horizontal. Текущие настройки временной шкалы, например, "ТВ: 500 ns", отображаются в верхнем левом углу над сеткой. При стандартных настройках точка запуска располагается по центру экрана, при этом 50% сигнала отображается до и 50% сигнала отображается после позиции запуска.
2. Для изменения позиции запуска можно использовать один из следующих способов:
 - Вращать поворотную ручку POSITION.
 - Использовать клавиши со стрелками.
 - Нажать клавишу MENU.
 В подменю можно:
 - Установить точное значение: "NUMERIC INPUT" (ввод числового значения)
 - Установить положение запуска в минимальное или максимальное значение: "MINIMUM" или "MAXIMUM".
 - Сбросить позицию запуска в нулевое значение.
3. Для установки точки начала отсчета времени:
 - а) Нажать клавишу MENU.
 - б) Нажать функциональную клавишу "TIME REF." (начало отсчета).
 - в) Изменить значение с помощью универсальной поворотной ручки в области Cursor/Menu.

Установить точку начала отсчета времени можно в диапазоне от -6 до +6 делений, причем 0 означает центр экрана и является настройкой по умолчанию.

4.3 Управление сбором данных

Во время сбора данных осциллограф R&S RTC1002 производит захват сигнала и преобразование его в цифровые отсчеты. Цифровые отсчеты обрабатываются в соответствии с настройками сбора данных. В результате получается запись осциллограммы, которая отображается на экране и сохраняется в памяти.

Скорость записи отсчетов осциллограммы – число отсчетов осциллограммы в секунду – называется частотой дискретизации. Чем выше частота дискретизации, тем лучше разрешение и тем больше подробностей сигнала отображается на экране.

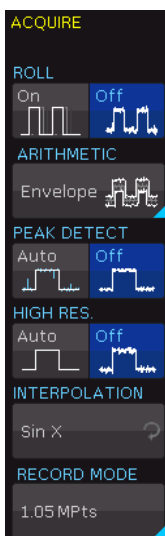
Для корректного воссоздания аналогового сигнала необходимо обеспечить достаточное разрешение. Если частота дискретизации недостаточная, происходит сглаживание сигнала – отображается ложный сигнал. Чтобы устранить сглаживание и корректно восстановить сигнал частота дискретизации должна быть хотя бы в 3-5 раз выше, чем самые высокие частотные составляющие сигнала.

4.3.1 Клавиши RUN/STOP и SINGLE

В режиме непрерывно запуска сигналы отображаются на экране в соответствии с настройками сбора данных и условий запуска. Предыдущие захваченные данные стираются с каждым новым сбором.

- ▶ Для остановки сбора данных нажмите клавишу RUN/STOP.
Захваченный сигнал остается на экране и можно его проанализировать. Клавиша подсвечивается красным цветом.
- ▶ Для захвата и отображения ровно одной осциллограммы нажмите клавишу SINGLE в области Trigger.

4.3.2 Настройки сбора данных



Настройки сбора данных управляют обработкой захваченных прибором отсчетов. Текущая частота дискретизации отображается в верхней части сетки.

- ▶ Для изменения настроек сбора данных необходимо нажать клавишу ACQUIRE.

ROLL (прокрутка)

Включение режима прокрутки.

В режиме прокрутки сигнал отображается непрерывно, без запуска. В режиме прокрутки захваченные входные данные непрерывно отображаются на экране справа налево. Прибор сразу отображает осциллограмму, не дожидаясь завершения сбора данных осциллограммы.

Режим прокрутки предназначен для медленных сигналов, частота которых не превышает 200 кГц.

При включении режима прокрутки функция масштабирования недоступна.

ARITHMETIC (арифметические операции)

Вызов меню, позволяющего задать способ формирования осциллограммы из захваченных отсчетов.

"REFRESH" (обновление)	Захват и отображение отсчетов сигнала. Как правило, этот режим сбора данных является оптимальным для отображения сигналов, но очень короткие выбросы могут остаться незамеченными.
"ENVELOPE" (огibaющая)	Отображение обычных отсчетов сигнала, а также максимальных и минимальных значений для каждого интервала выборки. Со временем эти значения формируют огибающую сигнала.
"AVERAGE" (среднее)	Среднее значение вычисляется на основе данных текущей выборки, а также нескольких предшествующих выборок. Это метод позволяет снизить случайный шум. Для него необходим стабильный запускаемый и повторяющийся сигнал. Изменить число выборок, используемых для вычисления среднего значения (от 2 до 1024 по степеням 2) можно с помощью универсальной поворотной ручки.
"SMOOTH" (сглаживание)	Вычисление среднего значения по нескольким соседним отсчетам. В результате получается сглаженная осциллограмма. Эта функция используется для непериодических сигналов.
"FILTER" (фильтрация)	Включения фильтра низких частот с регулируемой частотой среза для подавления нежелательных высокочастотных составляющих. Частота среза зависит от частоты дискретизации. Изменить частоту среза можно с помощью универсальной поворотной ручки. Минимальная настройка составляет 1/100 от частоты дискретизации, а максимальная – 1/4 от частоты дискретизации.

PEAK DETECT (обнаружение пиков)

Обнаружение пиков используется для большого масштаба по оси времени для обнаружения даже самых кратковременных изменений сигнала.

Для включения режима обнаружения пиков должны выполняться следующие условия:

- Отключен режим "HIGH RES."
- Отключены все последовательные и параллельные шины.

Если установить режим "PEAK DETECT" в значение "Auto", прибор автоматически подберет лучший режим обнаружения пиков с учетом текущего масштаба по оси времени и частоты дискретизации. Минимальное и максимальное значение каждого интервала выборки запоминается как пара данных, а остальные отсчеты игнорируются. Таким образом, прибор может обнаружить быстрые сигнальные пики при медленных настройках временной шкалы, которые были бы пропущены в других режимах.

HIGH RES. (высокое разрешение)

Среднее значение из n захваченных отсчетов записывается как один отсчет осциллограммы. Режим высокого разрешения позволяет снизить шум, в результате получается более точная осциллограмма с улучшенным разрешением по вертикали.

Для включения высокого разрешения должны выполняться следующие условия:

- Частота дискретизации должна быть ниже максимального значения (отключен режим чередования)
- Отключен режим обнаружения пиков
- Отключены логические пробники
- Отключены все последовательные и параллельные шины

INTERPOLATION (интерполяция)

Выбор режима интерполяции для отображения собранных точек данных:

"Sin x"	Две соседние точки осциллограммы соединяются кривой $\sin(x)/x$, также при построении кривой учитываются прилегающие точки выборки. Такой метод интерполяции выбран по умолчанию. Он является наиболее точным и обеспечивает наилучшее отображение сигнала.
"Linear"	Собранные точки данных соединяются отрезками прямой линии.
"Sample-Hold"	Позволяет провести более точную оценку положения собранных точек данных. Для каждого интервала выборки значение координаты по оси Y собранной точки считается константой, и интервалы соединяются вертикальными линиями. Таким образом, отображаются дискретные значения АЦП.

RECORD MODE (режим записи)

См. главу 4.3.3 "Режимы записи" на стр. 38.

4.3.3 Режимы записи

Осциллограф R&S RTC1002 имеет несколько режимов записи данных, которые объединяют в себе настройки частоты дискретизации, объема памяти и частоты обновления осциллограммы.

MAX. WFM. RATE (максимальная частота обновления)

Объем памяти и частота дискретизации выбираются таким образом, чтобы обеспечить максимальную скорость повторения запуска. Осциллограф в сигнальном окне отображает максимальное число сборов в секунду. В каждом столбце сигнального окна отображаются захваченные данные. При включении обнаружения пиков в каждом столбце отображается пара минимальных/максимальных значений. Осциллограф R&S RTC1002 отображает сигнальное окно с разрешением 600x400 пикселей (без увеличения), что обеспечивает 600 точек данных на одну выборку. При включении обнаружения пиков отображается 600 пар минимальных/максимальных значений или 1200 значений данных.

Объем памяти соответствует выбранному временному окну (масштаб по оси времени $\times 10$ делений сетки в горизонтальном направлении), умноженному на текущую частоту дискретизации. Минимальное значение определяется максимальной частотой дискретизации и максимальной частотой повторения сигнала осциллографа. Отображаемое значение частоты дискретизации соответствует текущей частоте дискретизации, деленной на число данных, пропущенных во время чтения из памяти сбора. Если включено обнаружение пиков, отображаемое значение частоты дискретизации соответствует текущему значению частоты дискретизации.

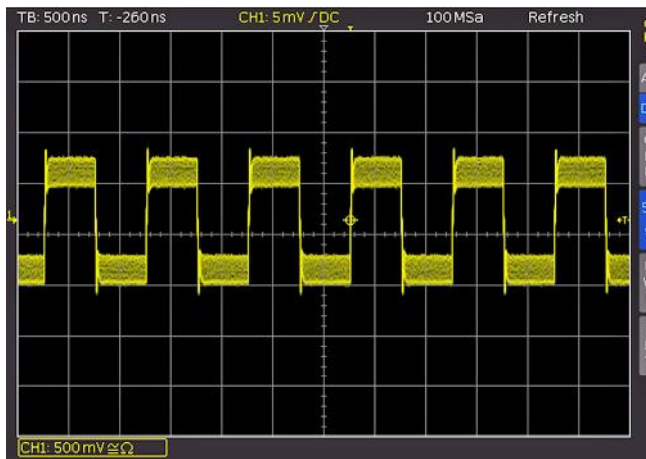


Рисунок 4-4 – AM-сигнал с максимальной частотой повторения

MAX. SA. RATE (максимальная частота дискретизации)

Прибор устанавливает максимальную частоту дискретизации, используя при этом максимально доступный объем памяти. Таким образом, он отображает максимальное количество данных. В каждом столбце сигнального окна отображается до 40 обнаруженных значений данных (число ограничено быстродействием процессора). Количество отображаемых данных зависит от временного окна и текущей частоты дискретизации. При включении обнаружения пиков в каждом столбце отображается до 20 пар минимальных/максимальных значений. Объем памяти всегда соответствует максимальному объему памяти сбора. Отображаемое значение частоты дискретизации соответствует текущей частоте дискретизации. Обнаружение пиков используется, если отображаемое временное окно содержит больше данных, чем $40 \cdot$ число столбцов сигнального окна в памяти сбора или минимальных/максимальных данных в памяти сбора.



Если выбрана максимальная частота дискретизации, всю память осциллографа можно считать только в режиме "STOP".

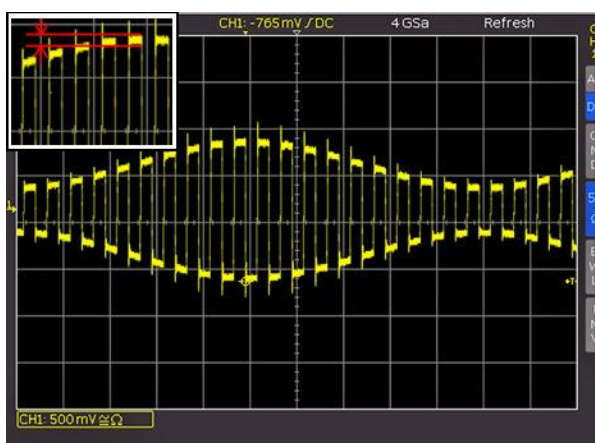


Рисунок 4-5 – Пример осциллограммы AM-сигнала с максимальной частотой дискретизации

AUTOMATIC (автоматический)

"AUTOMATIC" является настройкой по умолчанию, обеспечивающей наилучший компромисс между максимальной частотой обновления осциллограммы и максимальной частотой дискретизации (выбор объема памяти). Каждый столбец в сигнальном окне содержит до 10 захваченных значений данных. Количество отображаемых данных зависит от временного окна и текущей частоты дискретизации. При включении обнаружения пиков в каждом столбце отображается до 5 пар минимальных/максимальных значений. Объем памяти как минимум вдвое превышает объем памяти, устанавливаемый для максимальной частоты обновления осциллограммы (ограничено максимальным объемом памяти сбора). Отображаемое значение частоты дискретизации соответствует текущей частоте дискретизации, деленной на число данных, пропущенных во время чтения из памяти сбора. Если включено обнаружение пиков, отображаемое значение частоты дискретизации соответствует текущему значению частоты дискретизации.

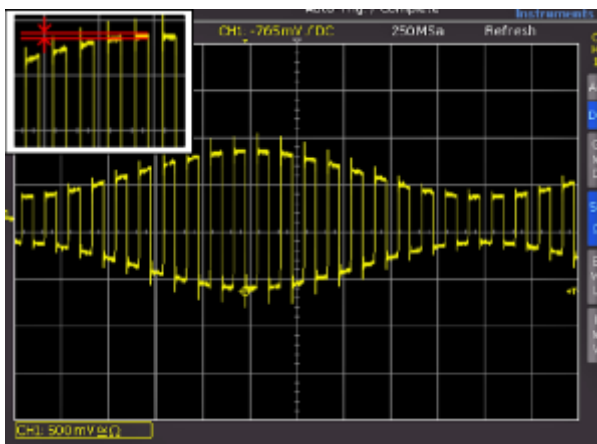


Рисунок 4-6 – Пример осциллограммы AM-сигнала с автоматическими настройками

4.3.3.1 Сравнение режимов записи

Во всех режимах записи частота дискретизации, используемая для записи в память сбора, одинаковая. В режиме "STOP" также имеется возможность изменять пункты меню. Изменение режима записи не оказывает влияние на текущий объем памяти, но изменяется количество отображаемых данных. Обнаружение пиков можно включить также в режиме "STOP". Если масштаб по временной оси позволяет отобразить каждую точку выборки, все три режима ведут себя одинаково (за исключением используемого объема памяти и частоты обновления сигнала). Преимущества и недостатки режимов записи перечислены в [таблице 4-1](#).

Режим записи используется вместо изменяемого объема памяти, стандартной настройки для других осциллографов. Для использования изменяемого объема памяти необходимо, чтобы пользователи понимали взаимосвязь между объемом памяти, масштабом по временной оси и частотой дискретизации и могли сами оценить преимущества и недостатки своего выбора. При использовании меню режимов записи осциллограф всегда захватывает сигналы с максимальной частотой дискретизации. Функции масштабирования также доступны в режиме останова.

Таблица 4-1 – Преимущества и недостатки режимов записи

Режим	Преимущества	Недостатки	Область применения
Максимальная частота обновления сигнала	<ul style="list-style-type: none"> • Много захватов в одном изображении • Можно быстрее обнаружить редкие события благодаря послесвечению • Быстрый отклик на изменение настроек или изменения сигнала • Низкий уровень шума 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая вероятность сглаживания • Низкая точность осциллограммы • Низкая точность измерений из-за уменьшенного количества данных 	<ul style="list-style-type: none"> • Поиск редких событий • Отображение модулированных сигналов
Максимальная частота дискретизации	<ul style="list-style-type: none"> • Максимальная точность осциллограммы • Минимальная вероятность сглаживания • Высокая точность измерений 	<ul style="list-style-type: none"> • Медленный отклик на изменение настроек или изменение сигнала • Низкая частота обновления сигнала • Высокий уровень шумов 	<ul style="list-style-type: none"> • Для сигналов с высокочастотными составляющими • Оценка слабых составляющих сигнала
Автоматический режим	<ul style="list-style-type: none"> • Средняя частота обновления сигнала • Приемлемая плавность работы • Хорошая точность измерений • Низкий уровень шума 	<ul style="list-style-type: none"> • Вероятность сглаживания 	<ul style="list-style-type: none"> • Стандартный режим работы

4.3.4 Режим чередования

В режиме чередования активен только один канал, подключается АЦП и область хранения от обоих каналов. Такое подключение позволяет удвоить частоту дискретизации и объем памяти сбора. Канал также считается активным, если он отключен, но служит источником запуска.

Режим чередования автоматически активируется в следующих условиях:

- Логический пробник отключен
- Отключены все последовательные и параллельные шины
- Логический запуск не используется

5 Синхронизация (запуск)

Синхронизация (запуск развертки) необходима для захвата и отображения интересующих частей сигналов. Правильный выбор типа запуска и корректная конфигурация настроек запуска позволяют обнаруживать различные события в сигналах.

Запуск производится при выполнении полного набора условий запуска. Прибором производится постоянный сбор и хранение элементов выборки, необходимых для заполнения предзапусковой части записи сигнала. При возникновении запуска прибор продолжает сбор данных до тех пор, пока не будет заполнена постзапусковая часть записи сигнала. После этого прибор прекращает сбор данных и на экране отображается осциллограмма. При возникновении запуска прибор не воспримет другой запуск до тех пор, пока не завершится сбор данных.

В набор основных условий запуска входит:

- Источник сигнала запуска (канал)
- Тип запуска и его настройка
- Режим запуска

Кроме того, для отображения интересующей части сигнала большое значение имеют позиция запуска и точка отсчета. См. главу 4.2 "Настройки горизонтальной шкалы" на стр. 34.

Уровень запуска и его позиция отмечаются на масштабной сетке. Цвет маркеров соответствует цвету источника запуска. Информация о наиболее важных настройках запуска отображается над сеткой, в середине информационной строки.

5.1 Настройка запуска

1. Для включения нормального режима запуска нажмите клавишу AUTO/NORM.
Красный светодиод подсветит клавишу при активации нормального режима запуска.
2. Для выбора источника запуска:
 - а) Нажмите клавишу SOURCE.
 - б) Выберите источник запуска в меню.
3. Для выбора типа запуска:
 - а) Нажмите клавишу TYPE.
 - б) Выберите тип запуска.
 - в) Нажмите клавишу FILTER.
 - г) Задайте условие запуска.
4. Для ввода времени удержания:
 - а) Нажмите клавишу TYPE.
 - б) Нажмите функциональную клавишу "HOLD OFF" для включения времени удержания.
 - в) Используйте универсальную поворотную ручку в области Cursor/Menu для регулировки значения времени удержания.

5.2 Общие настройки запуска

Клавиши в области Trigger содержат все функции для настройки запуска.



Режимы запуска AUTO/NORM

Выбор режима запуска. Светодиод Trig'd загорается при появлении события запуска.

"AUTO" (автоматический) В режиме "AUTO" на экране всегда отображается сигнал. Если сигнал удовлетворяет условию запуска, осциллограф синхронизируется с этим событием и запускается при соблюдении условий. Если сигнал не удовлетворяет условию запуска, осциллограф сам формирует событие запуска.

В автоматическом режиме можно в любой момент увидеть входной сигнал, независимо от условия запуска.

"NORMAL" (нормальный) В режиме "NORMAL" сигнал отображается при соблюдении условий запуска. Прибор отображает последний запущенный сигнал. Если условия запуска не выполняются, новая осциллограмма не захватывается и отображается последняя запущенная осциллограмма. Если ранее осциллограмма не была захвачена, на экране ничего не отображается.

SINGLE (однократный)

Для обнаружения и отображения только одного сигнала, соответствующего условию запуска, необходимо нажать клавишу SINGLE. Клавиша светится белым цветом при активации режима SINGLE. Теперь система запуска работает в нормальном режиме и клавиша RUN/STOP мигает. Если будут выполнены условия запуска, прибор проведет синхронизацию, сохранит данные и отобразит на экране осциллограмму, затем перейдет в режим "STOP" (клавиша RUN/STOP горит красным цветом).

TYPE (тип)

Вызов меню для выбора типа запуска и установки времени удержания запуска.

Доступны следующие типы запуска:

- [Глава 5.3 "Запуск по фронту"](#) на стр. 44
- [Глава 5.4 "Запуск по импульсу"](#) на стр. 45
- [Глава 5.5 "Логический запуск"](#) на стр. 47
- [Глава 5.6 "Запуск по видеосигналу"](#) на стр. 49
- Запуск по последовательной шине, если установлена хотя бы одна из опций анализа протоколов R&S RTC-K1, R&S RTC-K2 или R&S RTC-K3.

HOLD OFF (удержание)

Время удержания запуска определяет время ожидания осциллографом после появления события запуска до новой готовности системы запуска. Новый запуск возможен только после истечения времени удержания запуска. Время удержания запуска помогает получить стабильную синхронизацию в случае, если осциллограф запускается по нежелательным событиям. Изменение масштаба по оси времени не влияет на выбранное время удержания запуска.

Время удержания запуска задается в меню "Trigger Type".

SOURCE (источник)

Вызов меню для выбора источника запуска. Доступны следующие источники:

- Аналоговый канал.
- Цифровой канал при установленной опции R&S RTC-B1.
- Частота источника питания ("AC LINE"). Сигнал запуска извлекается из источника питания внутри прибора.
- Внешний сигнал, подключенный к внешнему входу запуска. Можно выбрать связь по входу для сигнала запуска: по переменному или постоянному току.

SLOPE (перепад)

Выбор перепада для запуска по фронту или полярности импульса для запуска по импульсу. Выбор отображается с помощью светодиода Slope.

FILTER (фильтрация)

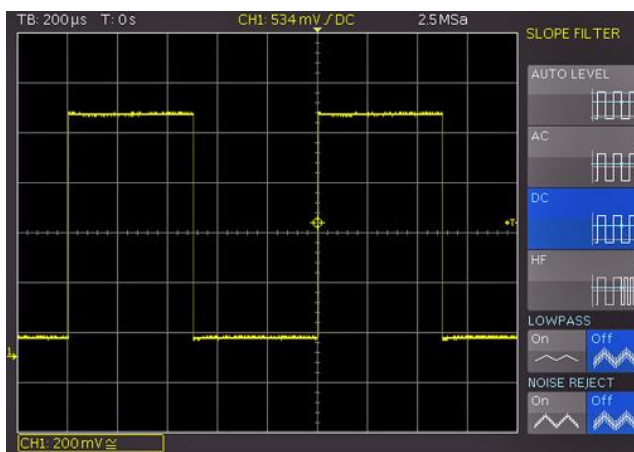
Вызов меню для установки условий запуска для выбранного типа запуска.

5.3 Запуск по фронту

Запуск по фронту является самым распространенным типом запуска. Событие запуска возникает при пересечении сигналом источника запуска заданного значения порогового напряжения в определенном направлении (перепад).

1. Выберите TYPE > "EDGE".
2. Для выбора фронта несколько раз нажмите клавишу SLOPE.
Выбранный фронт будет показан над клавишей, а также в верхней части сетки на экране.
3. Для установки уровня запуска используйте поворотную ручку LEVEL.
4. Выберите FILTER.

В настройках FILTER выберите связь сигнала с цепью запуска.

**AUTO LEVEL (автоуровень)**

Автоматические настройки фильтра (настройка по умолчанию).

AC (переменный ток)

Сигнал запуска проходит через 5 Гц фильтр высоких частот, который подавляет постоянную составляющую сигнала. При изменении постоянной составляющей сигнала уровень запуска остается на выбранной точке сигнала переменного тока.

DC (постоянный ток)

Сигнал запуска напрямую подается на цепь запуска со всеми составляющими сигнала (напряжениями переменного и постоянного тока).

HF (ВЧ)

Сигнал запуска проходит через фильтр высоких частот с минимальной частотой среза 30 кГц (по уровню -3 дБ). Этот тип связи можно использовать только для высокочастотных сигналов.

LOWPASS (ФНЧ)

Сигнал запуска проходит через фильтр низких частот с частотой среза 5 кГц. Этот фильтр убирает высокочастотные составляющие сигнала и его можно использовать совместно со связью по переменному или постоянному току.

NOISE REJECT (подавление шума)

Фильтр низких частот с частотой среза 100 МГц улучшает шумовые характеристики для усилителя сигнала запуска. Этот фильтр убирает высокочастотные составляющие сигнала и его можно использовать совместно со связью по переменному или постоянному току.

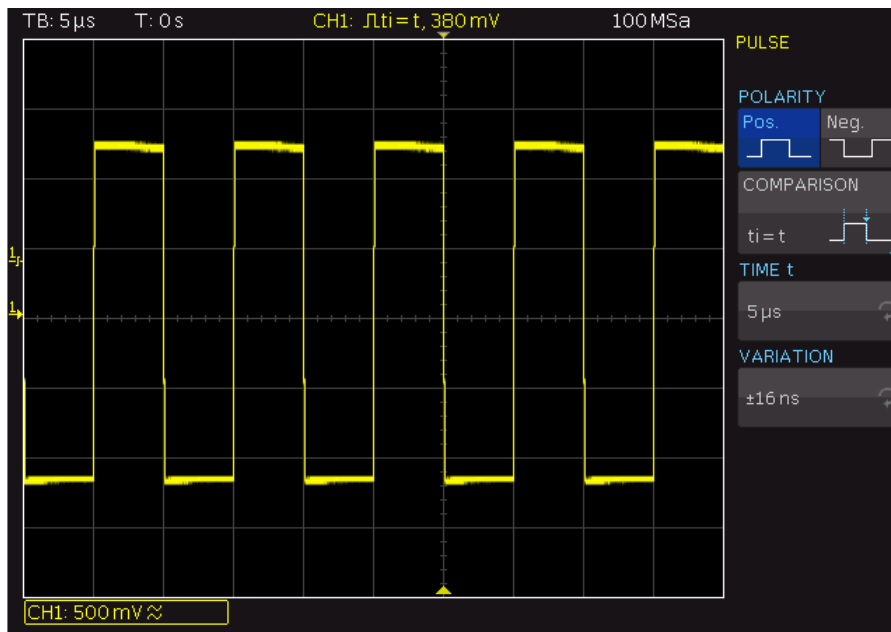
Примечание – Типы связи "LOWPASS" и "NOISE REJECT" нельзя использовать одновременно.

5.4 Запуск по импульсу

При запуске по импульсу прибор ищет положительный или отрицательный импульс определенной длительности, или диапазона длительности импульса. Если импульс в сигнале источника запуска удовлетворяет условиям запуска, осциллограф запускается по последнему фронту импульса. Для положительных импульсов это будет спадающий фронт, а для отрицательных импульсов – нарастающий.

1. Выберите TYPE > "PULSE".
2. Для выбора полярности несколько раз нажмите клавишу SLOPE.
Выбранная полярность будет показана над клавишей, а также в верхней части сетки на экране.
3. Для установки уровня запуска используйте поворотную ручку LEVEL.
4. Выберите FILTER.

Настройки фильтра задают направление импульса и его длительности для запуска по импульсу:

**TIME t, TIME t₁, TIME t₂, VARIATION (время t, t₁, t₂, отклонение)**

Выбор опорной длительности импульса в зависимости от заданного режима сравнения.

Время сравнения можно задать в диапазоне от 16 нс до 10 с. Для значений не более 1 мс разрешение составляет 2 нс, а для значений свыше 1 мс разрешение составляет 1 мкс.

Отклонение можно задать в диапазоне от ±8 нс до ±657,5 мкс с разрешением 8 нс.

POLARITY (полярность)

Выбор полярности, аналогично клавише SLOPE. Для положительных импульсов задается длительность от нарастающего до спадающего фронтов, а для отрицательных, соответственно, от спадающего до нарастающего фронтов. Впоследствии запуск всегда происходит по второму перепаду импульса.

COMPARISON (сравнение)

Выбор режима сравнения измеренной длительности импульса с заданными пределами.

"t _i > t"	Запуск по импульсам, длиннее опорного времени t.
"t _i < t"	Запуск по импульсам, короче опорного времени t.
"t _i = t"	Запуск по импульсам, длительность которых равна опорному времени t. Опорное время включает в себя время t плюс отклонение.
"t _i ≠ t"	Запуск по импульсам, длительность которых не равна опорному времени t. Опорное время включает в себя время t плюс отклонение.
"t ₁ < t _i < t ₂ "	Запуск по импульсам короче опорного времени t ₂ и длиннее опорного времени t ₁ .
"Not(t ₁ < t _i < t ₂)"	Запуск по импульсам длиннее опорного времени t ₂ и короче опорного времени t ₁ .

5.5 Логический запуск

С помощью логического запуска (также известного как запуск по шаблону) можно выполнять запуск по любой логической комбинации активных входных каналов. Логический запуск помогает в проверке работы цифровой логики при установленной опции смешанных сигналов R&S RTC-B1.

Можно также задать ограничение по времени для шаблона. Благодаря этому можно проводить запуск по шаблонам шины для параллельных шин.

Можно проверить все настройки логического запуска без подключения логического пробника.

Перед настройкой логического запуска необходимо убедиться, что заданы корректные пороговые значения.

- Аналоговые каналы: в меню "Channel" > "Threshold", см. "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Логические каналы: в меню "LOGIC POD" (логические сигналы), см.

Шаблон настраивается в меню "SOURCE" (источник). Ограничение по времени настраивается в меню "FILTER" (фильтр).

5.5.1 Логический шаблон

В меню "SOURCE" (источник) можно задать логический шаблон. Конфигурация отображается в окне на экране.

1. Выберите TYPE > "LOGIC" (логический).
2. Нажмите клавишу SOURCE.
3. Используйте универсальную поворотную ручку для выбора логического канала "LOGIC CHANNEL", для которого необходимо установить логическое состояние.
4. Несколько раз нажмите клавишу "STATE" (состояние) до получения требуемого состояния.
5. Повторите шаги 3 и 4 для каждого канала в шаблоне.
6. Выберите логическую комбинацию "COMBINATION" каналов.
7. Выберите запуск по логическому шаблону истина или ложь: "TRIGGER ON".

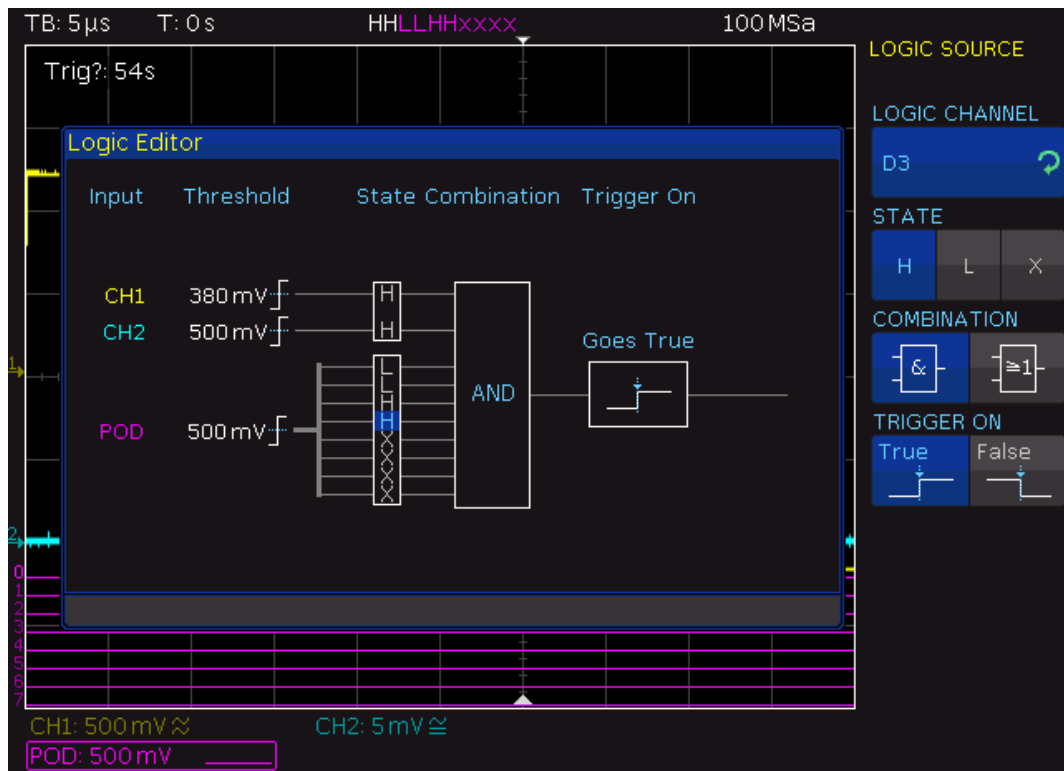


Рисунок 5-1 – Настройка шаблона для логического запуска

LOGIC CHANNEL (логический канал)

Выбор канала, в котором необходимо задать логическое состояние. Настройка всегда активна.

STATE (состояние)

Выбор состояния канала: высокое ("H"), низкое ("L") или не имеет значения ("X").

COMBINATION (комбинация)

Установка логической комбинации каналов:

"AND" (И)	Состояние всех каналов должно быть в заданном уровне, чтобы в результате получилась логическая единица ("H", истина).
"OR" (ИЛИ)	Хотя бы один из каналов должен быть в заданном уровне, чтобы в результате получилась логическая единица ("H", истина).

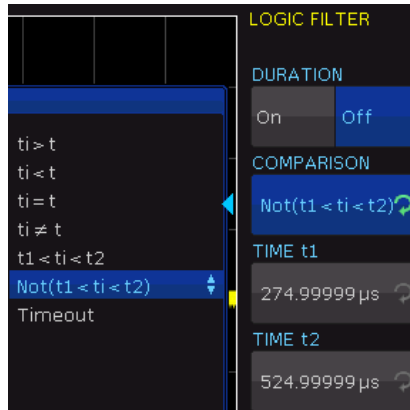
TRIGGER ON (вкл. запуска)

Выбор запуска в начале ("TRUE") или в конце выполненного логического условия ("FALSE").

5.5.2 Ограничение по времени

Для установки ограничения по времени для шаблона есть несколько возможностей. Они схожи с настройками длительности импульса, см. главу 5.4 "Запуск по импульсу" на стр. 45.

1. Выберите TYPE > "LOGIC" (логический).
2. Нажмите клавишу FILTER.
3. Для включения ограничения по времени нажмите "DURATION" (длительность).



4. Установите режим сравнения "COMPARISON" и опорное время "TIME t".

Возможны следующие настройки:

- "Timeout" и "TIME t".
Установка минимального времени, в течение которого сигналы должны соответствовать шаблону.
- "ti > t" или "ti < t" и "TIME t"
Запуск происходит при изменении состояния сигналов относительно шаблона до истечения или после истечения заданного интервала времени.
- "ti = t", "TIME t" и "Variation":
Запуск происходит при соблюдении шаблона в течение заданного интервала времени $time\ t \pm variation$.
- "ti ≠ t", "TIME t" и "Variation":
Запуск происходит, если условие шаблона соблюдается на протяжении интервала времени короче, чем $time\ t - variation$, или длиннее, чем $time\ t + variation$.
- "t1 < ti < t2", "TIME t1" и "TIME t2"
Запуск происходит при соблюдении условий шаблона в течение интервала времени от t1 до t2. Эта настройка аналогична установке длительности интервала "Width =" и отклонения. Временные значения взаимосвязаны и изменяются соответствующим образом.
- "Not(t1 < ti < t2)", "TIME t1" и "TIME t2"
Запуск происходит, если условия шаблона соблюдается в течение интервала времени короче, чем t1, или длиннее чем t2. Эта настройка аналогична установке длительности интервала "Width =" и отклонения. Временные значения взаимосвязаны и изменяются соответствующим образом.

5.6 Запуск по видеосигналу

Запуск по ТВ- или видеосигналу TV/Video используется для анализа аналоговых модулирующих видеосигналов. Можно синхронизироваться по модулирующим видеосигналам стандартного и высокого разрешения, подключенным к аналоговому входу.

1. Выберите TYPE > "VIDEO" (видеосигнал).
2. Выберите FILTER.

В меню видеофильтра можно задать следующие настройки:

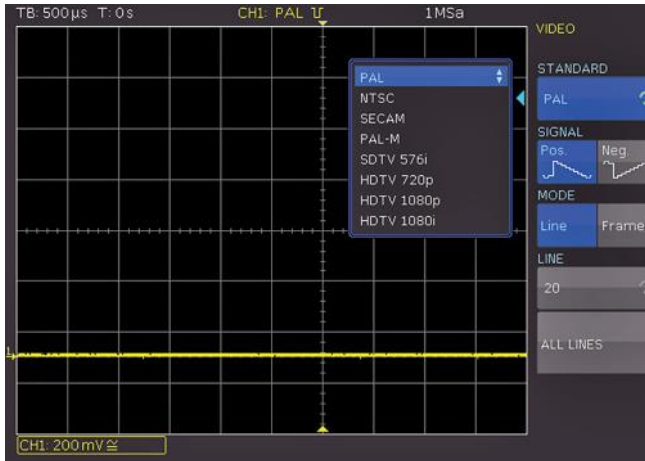


Рисунок 5-2 – Меню запуска по видеосигналу

STANDARD (стандарт)

Выбор ТВ стандарта.

- PAL
- NTCS
- SECAM
- PAL-M
- SDTV 576i Interlaced
- HDTV 720p Progressive
- HDTV 1080p Progressive
- HDTV 1080i Interlaced

SIGNAL (сигнал)

Выбор полярности синхроимпульса (положительная или отрицательная). При положительной видео модуляции, когда максимальный уровень яркости представлен максимальным напряжением сигнала на изображении, синхроимпульс имеет отрицательную полярность. Если модуляция отрицательная, синхроимпульс имеет положительную полярность. Фронт синхроимпульса используется для запуска, поэтому выбор неправильной полярности приведет к случайному запуску по видеоинформации.

MODE (режим)

Выбор запуска по строке или по кадру.

"LINE" Запуск по началу видеостроки. Можно выбрать определенную строку в диапазоне от 1 до 625, или проводить запуск по всем строкам.

"FRAME" Запуск по началу полукадра, либо по четным, либо по нечетным полукадрам.

5.7 Выходные синхроимпульсы

На разъем AUX OUT можно вывести импульс для каждого события запуска, тем самым показывая частоту запусков.

1. Нажмите клавишу UTIL в области Vertical панели управления.
2. На стр. 2|2 выберите функцию "ACQ. TRIGGER EV."

5.8 Вход внешнего запуска

Можно использовать внешний сигнал запуска, например, CS (chip select, выбор кристалла) шины SPI. Внешний сигнал запуска отображается зеленой линией.

1. Нажмите клавишу POD.
2. Для активации внешней синхронизации нажмите функциональную клавишу "EXT".
3. Нажмите клавишу MENU в области Vertical.
4. Нажмите функциональную клавишу "EXT. THRESHOLD" и задайте пороговое значение для внешнего сигнала запуска

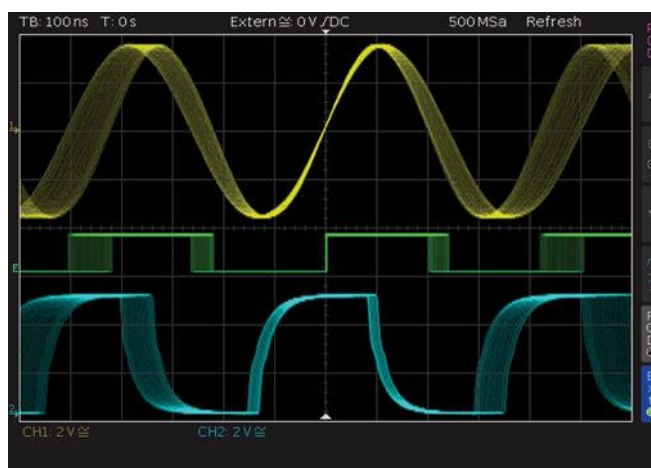


Рисунок 5-3 – Внешний сигнал запуска

6 Анализ

В осциллографе R&S RTC1002 имеются различные функции для анализа осциллограмм на экране.

• Масштабирование.....	52
• Маркеры	53
• XY-диаграмма.....	55
• Математические операции	55
• Частотный анализ (БПФ).....	63
• Тестирование по маске	66
• Тестирование компонентов	68
• Цифровой вольтметр.....	72

6.1 Масштабирование

Осциллограф R&S RTC1002 обладает объемом памяти 1 млн отсчетов (2 млн отсчетов в режиме чередования).

Благодаря этому прибор может записывать длинные и сложные сигналы. Для более подробного анализа таких записей можно использовать функцию масштабирования.

► Нажмите клавишу ZOOM в области Horizontal.

Экран разделяется на два окна. В верхнем окне отображается вся временная шкала. Нижнее окно — это окно масштабирования, в нем отображается увеличенный фрагмент верхнего окна. Увеличенный фрагмент отмечается двумя курсорами в верхнем окне. Если активно несколько каналов, все отображаемые каналы масштабируются одинаково, на одну и ту же величину в одном и том же положении.

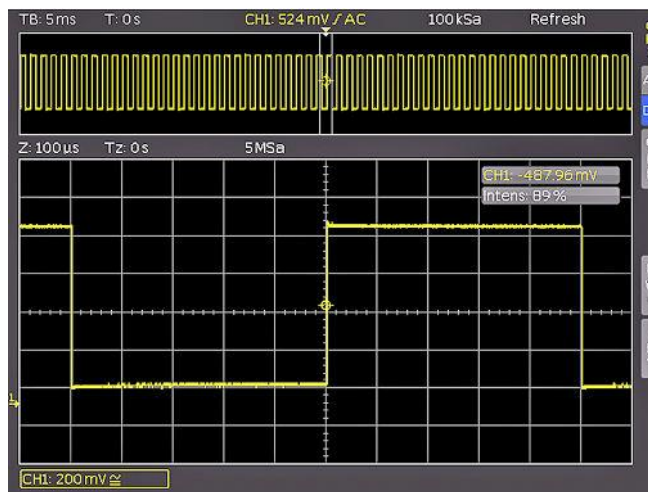


Рисунок 6-1 – Окно масштабирования с разрешением по времени 100 мкс на деление, длительность увеличенного фрагмента составляет 12 мс

Над окном масштабирования отображается увеличенная временная шкала "Z" (коэффициент масштабирования), которая определяет ширину увеличенной области (12 делений x масштаб одного деления). Параметр "Tz" отображает время увеличения и определяет положение увеличенной области. Настройки временной шкалы верхнего окна отображаются серым цветом, а настройки временной шкалы увеличенной области – белым.

Изменение настроек масштабирования

1. Если увеличенная временная шкала отмечена белым цветом, окно масштабирования активно. Используйте поворотную ручку SCALE в области Horizontal для регулировки коэффициента масштабирования "Z".
2. Измените положение увеличенной области "Tz" с помощью поворотной ручки POSITION в области Horizontal.

Изменение настроек временной шкалы верхнего окна

1. Нажмите поворотную ручку SCALE в области Horizontal.
Теперь настройки временной шкалы подсвечиваются белым цветом, а настройки увеличенной временной шкалы – серым. Активно верхнее окно.
2. Используйте поворотную ручку SCALE в области Horizontal для регулировки временной шкалы исходной осциллограммы "TB".
3. Для изменения положения запуска используйте поворотную ручку POSITION в области Horizontal.

Функция масштабирования недоступна в режиме прокрутки, так как значения сигнала по оси X всегда захватываются при максимальном объеме памяти. В режиме сбора "NORMAL" в памяти всегда сохраняется больше данных, чем можно отобразить на экране. По этой причине можно масштабировать сигнал, используя данные из памяти. Значения по оси Y (амплитуда сигнала) можно также масштабировать и в режиме прокрутки, так как они применяются к указанной оси.

6.2 Маркеры

Маркеры позволяют выделить определенные места на экране, например, нарастающий или спадающий фронт импульса, неожиданное значение сигнала, или результаты поиска. Маркеры также можно использовать для выделения области, которую необходимо увеличить, и для быстрого перемещения по данным. Можно установить до 8 маркеров времени.

Для установки маркера:

1. Нажмите клавишу MENU в области Horizontal.
2. Нажмите верхнюю функциональную клавишу для вызова меню "Marker".
Откроется меню "Marker".
3. Нажмите клавишу SET/CLR для установки маркера времени на 6-м делении. Это положение является центром масштабной сетки при закрытом меню функциональных клавиш.
Маркеры времени представляют собой серо-голубые вертикальные линии.
4. Для перемещения сигнала вместе с установленным маркером используйте поворотную ручку POSITION в области Horizontal.
5. Определите интересующую часть сигнала и разместите ее в центре экрана.
6. Нажмите клавишу SET/CLR для установки маркера в выбранном положении.

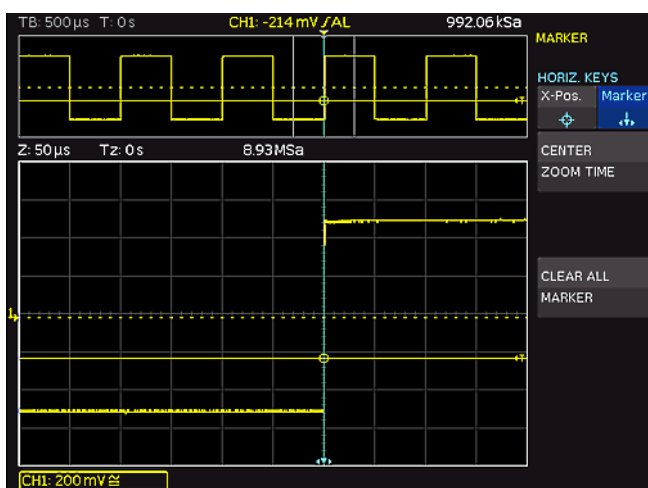


Рисунок 6-2 – Маркер в режиме масштабирования

1. Для переключения между маркерами используйте клавиши со стрелками. Выбранный маркер помещается в центре экрана. Таким образом, можно быстро сравнить отмеченные части сигнала в режиме масштабирования.
2. Для удаления маркера установите его в центр экрана. Нажмите клавишу SET/CLR.

Меню Marker содержит дополнительные функции.

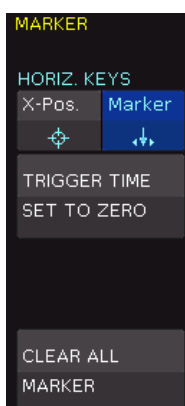


Рисунок 6-3 – Меню Marker

TRIGGER TIME SET TO ZERO (нулевое время запуска)

Установка времени запуска на 0 с.

CLEAR ALL MARKER (очистить все маркеры)

Удаление всех маркеров времени.

6.3 XY-диаграмма

XY-диаграммы объединяют уровни напряжения двух сигналов на одной диаграмме. Уровни напряжения первого сигнала отображаются по оси Y, а уровни напряжения второго сигнала – по оси X. Другими словами, вместо временной шкалы X используются значения амплитуды второго источника.

Итоговые XY-диаграммы для гармонических сигналов известны как фигуры Лиссажу. Они используются для анализа частотных и фазовых соотношения двух сигналов, а также для измерения фазового сдвига. Если частоты практически одинаковые фигура вращается. Если частоты одинаковы, фигура неподвижна и по ее форме можно оценить соотношение фаз.

1. Активируйте оба аналоговых канала.
2. Нажмите клавишу UTIL в области Vertical.
3. На стр. меню 2|2 нажмите клавишу "XY".
4. Назначьте каналы осям.

На экране отобразятся одна большая и две маленьких диаграммы. На большой диаграмме отображается XY-диаграмма. На маленьких диаграммах отображаются источники сигналов для осей X и Y, как обычные сигналы во времени.

6.4 Математические операции

Расчетные осциллограммы являются математически вычисляемыми осциллограммами. Осциллограф R&S RTC1002 обеспечивает два способа использования математических вычислений:

- С помощью функции быстрых вычислений (Quick Mathematics, QM) можно создать одну расчетную осциллограмму на основе базовых математических операций над каналом 1 и каналом 2.
- С помощью функции расширенных вычислений (advanced mathematics, MA) можно создать до пяти наборов формул. Каждый набор формул может включать до пяти уравнений. В формулах можно использовать больше операторов и больше источников, чем в функции Quick Mathematics. Наборы формул можно сохранять и загружать для дальнейшего использования.

Математические функции отслеживают изменения источников сигналов. Они применяются к видимой части экрана. Если сигнал обрывается на краю экрана, соответствующая математическая кривая также будет обрезана.

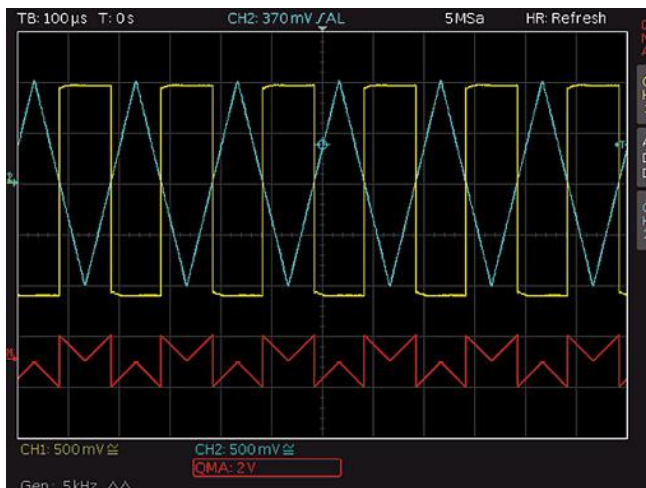


Рисунок 6-4 – Пример расчетной осциллограммы

- ▶ Для масштабирования расчетной осциллограммы:
 - а) Выберите расчетную осциллограмму.
 - б) Используйте поворотную ручку SCALE в области Vertical.

6.4.1 Функция Quick Mathematics (QM)

Функция Quick mathematics позволяет создать одну расчетную осциллограмму с помощью базовых математических операций над аналоговыми каналами 1 и 2.

1. Нажмите клавишу MATH в области Vertical.

Откроется сокращенное математическое меню.
2. Нажимайте самую нижнюю функциональную клавишу, пока пункт "QM" не подсветится красным цветом.

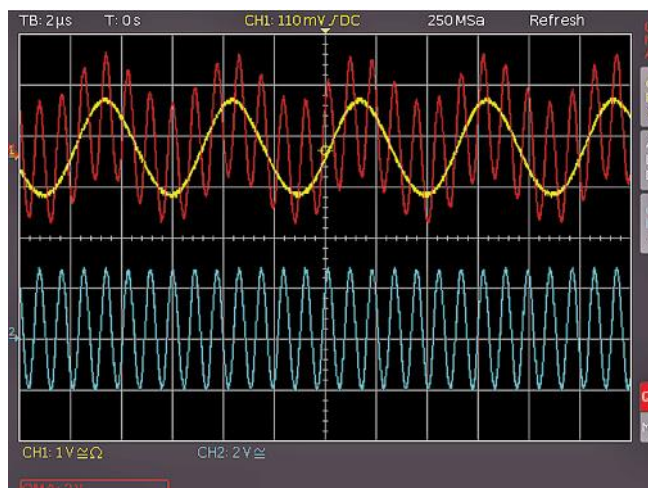
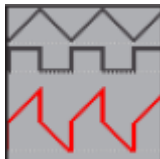

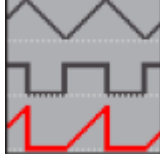
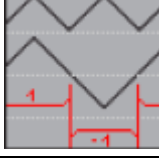


Рисунок 6-5 – Сокращенное меню функции Quick Mathematics

3. Настройка математической функции:
- Нажмите верхнюю функциональную клавишу для выбора первого операнда (канала).
 - Нажмите вторую функциональную клавишу для выбора математической операции.
 - Нажмите третью функциональную клавишу для выбора второго операнда (канала).
- Совет** – При нажатии клавиши MENU в области Vertical можно отображается полное меню.

Можно выбрать следующие математические операции:

ADD	Сложение	
SUB	Вычитание	
MUL	Умножение	
DIV	Деление	

6.4.2 Функция Advanced Mathematics

С помощью функции Advanced Mathematics (MA) можно создать до пяти наборов формул. Каждый набор формул может включать до пяти уравнений. В формулах можно использовать больше операторов и больше источников, чем в функции Quick Mathematics. Наборы формул можно сохранять и загружать для дальнейшего использования.

6.4.2.1 Создания набора формул и добавление к нему уравнений

- Нажмите клавишу MATH в области VERTICAL.
Откроется сокращенное математическое меню.
- Нажимайте самую нижнюю функциональную клавишу, пока пункт "MA" не подсветится красным цветом.
- Нажмите клавишу MENU на панели управления Vertical.

Откроется меню Mathematics, в котором можно выбрать набор формул и задать для него уравнения.

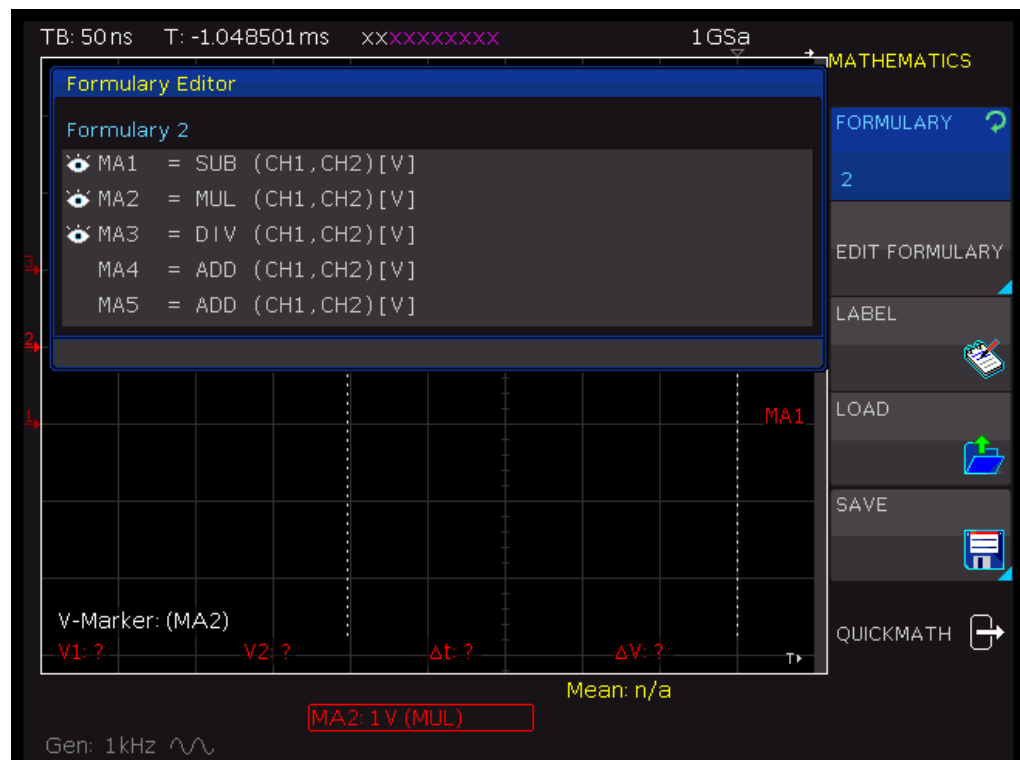


Рисунок 6-6 – Меню Mathematics

4. Для выбора набора формул используйте универсальную поворотную ручку в области Cursor/Menu.
5. Для вызова меню редактирования уравнения нажмите "EDIT FORMULARY" (правка формулы).
6. Для выбора уравнения используйте универсальную поворотную ручку в области Cursor/Menu.
7. Для добавления уравнения:
 - а) Используйте универсальную поворотную ручку для выбора пункта "new..." (создать) в редакторе.
 - б) Нажмите "ADD" (добавить).
Будет добавлено новое уравнение, которое можно отредактировать.
8. Для удаления уравнения из набора формул нажмите "DELETE" (удалить).

6.4.2.2 Редактирование уравнений

При создании уравнений задаются математические вычисления и параметры отображения.

1. В меню "EDIT FORMULARY" (правка формулы) выберите уравнение.
2. Нажимайте функциональную клавишу "EDIT" (правка) до тех пор, пока не будет выбран пункт "Display" (отображение).

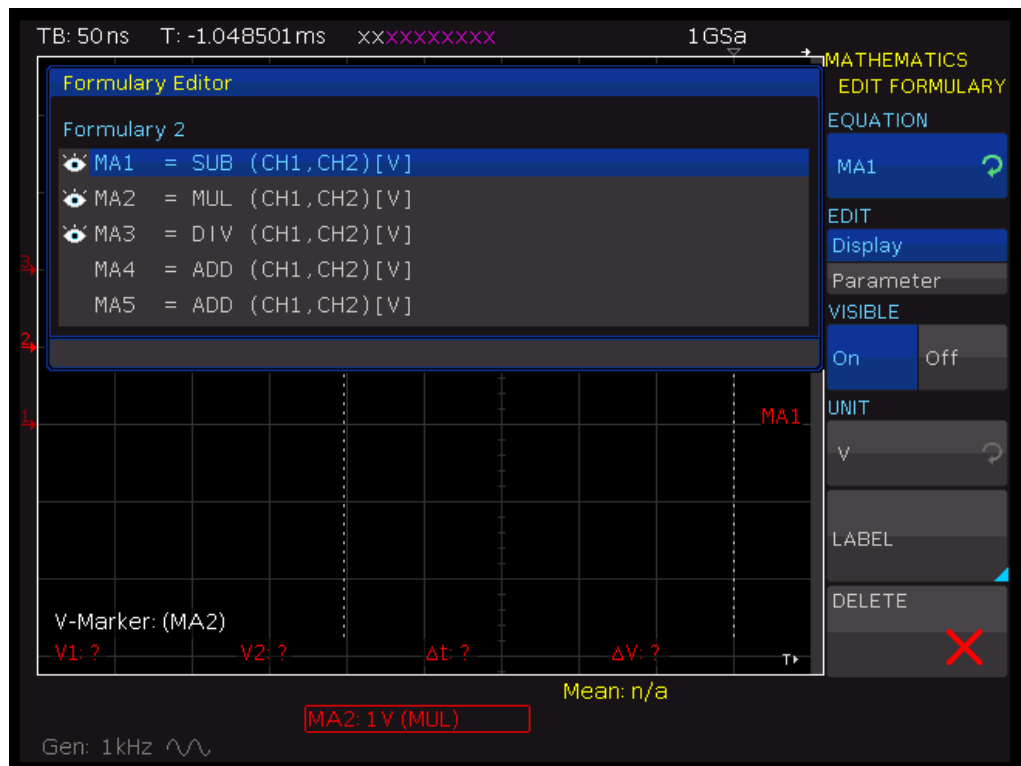


Рисунок 6-7 – Параметры отображения для уравнений

- Для активации уравнения нажимайте "VISIBLE" (видимый) до тех пор, пока не будет выбран пункт "On" (вкл.).

Активное отображаемое уравнение отмечается символом глаза в редакторе формул, а также отображается в сокращенном меню.

- Нажмите функциональную клавишу "UNIT" (единицы измерения). Выберите единицы измерения с помощью универсальной поворотной ручки.

Доступны единицы измерений для всех стандартных вычислений. Выбранные единицы измерений применяются к описанию канала, типам курсоров и типам автоматических измерений.

- Для изменения названия уравнения:

- Нажмите функциональную клавишу "LABEL" (метка).
- Для выбора предустановленной метки нажмите "LIBRARY" (библиотека).
- Для изменения метки нажмите функциональную клавишу "EDIT LABEL" (правка метки). Введите название метки с клавиатуры.

Название уравнения отображается в редакторе набора формул. Оно также отображается на экране вместо стандартных меток.

- Нажимайте функциональную клавишу "EDIT" (правка) до тех пор, пока не будет выбран пункт "Parameter" (параметр).



Рисунок 6-8 – Параметры уравнения (редактор формул)

- Нажмите OPERATOR. Используйте универсальную поворотную ручку для выбора оператора.
- Для выбора операндов используйте функциональные клавиши "OPERAND" (операнд).
Для каждого уравнения в качестве операндов (источников) доступны входные каналы CH1, CH2 и константа. Для формулы MA2 в качестве источника доступна также формула MA1, для формулы MA3 дополнительными источниками являются формулы MA1 и MA2, для формулы MA4 – MA1, MA2 и MA3 и т.д.
- Для ввода константы нажмите "EDIT CONSTANT" (правка константы) и используйте универсальную поворотную ручку в области CURSOR/MENU для выбора одной из следующих констант:

Имеется возможность:

- Выбрать предустановленную константу (π , $2*\pi$, $0.5*\pi$).
- Изменить константу:
 - Выберите одну из констант "User: 1" ... "User: 10".
 - Нажмите NUMERIC INPUT
 - Нажмите "VALUE" (значение). С помощью универсальной поворотной ручки введите числовое значение.
 - Нажмите "DECIMAL POINT" (десятичная точка). Задайте положение десятичного разделителя.
 - Для ввода дополнительного префикса СИ нажмите "PREFIX" (префикс).
 - Выберите "UNIT" (единицы измерения).



Рисунок 6-9 – Настройка константы

6.4.2.3 Сохранение и загрузка набора формул

После ввода всех уравнений в наборе его можно сохранить.

1. Откройте меню "MATHEMATICS" (математические операции).
2. Нажмите "SAVE" (сохранить).
3. Сохраните набор формул:
 - а) Выберите каталог хранения в поле "STORAGE" (хранилище).
 - б) Введите название файла в поле "FILE NAME" (имя файла).
 - в) Дополнительно укажите комментарий "COMMENT" (комментарий).
4. Для использования сохраненного набора формул нажмите "LOAD" (загрузить).

6.4.2.4 Пример

В этом примере показан анализ осциллограммы сигнала электропитания. Напряжение на нагрузке измеряется с помощью дифференциального пробника, подключенного к каналу 2. Ток измеряется с помощью токового пробника, подключенного к каналу 1. Напряжение измеряется с помощью активного дифференциального пробника, подключенного к каналу 2.

Создание уравнения CURRENT (ток)

1. Нажмите "EDIT FORMULARY" (правка формулы) для вызова набора формул 1.
2. Выберите уравнение "MA1".

3. Выберите "EDIT" = "Display".
4. Присвойте уравнению единицы измерения "A" (амперы) с помощью функции "UNIT" (единицы измерения).
5. Нажмите "LABEL" (метка) и введите название *CURRENT* (ток).
6. Выберите "EDIT" = "Parameter".
7. Выберите канал "CH1" в качестве операнда "OPERAND 1" и константу "Const." в качестве операнда "OPERAND 2".
8. Нажмите "EDIT CONSTANT" (правка константы) для ввода константы: "NUMERIC INPUT" = 0.1.



Рисунок 6-10 – Создание уравнения для тока

Для курсорных и автоматических измерений будут заданы корректный масштаб и единицы измерения.

Создание уравнения POWER (мощность)

1. Добавьте новое уравнение "MA2" к набору формул 1.
2. Выберите "EDIT" = "Parameter".
3. Выберите умножение "Multiplication" в качестве оператора "OPERATOR", уравнение "CURRENT" в качестве операнда "OPERAND 1" и канал "CH2" в качестве операнда "OPERAND 2".
4. Выберите "EDIT" = "Display".
5. Присвойте уравнению единицы измерения "W" (ватты).
6. Нажмите "LABEL" (метка) и введите название *POWER* (мощность).

Создание уравнения ENERGY (энергия)

1. Добавьте третье уравнение "MA3" к набору формул 1.
2. Выберите "EDIT" = "Parameter".
3. Выберите интеграл "Integral" в качестве оператора "OPERATOR" и уравнение "POWER" в качестве операнда "OPERAND 1".

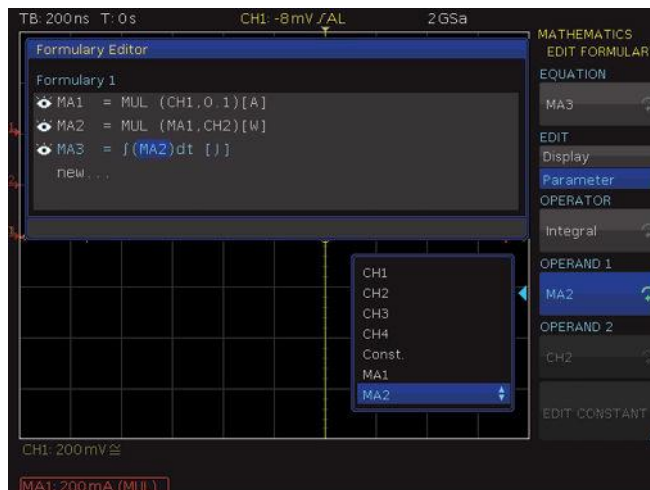


Рисунок 6-11 – Создание уравнения для мощности

4. Выберите "EDIT" = "Display".
5. Присвойте уравнению единицы измерения "J" (джоули).
6. Нажмите функциональную клавишу "LABEL" (метка) и введите название *ENERGY* (энергия).

Теперь все уравнения созданы и можно отобразить и проанализировать результат. Математический анализ можно провести с помощью курсорных или автоматических измерений. Все результаты измерений корректно отображаются с правильными единицами измерений: амперы, ватты, и джоули.

6.5 Частотный анализ (БПФ)

Быстрое преобразование Фурье (БПФ) в осциллографе работает не так, как в анализаторе спектра. На вычисление БПФ влияют настройки временной шкалы и доступное число используемых собранных точек данных. В расчет БПФ можно включить до 128 тыс. точек. БПФ не подходит для анализа медленно меняющихся сигналов (герцовый диапазон).

- Для включения режима БПФ нажмите клавишу FFT в области Analysis

Частотный анализ (БПФ)

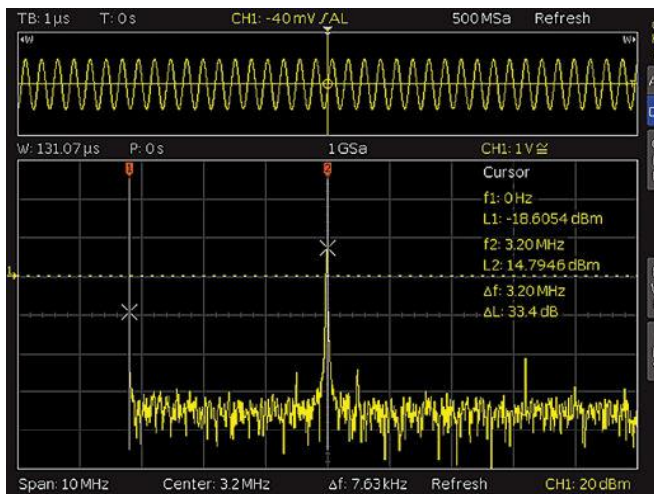


Рисунок 6-12 – Режим БПФ

В режиме БПФ экран разделяется на две масштабные сетки:

- В верхней сетке отображается осциллограмма напряжения сигнала во времени. Настройки временной шкалы показаны над сеткой слева.
- В области между верхней и нижней сетками отображается информация о масштабе и местоположении.
- В нижней большой сетке показана частотная область с наиболее часто встречающимися в сигнале частотами и соответствующими им амплитудами.
- В строке под сеткой с БПФ отображаются настройки частотной области (полоса обзора Span и центральная частота Center).

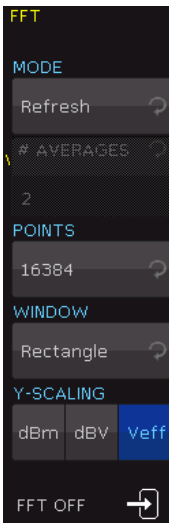
Если активна сетка БПФ она выделяется белым цветом, а поворотная ручка SCALE в области Horizontal позволяет изменить полосу обзора БПФ анализа. Полоса обзора задается в Гц (герцах) и определяет ширину отображаемого диапазона частот. Положение полосы обзора определяется значением центральной частоты, которое можно задать с помощью поворотной ручки POSITION в области Horizontal. Отображаемый диапазон частот составляет от $(Center - Span/2)$ до $(Center + Span/2)$.

Минимальный шаг изменения частоты зависит от масштаба по оси времени. Чем больше масштаб, тем меньше полоса обзора. Другой важной настройкой для БПФ анализа является "Max. Sampling Rate" (максимальная частота дискретизации) в меню "ACQUIRE" (сбор данных).

- ▶ Для переключения настроек между временной областью, масштабированием и частотной областью используйте поворотную ручку SCALE в области Horizontal.

Активные настройки подсвечиваются белым цветом, неактивные настройки – серым.

В меню FFT содержатся остальные настройки.

**MODE (режим)**

Выбор режима отображения:

"REFRESH"
(обновление)

Вычисление и отображение результатов БПФ без дополнительной обработки и редактирования захваченных данных. После захвата новые данные отображаются и перезаписывают предыдущие сохраненные значения.

"ENVELOPE"
(оггибающая)

Максимальные отклонения для всех спектров сохраняются отдельно в дополнении к текущему спектру. Они обновляются с каждым новым рассчитанным спектром. Максимальные значения отображаются вместе с входными данными и формируют линию оггибающей. Спектр располагается в пределах оггибающей линии. Огибающая формирует область или карман, включающий все встречавшиеся значения сигнала БПФ. Если параметры сигнала изменяются, линия оггибающей сбрасывается.

"AVERAGE"
(среднее)

Вычисление среднего значения по нескольким спектрам для снижения шума. Функциональная клавиша "AVERAGES" позволяет задать количество спектров, используемых для вычисления среднего значения.

POINTS (число точек)

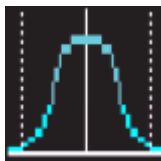
Выбор максимального значения захваченных точек, используемых для расчета БПФ. Возможны следующие значения: 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536, 131072 точек.

WINDOWS (окна)

Выбор типа окна для улучшения отображения результатов БПФ. Различные оконные функции, заложенные в осциллограф R&S RTC1002, соответствуют различным входным сигналам. Каждая из оконных функций имеет особые характеристики, включая некоторые преимущества и ограничения. Данные характеристики необходимо выбирать аккуратно, чтобы подобрать оптимальное решение для измерительной задачи.

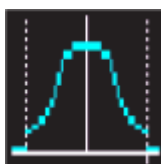
"Hanning"

Окно Хэннинга имеет колоколообразную форму. В отличие от окна Хэмминга, значение окна Хэннинга на границах измерительного интервала равно нулю. Благодаря этому снижается уровень шума в спектре, а ширина спектральных линий увеличивается. Это окно используется для точного измерения амплитуд периодического сигнала.

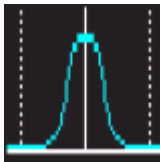


"Hamming"

Окно Хэмминга имеет колоколообразную форму. Оно имеет ненулевые значения на границах измерительного интервала. Из-за этого уровень шума внутри спектра у этого окна выше, чем у окна Хэннинга или Блэкмана, но ниже, чем у прямоугольного окна. Спектральные линии у окна Хэмминга уже, чем у остальных колоколообразных функций. Это окно используется для точного измерения амплитуд периодического сигнала.



"Blackman" Окно Блэкмана имеет колоколообразную форму и имеет самые резкие спады из всех доступных функций. Оно имеет нулевые значения на обеих границах измерительного интервала. Благодаря окну Блэкмана можно с высокой точностью измерить амплитуды сигнала. Однако определить частоту намного сложнее. Это окно используется для измерения сигналов с одиночными частотами для определения гармоник и точных однотональных измерений.



"Rectangle" Прямоугольное окно умножает все точки на единицу. В результате получается более высокая точность определения частоты, но при этом уровень шума увеличивается. Это окно используется для разделения двух тонов с практически одинаковыми амплитудами и небольшим различием в частоте.



Y-SCALING (масштаб по Y)

Установка масштаба для амплитуды БПФ: логарифмический ("dBm" / "dBV") или линейный ("Veff"). Единицы измерения дБмВт (децибел на милливатт) вычисляются относительно 1 мВт. Единицы измерения дБВ (децибел на вольт) вычисляются относительно 1 В_{эфф}.

FFT OFF (Выкл. БПФ)

Отключение функции БПФ. Также можно повторно нажать клавишу FFT на панели управления.

6.6 Тестирование по маске

Тестирование по маске позволяет проверить нахождение сигнала в заданных пределах. Пределы задаются маской. Если сигнал выходит за пределы маски, это считается ошибкой (нарушением). Число ошибок, число успешных выборок и общее число выборок подсчитываются и отображаются в нижней части экрана. Также выявление ошибок может запустить определенные операции.

Для вызова меню тестирования по маске

1. Нажмите клавишу UTIL в области Vertical.
2. На стр. меню 2|2 нажмите "PASS/FAIL" (норма/нарушение).
3. Для вызова меню снова нажмите UTIL и "PASS/FAIL".

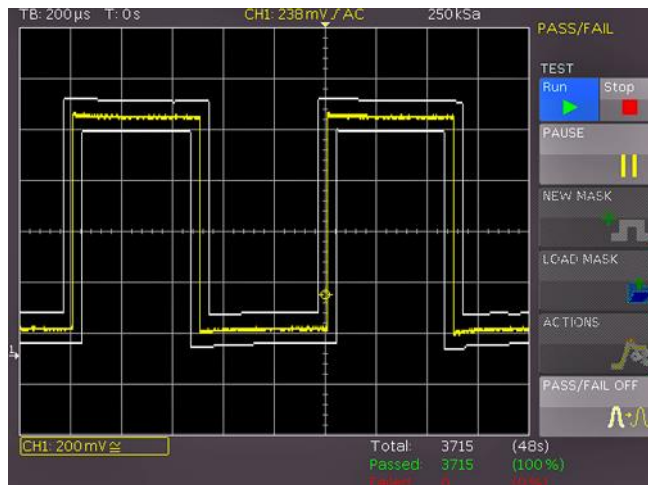


Рисунок 6-13 – Тестирование по маске PASS/FAIL (норма/нарушение)

Перед запуском тестирования по маске необходимо сформировать или загрузить маску и выбрать операцию.

Для создания новой маски

1. В меню "PASS/FAIL" (норма/нарушение) нажмите "NEW MASK" (создать маску).
2. Для копирования текущего сигнала в маску нажмите "COPY CHANNEL" (копировать канал).

Маска отображается белым цветом и накладывается на выходной сигнал.

3. Для вертикального смещения маски или для ее увеличения нажмите "Y-POSITION" (позиция по Y) и "STRETCH Y" (растянуть по Y) и используйте универсальную поворотную ручку
4. Для установки допусков для тестирования по маске нажмите "WIDTH Y" (ширина по Y) и "WIDTH X" (ширина по X). С помощью универсальной поворотной ручки или клавиши KEYPAD задайте значения с разрешением 1/100 деления.

Маска имеет минимальное и максимальное значения для каждого захваченного значения данных. Минимальное и максимальное значения для источника сигнала совпадают только с одним значением на точку данных. Ширина определяет расстояние от точек маски до исходных точек. Чем больше выбранное значение, тем больше могут быть отклонения осциллограммы по амплитуде.

Созданную и настроенную маску можно сразу использовать для проведения испытания, однако она лишь временно сохраняется в памяти прибора. Маски отображаются на экране в виде тонких белых осциллограмм. Если маска была скопирована или загружена, можно использовать меню для изменения пределов тестирования.

5. Для сохранения маски на USB-носителе или во встроенной памяти прибора нажмите "SAVE" (сохранить).
6. Для возврата к меню "PASS/FAIL" нажмите клавишу "Back" (назад).

Для загрузки маски

1. В меню "PASS/FAIL" (норма/нарушение) нажмите "LOAD MASK" (загрузить маску) для вызова файлового менеджера, который позволит загрузить ранее сохраненную маску для тестирования.

2. Выберите файл маски в файловом менеджере (расширение файла .MSK).
3. Загрузите выбранный файл.
4. Для изменения загруженной маски воспользуйтесь меню "NEW MASK" (создать маску).

Настроить загруженную маску можно так же, как и новую. Изменения в маске можно сохранить.

Для выбора действия:

1. В меню "PASS/FAIL" (норма/нарушение) нажмите "ACTIONS" (действия).
2. Выберите действие:
 - Вывод звукового сигнала при нарушении границ маски
 - Остановка по ошибке, число ошибок до остановки можно изменить
 - Вывод импульса на разъем AUX OUT при возникновении ошибки
 - Создание и сохранения на USB-носителе снимка экрана при первом нарушении
 - Печать на подключенном принтере
 - Сохранение данных осциллограммы в файл

Действие выполняется при выполнении определенных условий, например, при заданном числе нарушений маски.

3. Для возврата в меню "PASS/FAIL" нажмите клавишу "Back" (назад).

Для проведения тестирования по маске

1. В меню "PASS/FAIL" (норма/нарушение) нажмите "TEST Run/Stop" (запуск/остановка тестирования) для запуска тестирования.

Под сеткой белым цветом отображается общее число и общая продолжительность испытаний. Зеленым цветом показано число успешных испытаний и их процентное соотношение, а красным цветом показано число неудачных испытаний их процентное соотношение.

2. Для прерываний испытания во время сбора сигналов нажмите "PAUSE" (пауза).
3. Для продолжения испытания и подсчета всех событий снова нажмите "PAUSE".
4. Для завершения испытаний нажмите "TEST Stop" (остановка тестирования).

Подсчет событий и длительности испытаний завершится.

При запуске нового испытания с помощью "TEST Run" (запуск тестирования) все значения будут сброшены на нулевые значения.

5. Для отключения режима "PASS/FAIL" нажмите "PASS/FAIL OFF" (выкл. норма / нарушение).

6.7 Тестирование компонентов

Осциллограф R&S RTC1002 содержит встроенный тестер компонентов.

1. Подключите испытуемое устройство к разъему AUX OUT с помощью адаптера BNC/банан.



Рисунок 6-14 – Адаптер BNC/банан, подключенный к разъему AUX OUT

2. Нажмите клавишу UTIL в области Vertical.
3. Нажмите "COMP. TEST" (тест компонентов).

⚠ CAUTION

Опасность поражения электрическим током

Перед началом испытания необходимо разрядить все конденсаторы.



Если компоненты проходят испытания в составе схемы или прибора, необходимо эту схему или прибор обесточить. Если они работают от сети питания, необходимо также извлечь кабель сети питания из испытуемого объекта. Благодаря этому исключаются контуры протекания тока между осциллографом и испытуемым объектом, которые могут исказить результаты измерения.

В режиме тестирования компонентов Y-предусилитель и генератор развертки отключаются. До тех пор, пока испытуемый модуль не подключен к какой-либо сети, на входах могут присутствовать сигналы. Есть возможность испытывать компоненты в составе их цепей, но в этом случае необходимо отключить все сигналы от BNC разъемов передней панели (см. главу 6.7.1 "Внутрисхемные испытания" на стр. 71). В основе измерений лежит встроенный в осциллограф R&S RTC1002 генератор, который формирует синусоидальный сигнал с частотой 50 Гц или 200 Гц ($\pm 10\%$). Синусоидальный сигнал подается на последовательное соединение испытуемого объекта и датчика на основе резистора.

- Если испытуемый объект замкнут, линия будет вертикальной (нет напряжения, максимальный ток).
- Если испытуемый объект разомкнут или отсутствует, линия будет горизонтальной (есть напряжения, но нет тока).
- Если испытуемый объект имеет только активную составляющую сопротивления, как, например, резистор, оба напряжения находятся в фазе, на экране отображается наклонная прямая линия.

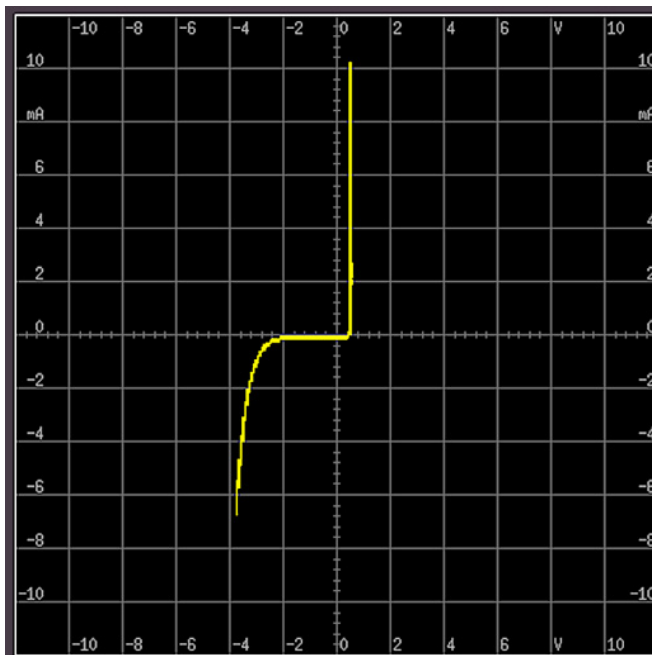


Рисунок 6-15 – Пример тестирования компонентов

Угол наклона линии является измеренным значением сопротивления. Возможны измерения резисторов с сопротивлением в диапазоне от Ом до кОм. Возможны измерения конденсаторов с емкостью в диапазоне от мкФ до мФ. Конденсаторы и катушки индуктивности добавляют фазовый сдвиг между напряжением и током, а соответственно и между напряжениями. Из-за фазового сдвига на экране отображается эллипс. Местоположение и форм-фактор эллипса определяются кажущимся импедансом на частоте 50 Гц (соответственно, 200 Гц).

- Эллипс с длинной горизонтальной осью соответствует высокому импедансу (малая емкость или большая индуктивность).
- Эллипс с длинной вертикальной осью соответствует низкому импедансу (большая емкость или малая индуктивность).
- Эллипс с длинной наклонной осью соответствует относительно большому паразитному сопротивлению, включенному последовательно с импедансом конденсатора или катушки индуктивности.

При тестировании полупроводников переход от непроводящего к проводящему состоянию отображается на их характеристиках. Прямая и обратная ветви характеристики отображаются с учетом доступных напряжений и токов (например, до 9 В для зенеровских диодов). Так как измерение компонентов является двухполюсным измерением, невозможно определить коэффициент усиления транзистора, однако можно измерить диоды Б-К, Б-Э, К-Э. За этим исключением диоды можно измерять без риска их повреждения, т.к. максимальное напряжение ограничено 9 В при токе всего в несколько мА. Однако это означает, что невозможно измерить напряжение пробоя > 9 В. Это не является недостатком, т.к. при наличии дефектов в схеме при измерениях возникнут грубые отклонения, которые будут указывать на неисправный компонент. Достаточно хорошие результаты можно получить при сравнении с результатами измерений неповрежденных компонентов. Это особенно хорошо работает для полупроводников. Благодаря этому можно определить полярность диодов или транзисторов при отсутствии маркировки. Следует обратить внимание, что при изменении полярности полупроводников изображение поворачивается на 180 градусов относительно центра экрана. На практике чаще всего используется простое выявление коротких замыканий и разрывов, которые являются наиболее распространенными причинами неисправности.

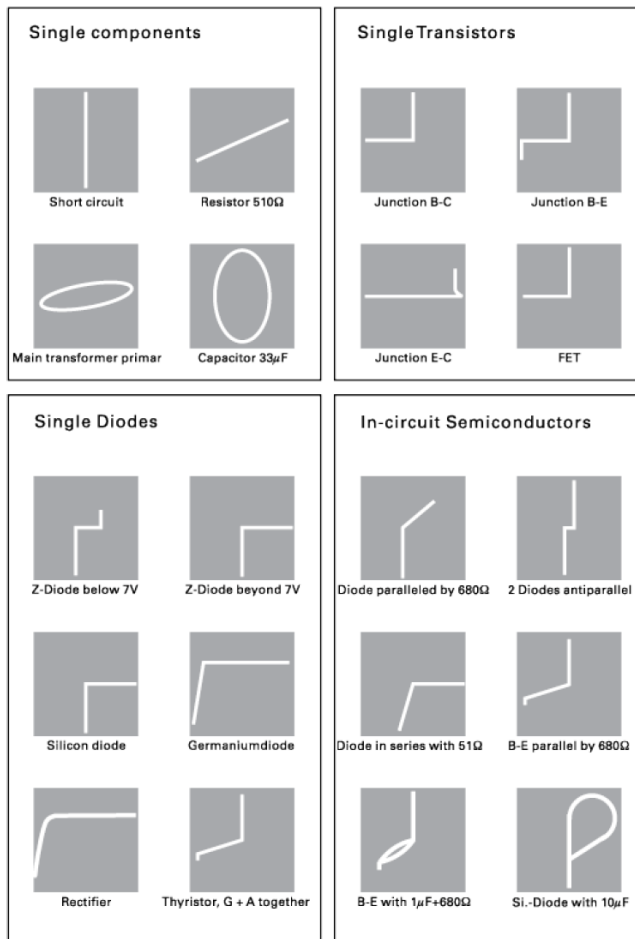


Рисунок 6-16 – Примеры результатов тестирования компонентов

NOTICE**Опасность повреждения прибора**

При работе с МОП компонентами необходимо соблюдать меры предосторожности. Их легко может повредить статический разряд или трибоэлектризация.

6.7.1 Внутрисхемные испытания

Существует возможность проводить внутрисхемные испытания, но они часто не позволяют получить достоверных результатов. Параллельное включение активных или реактивных сопротивлений – особенно если они имеют достаточно низкий импеданс на частоте 50 Гц/200 Гц – вносит наиболее значительное отклонение по сравнению с отдельными компонентами. Если часто приходится проводить испытание схем одного и того же типа (например, при техническом обслуживании), снова может помочь сравнение с исправными схемами. Его также можно провести быстро, т.к. исправная цепь не должна функционировать и не должна быть под напряжением.

Для проведения испытание однотипных схем

1. Подключитесь к различным контрольным точкам испытуемого устройства с помощью кабелей тестера компонентов.
2. Подключитесь к различным контрольным точкам исправного устройства с помощью кабелей тестера компонентов.
3. Сравните результаты на экране.
Иногда испытуемое устройство уже может содержать исправные части того же типа, например, стереосхемы, двухтактные схемы или симметричные мостовые схемы.
4. При наличии сомнений отпаяйте одну сторону подозрительного компонента.

6.8 Цифровой вольтметр

Цифровой вольтметр производит захват всех входных данных с выбранной вертикальной чувствительностью и с базовой точностью АЦП. Цифровой вольтметр не зависит от настроек захвата и постобработки преобразованных значений. Измеренные значения вычисляются на основе измерительного интервала, чтобы обеспечить заданный диапазон частот от 20 Гц до 100 кГц. Измерительный интервал цифрового вольтметра не равен временному интервалу сбора. Поэтому значения, измеренные с помощью цифрового вольтметра, не могут совпадать со значениями, полученными с помощью автоматических измерительных функций.

1. Нажмите клавишу UTIL в области Vertical.
2. Нажмите "DIG. VOLTMETER" (цифровой вольтметр).
Цифровой вольтметр отображает трехзначное значение напряжения.
3. Можно настроить четыре различных экрана измерений. Для каждого канала можно измерить и вывести на экран два значения:
 - а) Выберите основное измерение для канала 1 и канала 2.

- б) Нажмите "SECONDARY" (дополнительно) для соответствующего канала для выбора дополнительного измерения.

Доступны следующие основные и дополнительные измерения:

- OFF: измерения не проводятся
- DC: среднее значение
- DC RMS: СКЗ
- AC RMS: СКО
- CREST FACTOR: коэффициент амплитуды ($|X|_{\max}/X_{\text{RMS}}$)
- PEAK PEAK: Максимум - Минимум
- PEAK +: Максимум
- PEAK -: Минимум

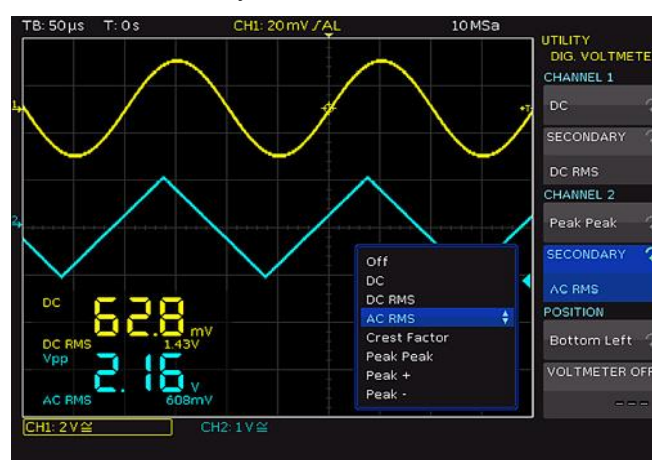


Рисунок 6-17 – Цифровой вольтметр

Основное измерение отображается крупным шрифтом, а дополнительное – мелким. Все измерения можно настроить независимо.

4. Для установки нового положения экрана измерений можно использовать функцию "POSITION" (позиция).

Примечание – При включении режима "XY" положение экрана цифрового вольтметра является предустановленным и не может быть изменено.

5. Для отключения функции цифрового вольтметра и закрытия меню нажмите "VOLTMETER OFF" (выкл. вольтметр).

7 Измерения

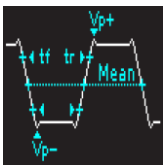
Есть несколько способов измерения сигнала: функция Quick view, курсорные измерения и автоматические измерения. Все измерения хранятся в буферной памяти, которая больше, чем экранная память.

7.1 Функция Quick View

Функция Quick view позволяет получить быстрый обзор основных характеристик сигнала. Результаты измерений отображаются в нижней части экрана и с помощью курсора на сигнале.



В режиме Quick View может быть активен только один канал. Все измерения выполняются на активном канале.



1. Нажмите клавишу QUICK VIEW в области Analysis.

2. Непосредственно на сигнале отображаются следующие значения:

- Максимальное напряжение (V_{p+})
- Среднее значение напряжения (Mean)
- Минимальное напряжение (V_{p-})
- Время нарастания сигнала (t_r)
- Время спада сигнала (t_f)

Следующие измеренные значения отображаются в нижней части экрана:

- СКЗ (среднеквадратическое значение)
- Размах напряжения
- Амплитуда
- Длительность положительного импульса
- Коэффициент заполнения положительного импульса
- Период
- Частота
- Число фронтов
- Длительность отрицательного импульса
- Коэффициент заполнения отрицательного импульса

3. Для выключения функции снова нажмите клавишу QUICK VIEW.

Шесть измеренных параметров в нижней правой части экрана можно изменить с помощью клавиши AUTO MEASURE, см. главу 7.3 "Автоматические измерения" на стр. 78.

7.2 Курсорные измерения

В осциллографах часто применяются курсорные измерения. В зависимости от типа измерения можно использовать до трех курсорных линий.

Для перемещения курсоров:

1. Для выбора курсорной линии нажмите универсальную поворотную ручку в области Cursor/Menu.
2. Для перемещения курсорной линии вращайте универсальную поворотную ручку.

Результаты измерений отображаются в нижней части экрана.

Если отображается значение "n/a", измерения для текущего сигнала провести нельзя. Например, такое может произойти при попытке измерить напряжение для канала "POD", т.к. в этом случае отображаются только логические состояния без опорного напряжения.

Если отображается значение "?", на экране не отображается полный результат измерения. Например, измеряемый период полностью не отображается на экране и не может быть определен.

7.2.1 Настройки курсорных измерений

- ▶ Нажмите клавишу CURSOR MEASURE в области Cursor/Menu.

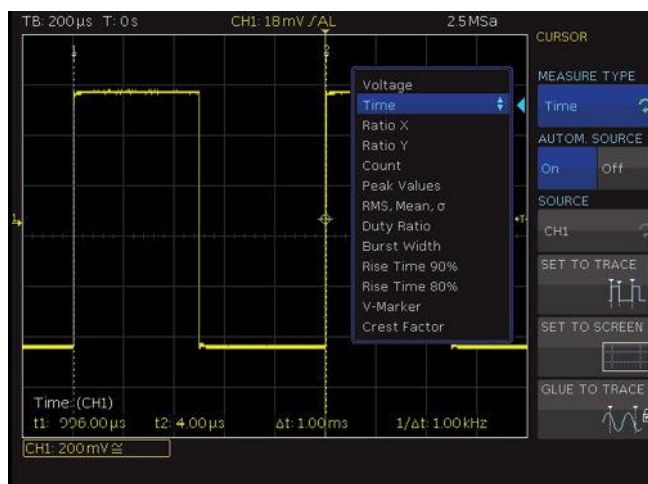


Рисунок 7-1 – Меню курсорных измерений

MEASURE TYPE (тип измерения)

Выбор типа измерений. Отдельные типы измерений описаны в [главе 7.2.2 "Типы измерений"](#) на стр. 76.

AUTOM. SOURCE, SOURCE (автоматический источник, источник)

Если активирована функция "AUTOM. SOURCE" ("On"), выбранный канал используется в качестве источника для этого измерения. Если функция "AUTOM. SOURCE" отключена ("Off"), можно задать канал в поле "SOURCE".

SET TO TRACE (установить на кривую)

Установить курсоры в оптимально положение на осциллограмме, что позволяет быстро и, как правило, оптимально разместить курсоры автоматически. Чаще всего потребуется лишь небольшая подстройка. Если функция "SET TO TRACE" не позволяет добиться приемлемого результата из-за сложной формы сигнала, с помощью клавиши "SET TO TRACE" можно расположить курсоры в предустановленном начальном положении и вернуть отдаленные курсоры на экран.

SET TO SCREEN (установить на экран)

Установка курсоров в их стандартное положение. Функцию можно использовать для возврата отдаленных курсоров на экран.

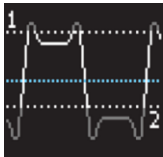
GLUE TO TRACE (привязать к кривой)

При активации этой функции курсоры остаются на выбранной точке данных, не изменяя свое положение на измеряемом сигнале при изменении масштаба (курсоры "приклеиваются" к сигналу). Измеренные значения не меняются.

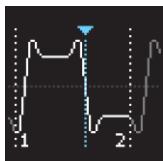
Если эта функция отключена, курсоры сохраняют свое положение на экране при изменении масштаба осциллограммы и измеренные значения изменяются.

7.2.2 Типы измерений

Доступны следующие типы курсорных измерений:

**Voltage (напряжение)**

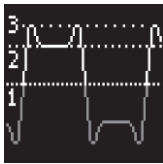
"Voltage" содержит два курсора и позволяет измерить три напряжения. Значения V1 и V2 соответствуют напряжению между опорной нулевой линией выбранного сигнала и текущим положением первого и второго курсора. Значение ΔV – это разница напряжений между двумя курсорами.

**Time (время)**

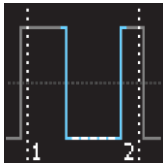
"Time" содержит два курсора и позволяет измерить три значения времени и соответствующие частоты. Значения t1 и t2 соответствуют времени между запуском и текущим положением первого и второго курсора. Значение Δt соответствует времени между двумя курсорами.

**Ratio X (отношение по X)**

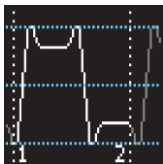
"Ratio X" содержит три курсора и позволяет измерить соотношение в направлении оси X (например, коэффициент заполнения) между первыми двумя курсорами и первым и третьим курсором. Измеряемые значения отображаются в четырех форматах (число с плавающей запятой, в процентах, в градусах и в радианах).

**Ratio Y (отношение по Y)**

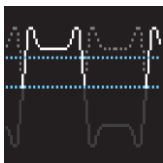
"Ratio Y" содержит три курсора и позволяет измерить соотношение в направлении оси Y (например, выбросы) между первыми двумя курсорами и первым и третьим курсором. Измеряемые значения отображаются в двух форматах (число с плавающей запятой и в процентах).

**Count (подсчет)**

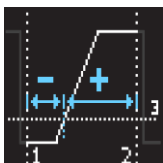
"Count" содержит три курсора для подсчета изменений сигнала, которые превышают порог на заданном интервале. Интервал задается первыми двумя курсорами, а порог задается третьим курсором. Измеренные значения отображаются в четырех форматах (число нарастающих и спадающих фронтов и число положительных и отрицательных импульсов).

**Peak Values (пиковые значения)**

"Peak Values" содержит два курсора для измерения минимального и максимального напряжения сигнала внутри интервала, задаваемого обоими курсорами. Значения V_p и $V_p +$ соответствуют минимальному и максимальному напряжению. Пиковое значение (V_{pp}) соответствует разнице напряжений между минимальным и максимальным значением.

**RMS, Mean, σ (СКЗ, среднее, СКО)**

Этот тип измерения содержит два курсора и позволяет измерить эффективное значение (СКЗ – среднеквадратическое значение), среднее значение и среднеквадратическое отклонение в интервале, задаваемом обоими курсорами.

**Duty Ratio (коэффициент заполнения)**

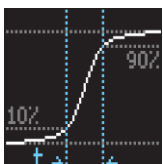
"Duty Ratio" содержит три курсора для определения коэффициента заполнения между двумя горизонтальными курсорами. Третий курсор задает порог, относительно которого измеряется коэффициент заполнения.

**Burst Width (длительность пакетного сигнала)**

"Burst Width" – это длительность пакетного сигнала от первого до последнего фронта (Bst).

Freq. & Period (частота и период)

"Freq. & Period" содержит три курсора и позволяет измерить частоту и период.

**Rise Time 90%, Rise Time 80% (время нарастания до 90%, до 80%)**

Этот тип измерений содержит два курсора и позволяет измерить время нарастания и спада первого нарастающего фронта на экране в пределах временного интервала, задаваемого курсорами. Время нарастания определяет время, за которое сигнал увеличится от 10% до 90% от его амплитуды, или от 20% до 80%.



V-Marker (V-маркер)

"V-Marker" содержит два курсора и позволяет измерить три напряжения и время. Значения V1 и V2 соответствуют напряжению между опорной нулевой линией выбранной кривой и текущем положении первого и второго курсора. Значение ΔV соответствует разнице напряжений между двумя курсорами. Значение Δt соответствует разнице во времени между двумя курсорами.

Crest Factor (коэффициент амплитуды)

Коэффициент амплитуды (отношение пикового к среднему значению) вычисляется делением максимального значения осциллограммы на СКЗ (Crest).

7.3 Автоматические измерения

Осциллограф R&S RTC1002 также имеет разнообразные функции автоматических измерений. Одновременного могут проводиться до 6 измерений.

Результаты автоматических измерений отображаются в нижней части экрана. Результаты автоматических измерений также отображаются в окне Quick view, это 6 результатов в правой части.

Если отображается значение "n/a", измерения для текущего сигнала провести нельзя. Например, такое может произойти при попытке измерить напряжение для канала "POD", т.к. в этом случае отображаются только логические состояния без опорного напряжения.

Если отображается значение "?", на экране не отображается полный результат измерения. Например, измеряемый период полностью не отображается на экране и не может быть определен.

7.3.1 Настройки автоматических измерений

- ▶ Нажмите клавишу AUTO MEASURE в области Analysis.

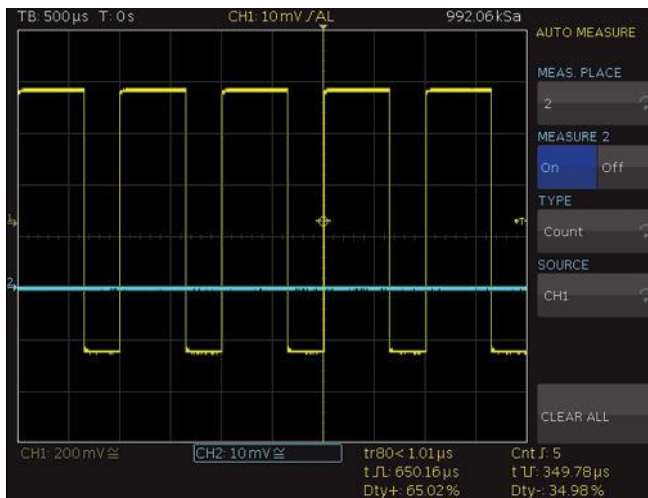


Рисунок 7-2 – Настройки и результаты автоматических измерений

MEAS. PLACE (место измерения)

Выбор места измерения. Каждому месту измерения назначается функция автоматического измерения.

MEASURE (измерение)

Включение и выключение выбранного места измерения.

TYPE (тип)

Выбор типа измерения. Более подробная информация о типах измерения приведена в [главе 7.3.2 "Типы автоматических измерений"](#) на стр. 79.

SOURCE (источник)

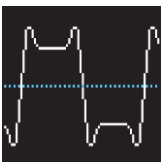
Выбор измеряемой осциллограммы. В список включаются только отображаемые каналы. Возможны измерения аналоговых, цифровых и расчетных каналов.

CLEAR ALL (очистить все)

Отключение всех активных автоматических измерений.

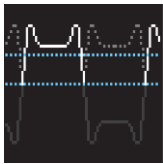
7.3.2 Типы автоматических измерений

Доступны следующие типы автоматических измерений:

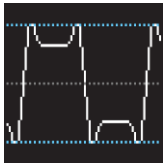


Mean Value (среднее значение)

Измерение среднего значения амплитуды сигнала (Mean). Если сигнал является периодическим, для измерения используется первый слева период сигнала.

**RMS Value (СКЗ)**

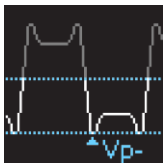
"RMS Value" – это измерение эффективного значения отображаемого сигнала. Если сигнал является периодическим, для измерения используется первый слева период сигнала. Эффективное значение не основано на синусоидальном сигнале, а рассчитывается непосредственно (TrueRMS).

**Peak Peak (размах)**

"Peak Peak" – это измерение разности напряжений между максимальным и минимальным значениями отображаемого сигнала (V_{pp}).

**Peak + (максимум)**

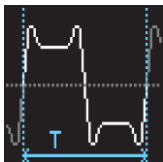
"Peak +" – это измерение максимального значения отображаемого на экране напряжения (V_{p+}).

**Peak - (минимум)**

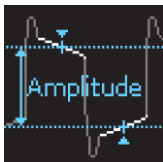
"Peak -" – это измерение минимального значения отображаемого на экране напряжения (V_{p-}).

**Frequency (частота)**

Измерение частоты сигнала как обратного значения первого периода сигнала T (f).

**Period (период)**

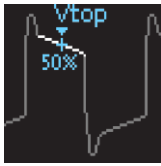
"Period" – это измерение длительности периода сигнала T . Период – это расстояние по оси времени между двумя одинаковыми значениями периодически повторяющегося сигнала.

**Amplitude (амплитуда)**

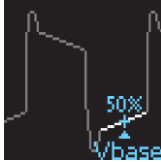
Измерение амплитуды прямоугольного сигнала (V_{Amp}). Во время измерений вычисляется разница напряжений между верхним и нижним уровнем (V_{base} и V_{top}). Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала.

Crest Factor (коэффициент амплитуды)

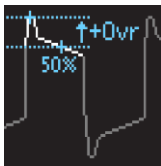
Коэффициент амплитуды (отношение пикового к среднему значению) вычисляется делением максимального значения осциллограммы на СКЗ (Crest).

**Top Level (уровень вершины)**

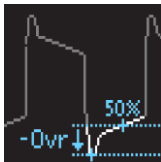
"Top Level" – это измерение среднего уровня напряжения верхней части прямоугольного сигнала (V_{Top}). Во время измерений вычисляется среднее значение наклона в верхней части без учета выбросов. Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала.

**Base Level (уровень основания)**

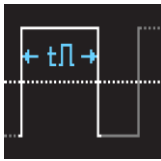
"Base Level" – это измерение среднего уровня напряжения нижней части прямоугольного сигнала (V_{Base}). Во время измерений вычисляется среднее значение наклона в нижней части (без учета выбросов). Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала.

**Pos. Overshoot (положительный выброс)**

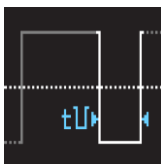
"Pos. Overshoot" – это измерение положительного выброса прямоугольного сигнала, который вычисляется на основе значений top level, peak + и значения амплитуды (+Ovr).

**Neg. Overshoot (отрицательный выброс)**

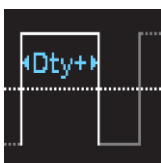
"Neg. Overshoot" – это измерение отрицательного выброса прямоугольного сигнала, который вычисляется на основе значений base level, peak - и значения амплитуды (-Ovr).

**Pulse Width + (длительность полож.)**

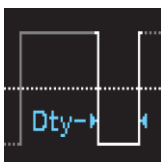
"Pulse Width +" – это измерение длительности положительного импульса. Положительный импульс состоит из нарастающего фронта за которым следует спадающий фронт. Процедура измерения определяет два фронта и вычисляет длительность импульса по разнице времен между ними (t). Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала.

**Pulse Width - (длительность отриц.)**

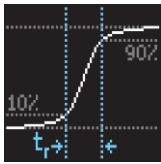
"Pulse Width -" – это измерение длительности отрицательного импульса. Отрицательный импульс состоит из спадающего фронта за которым следует нарастающий фронт. Процедура измерения определяет два фронта и вычисляет длительность импульса по разнице времен между ними (t). Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала.

**Duty Cycle + (коэффициент заполнения полож.)**

"Duty Cycle +" – это измерение положительного коэффициента заполнения. Определяется часть сигнала, которая на протяжении периода сигнала находилась в области положительных значений, по отношению к периоду сигнала. Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала. Измеренное значение Dty+ отображается к процентное соотношение от периода сигнала.

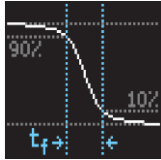
**Duty Cycle - (коэффициент заполнения отриц.)**

"Duty Cycle -" – это измерение отрицательного коэффициента заполнения. Определяется часть сигнала, которая на протяжении периода сигнала находилась в области отрицательных значений, по отношению к периоду сигнала. Для проведения измерения необходим хотя бы один полный период запущенного сигнала. Измеренное значение Dty- отображается к процентное соотношение от периода сигнала.

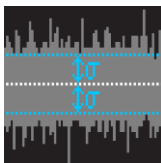
**Rise Time 90%, Rise Time 80% (время нарастания до 90%, до 80%)**

Измерение времени нарастания первого нарастающего фронта на экране (t_r , t_{r80}).

Время нарастания определяет время, за которое сигнал увеличится от 10% до 90% от его амплитуды, или от 20% до 80%.

**Fall Time 90%, Fall Time 80% (время спада от 90%, от 80%)**

Измерение времени спада первого спадающего фронта на экране (t_f , t_{f80}). Время спада определяет время, за которое сигнал уменьшится от 90% до 10% от его амплитуды, или от 80% до 20%.

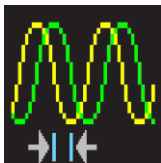
**σ-Std. Deviation (СКО)**

Измерение среднеквадратического отклонения амплитуды сигнала на экране.

Среднеквадратическое отклонение соответствует отклонению сигнала от его среднего значения. Низкое значение означает, что значения находятся близко к среднему значению. Более высокие значения показывают, что разница между значениями больше.

**Delay (задержка)**

"Delay" – это измерение задержки по времени между измеряемым источником и опорным источником. Прибор проводит поиск фронта измеряемого источника, который находится наиболее близко к опорному времени. Затем, начиная с этой точки, прибор проводит поиск ближайшего фронта опорного сигнала. Это разница во времени и есть результат измерения. Нажмите "DELAY SETUP" (настройка задержки) для выбора источника измеряемого сигнала, источника опорного сигнала и фронтов.

**Phase (фаза)**

Измерение разницы фаз между двумя фронтам сигналов от двух каналов на экране (Phs). Прибор проводит измерение разницы во времени между источниками по отношению к периоду сигнала измеряемого источника. Прибор проводит поиск фронта измеряемого источника, который находится наиболее близко к опорному времени. Затем, начиная с этой точки, прибор проводит поиск ближайшего фронта опорного сигнала. Разница во времени и период сигнала используются для вычисления результата измерения в градусах. Выберите "MEAS. SOURCE" (источник измерения) и "REF. SOURCE" (опорный источник).

**Burst Width (длительность пакетного сигнала)**

Измерение длительности пакетного сигнала от первого фронта до последнего (Bst).

**Count P+ (количество полож. импульсов)**

"Count P+" – это подсчет положительных импульсов на экране. Положительный импульс состоит из нарастающего фронта за которым следует спадающий фронт. Среднее значение вычисляется по амплитуде измеренного сигнала. Фронт учитывается, если сигнал пересекает среднее значение. Импульс, который пересекает среднее значение только один раз, не учитывается.

**Count P- (количество отриц. импульсов)**

"Count P-" – это подсчет отрицательных импульсов на экране. Отрицательный импульс состоит из спадающего фронта за которым следует нарастающий фронт. Среднее значение вычисляется по амплитуде измеренного сигнала. Фронт учитывается, если сигнал пересекает среднее значение. Импульс, который пересекает среднее значение только один раз, не учитывается.

**Count S+ (количество полож. перепадов)**

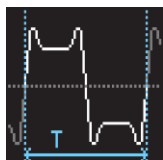
"Count S+" – это подсчет изменений сигнала на экране (перепадов) от низкого уровня к высокому уровню.

Среднее значение вычисляется по амплитуде измеренного сигнала. Перепад учитывается, если сигнал пересекает среднее значение.

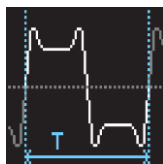
**Count S- (количество отриц. перепадов)**

"Count S-" – это подсчет изменений сигнала на экране (перепадов) от высокого уровня к низкому уровню.

Среднее значение вычисляется по амплитуде измеренного сигнала. Перепад учитывается, если сигнал пересекает среднее значение.

**Trigger Freq. (частота запуска)**

"Trigger Freq." – это измерение частоты сигнала запуска f_T на основе длительности его периода. Источником для измерения служит текущий источник запуска. Частота определяется с помощью аппаратного счетчика с точностью до 5 знаков.

**Trigger Period (период запуска)**

"Trigger Period" – это измерение длительности периода сигнала запуска T_T с помощью аппаратного счетчика. Источником для измерения служит текущий источник запуска.

8 Документирование результатов

Осциллограф позволяет сохранять все экранные индикаторы, которые содержат пользовательские настройки (например, условие запуска и настройка временной шкалы), опорные кривые и осциллограммы:

- Встроенная память прибора доступна для сохранения опорных кривых и настроек прибора.
- Снимки экрана и данные осциллограммы также можно сохранить на подключенном USB-носителе.



Объем памяти USB-носителя не должен превышать 4 ГБ и должен иметь формат FAT (FAT16/32). Следует избегать хранения большого количества файлов на USB-носителе.

Для вызова главного меню хранения:

- ▶ Нажмите клавишу SAVE/RECALL в области GENERAL.

В меню "SAVE/RECALL" (сохранение/вызов) можно использовать функции сохранения и загрузки.

8.1 Настройки прибора

Функциональная клавиша "DEVICE SETTINGS" (настройки прибора) позволяет сохранить текущие настройки прибора, загрузить сохраненные настройки и импортировать или экспортировать настройки прибора.

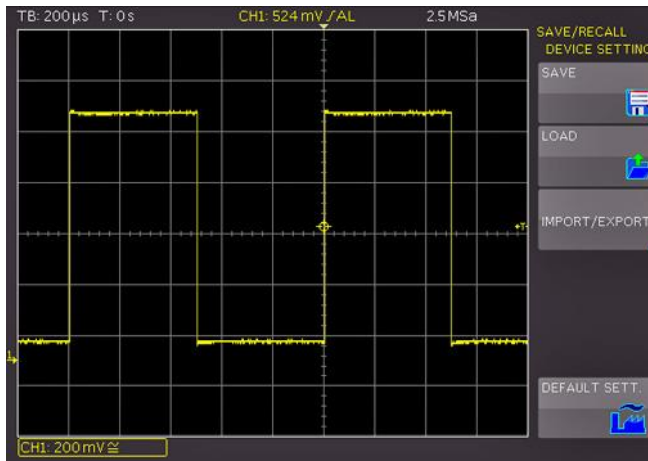


Рисунок 8-1 – Главное меню для настроек прибора

Для сохранения текущих настроек прибора

1. Нажмите функциональную клавишу "SAVE" (сохранить) для вызова меню "Save" (сохранить).

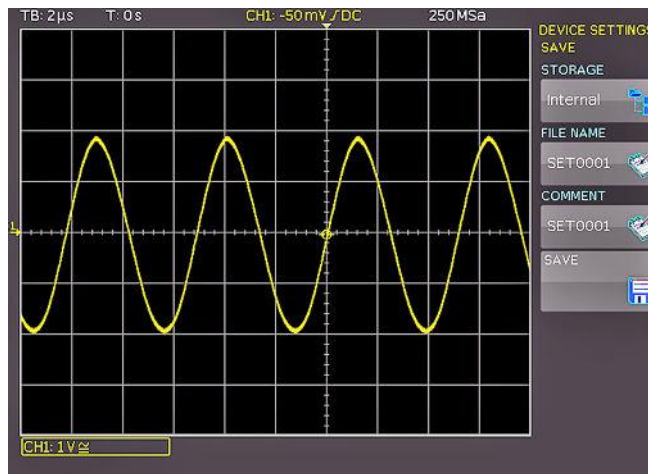


Рисунок 8-2 – Сохранение настроек прибора

2. Нажмите функциональную клавишу "STORAGE" (хранилище) для выбора места (встроенная память или передний USB разъем), в котором необходимо сохранить настройки прибора.

После этого откроется файловый менеджер.

3. Нажмите "FILE NAME" (имя файла) для изменения или коррекции названия файла (стандартное название "SET").
4. Нажмите "COMMENT" (комментарий) для ввода комментария, который отображается в нижнем колонтитуле файлового менеджера при выборе файла.
5. Нажмите "SAVE" (сохранить) для сохранения настроек.

Для загрузки сохраненных файлов настроек

1. Нажмите функциональную клавишу "LOAD" (загрузить) для вызова программного меню "LOAD SETTINGS" (загрузить настройки).
2. Нажмите "STORAGE" (хранилище) для выбора места хранения.
3. Используйте функциональную клавишу "SORT ENTRIES" (сортировать) для сортировки нескольких файлов настроек по имени, типу, размеру или дате создания.
4. С помощью универсальной поворотной ручки выберите требуемый файл настроек.
5. Нажмите функциональную клавишу "LOAD" (загрузить) для загрузки файла.
6. Для удаления ненужных файлов:
 - а) С помощью универсальной поворотной ручки выберите требуемый файл настроек.
 - б) Нажмите функциональную клавишу "REMOVE FILE" (удалить файл) для удаления файла.



Можно также изменять и удалять каталоги на подключенном USB-носителе.



Настройки прибора со старой версии программного обеспечения в формате SCP можно загрузить в новой версии программного обеспечения.

Для импорта или экспорта настроек прибора

1. Нажмите "IMPORT/EXPORT" (импорт/экспорт) для копирования файлов из внутренней памяти на внешнее устройство хранения (USB-носитель) или наоборот.

Примечание – Для импорта или экспорта настроек прибора необходимо подключить USB-носитель, иначе меню будет недоступно.

2. Нажмите SOURCE FILE и выберите файл с помощью универсальной поворотной ручки.
3. Нажмите DEST. PATH и выберите место хранения с помощью универсальной поворотной ручки.
4. Нажмите IMPORT/EXPORT для копирования выбранного файла настроек.

Для загрузки заводских настроек

- ▶ Нажмите функциональную клавишу "DEFAULT SETT." (стандартные настройки).

8.2 Опорные значения

Опорные значения – это наборы данных, состоящие из информации о настройках и данных АЦП. Их можно сохранить и загрузить на внутреннюю или внешнюю память. Данные можно загрузить в одну из четырех опорных ячеек памяти (от RE1 до RE4), которые также можно вывести на экран. Основной особенностью опорных значений является то, что вся информация (например, усиление по вертикальной оси, настройки временной шкалы, данные АЦП) добавляются к сохраняемым или загружаемым данным, что позволяет сравнивать исходный сигнал и его соответствующие значения.

Для импорта или экспорта опорных значений

1. Нажмите функциональную клавишу "REFERENCES" (опорные) в меню "SAVE/RECALL" (сохранение/вызов).
2. Нажмите "SOURCE FILE" (исходный файл) для выбора файла с помощью универсальной поворотной ручки.
3. Нажмите "DEST. PATH" (путь назначения) для выбора места хранения с помощью универсальной поворотной ручки.
4. Нажмите "IMPORT/EXPORT" (импорт/экспорт) для импорта или экспорта выбранных опорных данных.

Для сохранения и загрузки опорных данных

1. Нажмите клавишу REF в области VERTICAL и нажмите клавишу MENU в области VERTICAL панели управления для вызова меню сохранения и загрузки опорных значений.

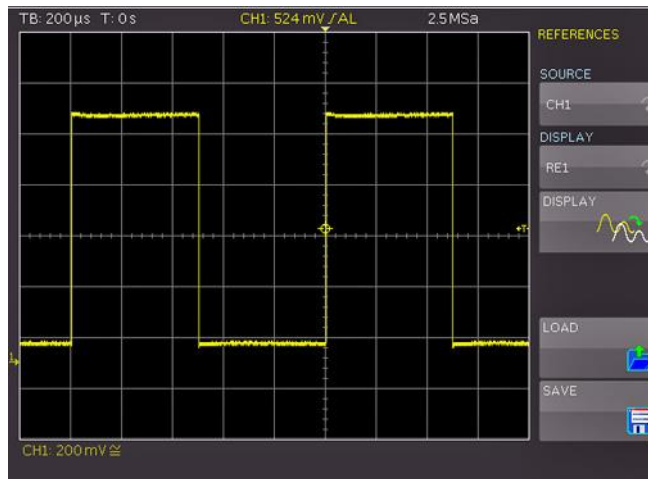


Рисунок 8-3 – Меню сохранения опорных значений

2. Нажмите "SOURCE" (источник) и с помощью универсальной поворотной ручки выбрать сохраняемые опорные значения.

Примечание – Можно выбрать активные каналы или расчетные кривые.

3. В области "DISPLAY" (отображение) нажмите функциональную клавишу, назначенную для ячеек с "RE1" по "RE4" для активации до 4 опорных значений.
4. Нажмите функциональную клавишу "DISPLAY" (отображение) для отображения выбранной опорной кривой или для обновления текущей опорной кривой.
5. Для загрузки опорных значения из USB-носителя во внутреннюю память:
 - а) Нажмите "LOAD" (загрузить) для загрузки опорной кривой с USB-носителя или из внутренней памяти. При этом откроется окно, содержащее хранящиеся во внутренней памяти опорные значения.
 - б) Нажмите первую функциональную клавишу и используйте универсальную поворотную ручку для выбора требуемой опорной кривой.
 - в) Нажмите функциональную клавишу "LOAD" (загрузить).
 - г) В открывшемся меню файлового менеджера снова нажмите функциональную клавишу "LOAD" (загрузить) для завершения загрузки и отображения опорных значений.
6. Для сохранения опорных значений:
 - а) Нажмите функциональную клавишу "SAVE" (сохранить).
 - б) В открывшемся подменю нажмите "TRACE" (кривая) для выбора источника.
 - в) Нажмите "STORAGE" (хранилище) для выбора места хранения.
 - г) Нажмите "FILE NAME" (имя файла) для ввода названия файла. Название файла можно изменить или скорректировать с помощью соответствующей настройки (стандартное название "REF").
 - д) С помощью функциональной клавиши "COMMENT" (комментарий) введите комментарий, который отображается в нижнем колонтитуле файлового менеджера при выборе файла.
 - е) Снова нажмите "SAVE" (сохранить).

8.3 Кривые

Помимо опорных значений можно также сохранять данные АЦП. Кривые можно сохранить только на подключенном внешнем USB-носителе (но не во внутренней памяти). В зависимости от выбранной в меню "ACQUIRE" (сбор данных) временной шкалы и частоты дискретизации в (AUTOMATIC, MAX. SAMPLE RATE или MAX. WAVEFORM RATE) максимальное количество считываемых точек измерения может меняться.



Всю память можно считать только в режиме STOP при максимальных настройках частоты дискретизации (меню "ACQUIRE" (сбор данных)).

Для сохранения кривых

1. Нажмите "TRACES" (кривые) в меню "SAVE/RECALL" (сохранение/вызов).

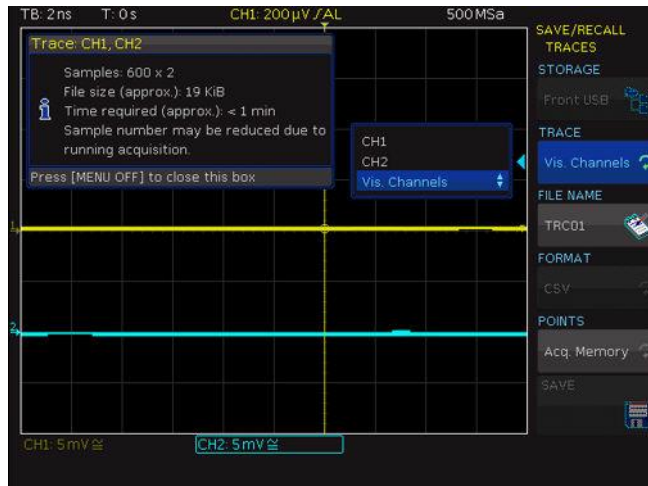


Рисунок 8-4 – Меню сохранения кривых

2. Нажмите "STORAGE" (хранилище) для выбора USB-разъема на передней панели прибора в качестве места хранения.
 - а) С помощью функциональной клавиши "SORT ENTRIES" (сортировать) можно отсортировать несколько файлов настроек по имени, типу размеру или дате создания.
 - б) Нажмите "ACCEPT DIR." (принять каталог) для подтверждения каталога сохранения, и прибор автоматически вернется в главное меню кривой.

Примечание – Выбор соответствующего каталога хранения возможен только при обнаружении USB-носителя. Если USB-носитель подключен, можно также изменять, создавать и удалять каталоги.

3. Нажмите функциональную клавишу "TRACE" (кривая) и с помощью универсальной поворотной ручки выберите канал, который будет сохранен в качестве кривой.

Примечание – Выбрать можно только тот канал, который был активирован с помощью канальных клавиш.

Примечание – Можно также сохранить одновременно все отображаемые каналы, но это возможно сделать только в файл формата CSV, что нельзя изменить.

4. Нажмите "FILE NAME" (имя файла) для вызова меню для ввода названия файла. С помощью универсальной поворотной ручки или клавиш с символами в области CURSOR/MENU можно ввести названия файла и подтвердить ввод нажатием "ACCEPT" (принять) (стандартное название "TRC").

Автоматически откроется главное меню кривой.

5. Нажмите "FORMAT" (формат) и с помощью универсальной поворотной ручки выберите формат файла.

Можно выбрать один из следующих форматов:

- BIN (MSB/LSB):
Двоичный файл, может содержать любой тип байтового значения. Захваченные данные кривой сохраняются без информации о времени.
- FLT (MSB/LSB):
Файл типа FLT содержит захваченные данные как значения напряжения. По сравнению с файлом формата FLT захваченное количество данных для файла формата CSV в 16 раз больше. Значения напряжения хранятся в формате с плавающей запятой Float (4 байта, двоичный, Big Endian). Этот файл можно затем использовать, например, в программах, которые напишут пользователи.
- TXT:
TXT файлы это файлы с кодировкой ASCII, которые содержат только амплитудные значения (без информации о времени). Амплитудные значения разделяются запятой. Пары значения приведены как одиночные значения без пометок.

Пример:

1.000E-02,1.000E-02,1.000E-02,1.000E-02,3.000E-02

- CSV (Comma Separated Values – значения, разделенные запятой):
В файлах формата CSV данные кривой хранятся в табличном виде. Каждый столбец таблицы отделен запятой.

Пример: кривая со всеми отображаемыми каналами

[s],CH1[V],CH2[V]

-4.99500E-07,-2.601E-03

-4.99000E-07,-6.012E-04

-4.98500E-07,-6.012E-04

-4.98000E-07,1.399E-03

Примечание – При выборе параметра "Max. Sampling Rate" (максимальная частота дискретизации) в меню "ACQUIRE" (сбор данных) во время экспорта в формат CSV к одной временной метке привязываются две строки, так как этому значению времени должны быть привязаны минимальное и максимальное значения. Для получения одного значения амплитуды на временную метку необходимо активировать функцию "Automatic" (автоматический) в меню "ACQUIRE" (сбор данных).

6. Нажмите "POINTS" (точки) и с помощью универсальной поворотной ручки выберите каталог, в который будут считаны данные из экранной памяти ("Display Data") или из всей памяти сбора ("Acq. Memory")
7. После заполнения всех полей нажмите "SAVE" (сохранить) для сохранения выбранных кривых в соответствии с настройками.

8.4 Снимки экрана

Наиболее важным форматом хранения информации для документирования результатов являются снимки экрана. Снимок экрана – это графический файл, в котором показано содержимое экрана на момент создания снимка.

Для сохранения снимка экрана

1. Нажмите "SCREENSHOTS" (снимки экрана) в меню "SAVE/RECALL" (сохранение/вызов).
2. Нажмите "STORAGE" (хранилище) для выбора USB разъема на передней панели прибора в качестве места хранения.
 - а) С помощью функциональной клавиши "SORT ENTRIES" (сортировать) можно отсортировать несколько файлов настроек по имени, типу размеру или дате создания.
 - б) Нажмите "ACCEPT DIR." (принять каталог) для подтверждения каталога сохранения и прибор автоматически откроет главное меню кривой.

Примечание – Выбор соответствующего каталога хранения возможен только при обнаружении USB-носителя. Если USB-носитель подключен, можно также изменять, создавать и удалять каталоги.

3. Нажмите "FILE NAME" (имя файла) для вызова меню для ввода названия файла. С помощью универсальной поворотной ручки или клавиш с символами в области CURSOR/MENU введите название файла и подтвердите ввод нажатием "ACCEPT" (принять) (стандартное название "SCR").

Автоматически откроется главное меню снимков экрана.

4. Нажмите "FORMAT" (формат) для выбора формата файла, см. "FORMAT" на стр. 90.

Примечание – Формат графического файла определяет цветовую глубину и тип сжатия. Качество различных форматов одинаково для снимков экрана осциллографа.

5. Нажмите "COLOR MODE" (цветовой режим) и с помощью универсальной поворотной ручки выберите цветовой режим, см. "COLOR MODE" на стр. 91.
6. Нажмите "SAVE" (сохранить) для сохранения текущего экрана в выбранном каталоге с выбранным названием и форматом.

8.4.1 Настройки снимков экрана

FORMAT (формат)

Выбор формата файла.

"BMP"	Формат Windows Bitmap является форматом без сжатия, файлы получаются большие и их сохранение занимает какое-то время.
"GIF"	Graphics Interchange Format (формат для обмена изображениями)
"PNG"	Portable Network Graphic – это графический формат со сжатием без потери данных.

COLOR MODE (цветовой режим)

Выбора настроек цвета для снимков экрана.

"Grayscale"	Цвета преобразуются в градации серого при сохранении осциллограммы.
"Color"	Осциллограмма сохраняется в том же виде, в каком отображается на экране.
"Inverted (BG)"	Осциллограмма сохраняется в цвете с инвертированным фоном.
"Inverted (BG, gray)"	Осциллограмма сохраняется в градациях серого с инвертированным фоном.
"Inverted (all)"	Осциллограмма и фон сохраняются инвертированными.
"Inverted (all, gray)"	Осциллограмма и фон сохраняются инвертированными в градациях серого.

8.4.2 Печать

Функциональная клавиша "PRINT" (печать) позволяет сразу распечатать снимок экрана на подключенном принтере.

Доступные следующие настройки языка управления принтером ("printer language"):

- PCL-5
- PCL-XL (= PCL-6)
- Настройки Postscript



Язык PCL-3 не поддерживается.

При обнаружении принтера функциональная клавиша "PRINT" (печать) больше не затенена.

Поддерживаемый принтер отображается в программном меню "DEVICE INFOS" (информация об устройстве) в меню "SETUP" (настройка).

```
Printer
Model: HEWLETT-PACKARD HP LASERJET 2420
Command set: PJL,MLC,PCLXL,PCL,PJL,POSTSCRIPT
This printer is supported.
```

Рисунок 8-5 – Пример поддерживаемого принтера

Сообщение "This printer is supported" (этот принтер поддерживается) не гарантирует, что подключенный принтер поддерживается. Это сообщение только означает, что USB-соединение с принтером установлено и доступны важные свойства принтера (например, язык управления принтером PCL или PCLXL). Подключенные PLC принтеры отправляют идентификационную строку прибору. Эта идентификационная строка должна быть одинаковой для всех принтеров (стандартная), но на рынке есть много принтеров, у которых другая идентификационная строка. В этом случае прибор не сможет обнаружить принтер, т.к. в внутри прибора не установлена операционная система Windows, которая может обрабатывать отличия в идентификационной строке.



Перед печатью следует нажать клавишу RUN/STOP для прекращения сбора данных, чтобы обеспечить корректный вывод данных на печать.

Для выбора формата бумаги и цветового режима в настройка принтера

1. Нажмите функциональную клавишу "PRINTER" (принтер) для вызова подменю выбора формата бумаги и цветового режима.
2. С помощью функциональной клавиши, назначенной функции "PAPER FORMAT" (формат бумаги), выбрать формат "A4", "A5", "B5", "B6", "Executive", "Letter" или "Legal", а также портретную или альбомную ориентацию.
3. С помощью универсальной поворотной ручки в области CURSOR/MENU выбрать подходящий формат.
4. С помощью функциональной клавиши "COLOR MODE" (цветовой режим) и универсальной поворотной ручки выбрать между цветовыми режимами "Grayscale" (оттенки серого), "Color" (цвет) и "Inverted" (инверсия):
 - Режим "Grayscale" преобразует цветное изображение в изображение в градациях серого, которое можно распечатать на черно-белом postscript-принтере.
 - В режиме "Color" изображения распечатывается в тех же цветах, в каких отображается на экране (с черным фоном).
 - В режиме "Inverted" печатается цветное изображение с белым фоном на цветном принтере, позволяя сэкономить тонер и чернила.

Если нет возможности подключить принтер, можно использовать программное обеспечение HMEexplorer с программным модулем снимков экрана. Бесплатное ПО HMScreenshot (модуль ПО HMEexplorer) позволяет передавать снимки экрана в формате битмап из прибора на подключенный ПК, где снимки экрана можно сохранить или распечатать. Более подробную информацию об этом программном обеспечении см. во встроенном руководстве к ПО HMEexplorer.

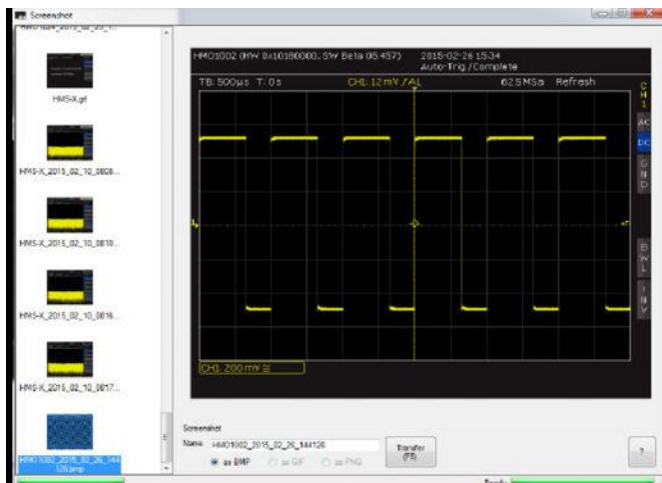


Рисунок 8-6 – Модуль снимков экрана

PRINT (печать)

Функциональная клавиша "PRINT" (печать) позволяет сразу отправить снимок экрана на печать в подключенный принтер.

8.5 Описание клавиши FILE/PRINT

Клавиша FILE/PRINT в области GENERAL позволяет нажатием всего одной клавиши одновременно сохранить настройки прибора, кривые, снимки экрана и настройки снимков экрана. Как описано в предыдущей главе, сначала необходимо задать соответствующие настройки и выбрать место хранения, название файла и пр.

1. Нажмите функциональную клавишу "KEY" (клавиша) в главном меню "SAVE/RECALL" (сохранение/вызов).
2. Нажмите функциональную клавишу, отвечающую за необходимую функцию.

Выберите одно из следующих действий:

- "DEVICE SETTINGS": Сохранение настроек
- "TRACES": Сохранение осциллограмм
- "SCREENSHOTS": Сохранение снимков экрана
- "SCREEN & SETUP": Сохранение снимков экрана и настроек
- "PRINT": Прямая печать на подключенный принтер

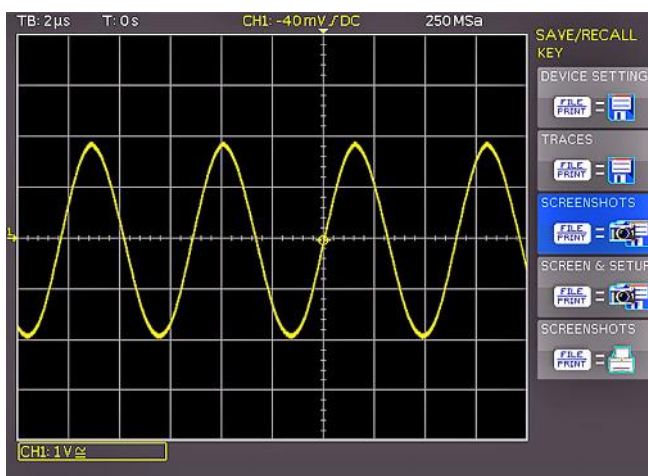


Рисунок 8-7 – Описание клавиши FILE/PRINT

3. Нажмите функциональную клавишу "MENU OFF" (выход из меню) для выхода из меню выбора.

При нажатии клавиши FILE/PRINT будет выполнена выбранная функция.

9 Режим анализа смешанных сигналов (опция R&S RTC-B1)

Прибор R&S RTC1002 по умолчанию оснащен разъемом для логического пробника R&S RT-ZL03, позволяющего задействовать 8 цифровых логических входов. Для использования функции логического анализа необходимо приобрести и подключить активный логический пробник R&S RT-ZL03 (8 каналов), а также приобрести и активировать опцию R&S RTC-B1.



Рисунок 9-1 – Опциональный логический пробник R&S RT-ZL03

9.1 Логический запуск для цифрового входа

Информацию о логическом запуске для входов логического пробника см. в.

9.2 Использование логических каналов

Для отображения и настройки логических каналов могут быть использованы следующие способы:

- "Включение и масштабирование логических каналов" на стр. 95;
- "Установка порога для логических состояний" на стр. 95;
- "Сброс положения и ширины логических каналов" на стр. 96;
- "Выделение отдельных битов сигнала логического пробника" на стр. 96.



Убедитесь, что установлен порог для идентификации логических состояний (высокое и низкое).

Включение и масштабирование логических каналов

1. Для включения цифровых каналов нажмите клавишу POD в области Vertical.

На экране отобразятся цифровые каналы 0-7. В логических каналах логическая единица ("1") будет показана полосой шириной в два пикселя, а логический ноль ("0") – полосой шириной в один пиксель. В информационном поле в левом нижнем углу экрана рядом с меткой "POD" будет показан заданный логический порог и отображен рисунок с указанием логических состояний.

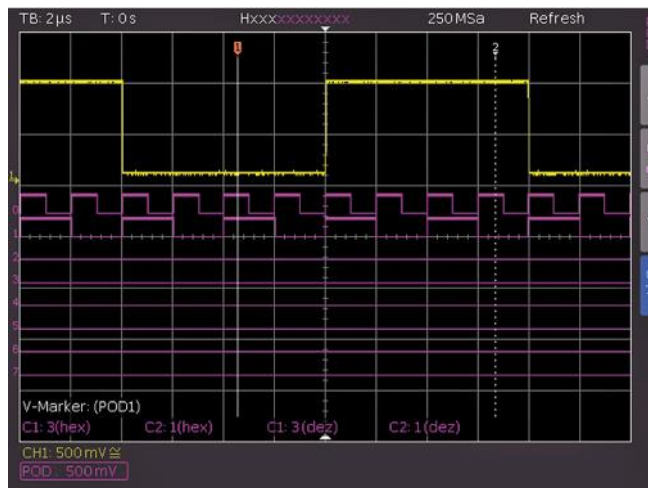


Рисунок 9-2 – Логические каналы: настройки отображения

2. Выберите положение по оси Y и ширину логического канала по аналогии с тем, как это делается в случае аналоговых каналов:
 - а) Нажмите функциональную клавишу "0/7" в сокращенном меню; она будет выделена синим цветом.
 - б) Для изменения ширины и положения всех логических каналов, отображаемых на экране прибора, воспользуйтесь ручками POSITION (положение) и SCALE (масштаб) в области Vertical.
3. Для изменения ширины и положения отдельного канала:
 - а) Воспользуйтесь функциональными клавишами "Δ" и "∇" для выбора канала.
 - б) Для включения канала нажмите функциональную клавишу, расположенную между клавишами со стрелками.
 - в) Воспользуйтесь ручками POSITION и SCALE в области Vertical.

Установка порога для логических состояний

1. Нажмите клавишу POD.

Если режим работы с логическими сигналами уже включен, цифровые каналы отобразятся на экране в области отображения каналов (выделено и отмечено как "POD:xxxV").

2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical.
3. Установите "SETUP" = "POD".
4. Нажмите THRESHOLD (порог).
5. Установите порог:
 - Выберите предустановленный уровень для "TTL", "CMOS" или "ECL".

- Для задания пользовательского уровня выберите "User1" (пользователь 1) или "User2" (пользователь 2).

Логический уровень может задаваться в диапазоне от –2 до 8 В с помощью универсальной поворотной ручки или клавиши KEYPAD.

Сброс положения и ширины логических каналов

1. Нажмите клавишу POD в области Vertical; клавиша будет выделена.
2. Нажмите клавишу MENU в области Vertical для вызова меню "POD".
3. Нажмите "SET TO DEFAULT POS. & SIZE" (установить положение и ширину по умолчанию) для сброса положения и ширины логических каналов.

Выделение отдельных битов сигнала логического пробника

1. Нажмите клавишу POD в области Vertical; клавиша будет выделена.
2. Нажмите клавишу MENU в области Vertical для вызова меню "POD".
3. Нажмите "LABEL" (метка).
4. Нажмите "BIT" (бит) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора бита.
5. Для отображения и скрытия метки нажмите соответствующую функциональную клавишу.
6. Нажмите "LIBRARY" (библиотека) для выбора имени из списка. Нажмите "EDIT LABEL" (правка метки) для ввода нового или изменения предложенного имени. Может быть введено до 8 символов.
7. Для подтверждения имени в редакторе нажмите "ACCEPT" (принять).

Указанное имя отображается на масштабной сетке и на распечатке.

Имя присваивается выбранному сигналу и перемещается на экране вместе с осциллограммой.

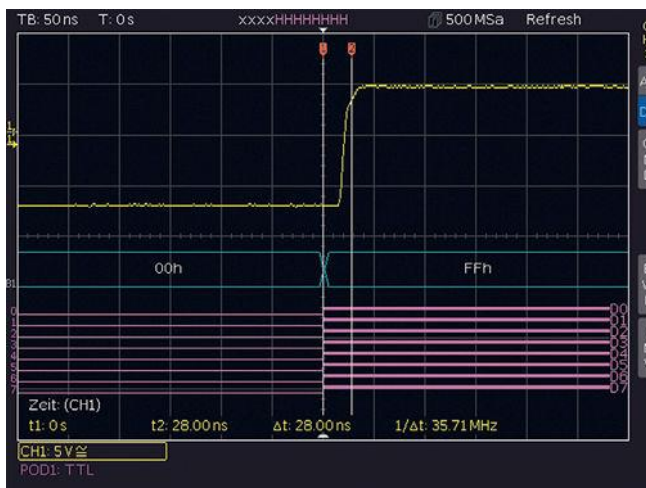


Рисунок 9-3 – Битовый переход сигнала ЦАП

9.3 Отображение логических каналов в виде шины

Прибор обеспечивает возможность объединения цифровых каналов для создания шин, которые будут отображаться на экране в виде ячейки таблицы. Как правило, доступны две независимых шины. При этом, например, можно объединить 8-разрядную шину адреса с 8-разрядной шиной данных.

1. Для выбора настроек шин нажмите кнопку BUS в области Vertical; она будет выделена белым цветом.
2. Нажмите кнопку MENU (меню) в области Vertical.
3. В открывшемся меню нажмите верхнюю функциональную клавишу "BUS" (шина) для выбора настраиваемой шины: "B1" или "B2".
4. Для выбора типа шины для отображения и анализа воспользуйтесь функциональной клавишей "BUS TYPE" (тип шины). "BUS TYPE" определяет шинную структуру и имеет различную организацию в зависимости от того, последовательная шина или параллельная, а также от количества информационных и тактовых сигналов.
5. Для выбора положения отображаемой на экране шины воспользуйтесь ручкой управления POSITION.
6. Ручка VOLT/DIV (Вольт/дел) позволяет определить размер табличного отображения.

Это особенно удобно при использовании двоичного формата, поскольку позволяет отобразить полное значение на четырех строках даже в кратких таблицах.

Для определения источника и структуры шины:

1. Выберите "CONFIGURATION" (конфигурирование).
2. Нажмите верхнюю функциональную клавишу "BUS WIDTH" (разрядность шины) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора разрядности шины (от 1 до 8 битов).

Содержимое таблицы с назначением битов автоматически изменяется в зависимости от выбранного значения.

3. Каждый бит отображаемой шины имеет источник. Источник соотносится с отдельными битами POD. Нажмите функциональную клавишу "SOURCE" (источник) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для назначения источников в соответствии с измерительной установкой.
4. Функциональные клавиши "PREVIOUS BIT" / "NEXT BIT" (предыдущий/следующий бит) позволяют изменять позицию курсора выбора для определения источника отдельных битов.

Выбранный бит выделяется синим цветом.

5. В левой части таблицы содержатся биты фиксированной последовательности, начиная с верхней строки со значением D0 (= LSB – младший значащий разряд). Универсальная поворотная ручка позволяет назначить реальный логический канал выбранному разряду шины.

Биты могут назначаться без ограничений. При этом в двух доступных шинах можно использовать частично идентичные логические каналы.

6. Если в BUS TYPE (тип шины) выбрано "PARALLEL CLOCKED" (параллельная тактируемая), нажмите нижнюю функциональную клавишу "CONTROL WIRES" (провода управления).
 - а) Нажмите "CHIP SELECT" (выбор кристалла) для выбора источников.

Курсорные измерения для логических каналов

- б) Клавиша функционального меню "ACTIVE" (активный) используется для определения активного уровня сигнала выбора кристалла: высокий "High" или низкий "Low".
 - в) Воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора настроек для параметра "CLOCK" (синхронизация).
 - г) Клавиша функционального меню "SLOPE" (перепад) позволяет выбрать тип перепада (фронта) для запуска: передний, задний или оба типа. Текущий выбранный тип всегда выделяется синим цветом и отображается после метки "CLK" в окне источника битов.
7. Нажмите кнопку "MENU OFF" (выход из меню) для возврата в главное меню BUS.

Для выбора формата и размера отображения:

1. Нажмите функциональную клавишу "DISPLAY SETUP" (настройка отображения).
2. Нажмите "DISPLAY" (отображение) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой в подменю для выбора формата декодирования значений на шине. Поддерживаются следующие форматы:
 - двоичный
 - шестнадцатеричный
 - десятичный
 - ASCIIДекодированные значения будут отображены в ячейках/таблицах шин в соответствии с выбранным форматом.
3. Нажмите функциональную клавишу "BITS" (биты) для включения ("ON") или выключения ("OFF") табличного представления отдельных битов шины.

9.4 Курсорные измерения для логических каналов

Если логические каналы активны, можно определить значения некоторых параметров с помощью курсорных измерений (кнопка CURSOR MEASURE).

Для всех активных логических каналов POD доступны следующие типы измерений:

- TIME:
Отображение включает позиции обоих курсоров на временной оси относительно момента запуска, временной интервал между двумя позициями и итоговую частоту.
- RATIO X:
В этом случае три курсора используются для отображения временных соотношений между позициями первых двух курсоров, а также первого и третьего курсоров. Результаты отображаются в формате с плавающей запятой, процентах, градусах и радианах.
- V-MARKER:
Логическое значение выбранного POD для логических каналов измеряется на позиции соответствующего курсора и отображается в шестнадцатеричном и десятичном форматах.

9.5 Автоматические измерения для логических каналов

Если логические каналы активны, можно воспользоваться функциями автоматического измерения для определения некоторых параметров.

Для всех задействованных логических каналов POD можно выбрать следующие типы измерений:

- FREQUENCY (частота);
- PERIOD (период);
- PULSE WIDTH +/- (длительность импульса);
- DUTY CYCLE +/- (коэффициент заполнения);
- DELAY (задержка);
- PHASE (фаза);
- BURST WIDTH (длительность пакета);
- COUNT PULSE +/- (счетный импульс);
- COUNT (пол./отр.) (подсчет импульсов).

10 Формирование сигналов

10.1 Генератор функций

Осциллограф R&S RTC1002 оснащен встроенным генератором функций, который позволяет, например, формировать входные сигналы при проверке цепей.

Включение генератора функций

1. Выберите меню UTIL а панели управления VERTICAL.
2. Нажмите "FUNCTION GEN" (генератор функций).
3. Выберите параметры сформированной осциллограммы:
 - "FUNCTION" (функция);
 - "FREQUENCY" (частота);
 - "AMPLITUDE" (амплитуда);
 - "OFFSET" (смещение).
4. Для выключения генератора функций нажмите "OFF" (выкл).

В информационной панели представлено окно для предварительного просмотра соответствующей осциллограммы с выбранными параметрами.

FUNCTION (функция)

Выбор осциллограммы. Следующие осциллограммы могут быть сформированы и выданы на разъем AUX OUT:

- DC (постоянная составляющая);
- SINE (синусоидальная): диапазон частот от 0,1 Гц до 50 кГц;
- SQUARE WAVE (прямоугольная): диапазон частот от 0,1 Гц до 50 кГц;
- PULSE (импульсная): диапазон частот от 0,1 Гц до 10 кГц;
- TRIANGLE (треугольная): диапазон частот от 0,1 Гц до 10 кГц;
- RAMP (линейная): диапазон частот от 0,1 Гц до 10 кГц.

FREQUENCY (частота)

Выбор частоты сигнала.

AMPLITUDE (амплитуда)

Выбор амплитуды сигнала.

OFFSET (смещение)

Выбор смещения постоянной составляющей.

OFF (выкл)

Выключение генератора функций и выход из меню.

10.2 Генератор шаблонов

Генератор шаблонов обеспечивает возможность параллельного вывода последовательностей на четыре контакта S0-S3, расположенных на передней панели прибора. В его основе лежит память объемом 2048 битов (отсчетов), которые могут выдаваться циклически или по отдельности. Все дополнительные функции генератора битовых шаблонов ("PATTERN GENERATOR") работают с использованием этой памяти. Одновременный вызов нескольких функций невозможен.

Включение генератора шаблонов

1. Выберите меню UTIL а панели управления VERTICAL.
2. Нажмите функциональную клавишу "PATTERN GEN." (генератор шаблонов).
Откроется меню генератора шаблонов, в котором представлены различные функции (см. [таблицу 10-1](#)).
3. Нажмите соответствующую функциональную клавишу для выбора требуемой функции.

В информационной панели отображаются используемые контакты.

Таблица 10-1 – Варианты настроек генератора шаблонов

Функция	Варианты настроек
Square wave (прямоугольная)	Частота / период, полярность, рабочий цикл
Counter (счетчик)	Частота, направление счета
Arbitrary (произвольная)	Тактовая синхронизация, ввод последовательностей
Manual (вручную)	Ручное переключение между четырьмя отдельными контактами
UART	Полярность, задание битовой скорости
SPI / I ² C / CAN / LIN	Задание битовой скорости

10.2.1 Прямоугольный сигнал (функция Square Wave)

Для выполнения ручной коррекции пробников без использования соответствующего мастера настройки воспользуйтесь функцией "**SQUARE WAVE**". Для функции Square Wave используется шаблон, длина которой составляет 100 отсчетов (100 состояний). При этом поддерживается возможность изменения полярности и коэффициента заполнения (от 1 до 99 %).

10.2.2 Счетчик (функция Counter)

Функция позволяет вызывать 4-разрядный счетный шаблон. Поддерживается возможность задания направления счета (функциональная клавиша "DIRECTION" (направление)) и частоты (функциональная клавиша "FREQUENCY" (частота)). Введенная пользователем частота всегда относится к моменту изменения состояния шаблона. Это позволяет получать осциллограммы прямоугольного сигнала для каждого из контактов, как указано в [таблице 10-2](#).

Таблица 10-2 – Функция Counter

Контакт	Частота
S0	f/2
S1	f/4
S2	f/8
S3	f/16

10.2.3 Произвольный сигнал (функция Arbitrary)

Пользователь может задать 4-разрядный шаблон длиной 2048 отсчетов с помощью функциональной клавиши "ARBITRARY". Созданный шаблон может быть сохранен или вызван. Если функция Arbitrary включена, будет оставлен предустановленный шаблон, который может формироваться автоматически. Это значит, что шаблон SPI может быть проанализирован и адаптирован требуемым образом.

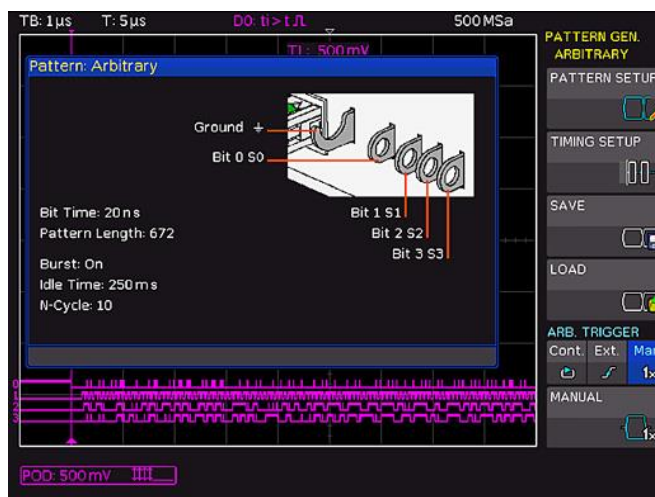


Рисунок 10-1 – Меню Arbitrary

Доступны следующие варианты настройки:

PATTERN SETUP (настройка шаблона)

Настройка "PATTERN LENGTH" (длина шаблона) определяет длину шаблона.

Настройка "INDEX" (индекс) позволяет выбрать отдельные отсчеты. Выбранный отсчет отображается в информационной панели в виде голубой линии. В окне отображается шаблон для всех четырех разрядов. Рядом с указанным индексом отображаются ± 8 битов.

Настройка "VALUE" (значение) позволяет изменить значение выбранного отсчета.

Настройка "DRAW" (заполнить) позволяет задать большое количество отсчетов с одинаковыми значениями. Настройка "VALUE" останется неизменной и применяется ко всем выбранным индексам.

Настройка "DELETE ALL" (удалить все) позволяет удалить шаблон; длина шаблона становится равной 1. Сигналы на всех разъемах устанавливаются в низкое состояние (0).

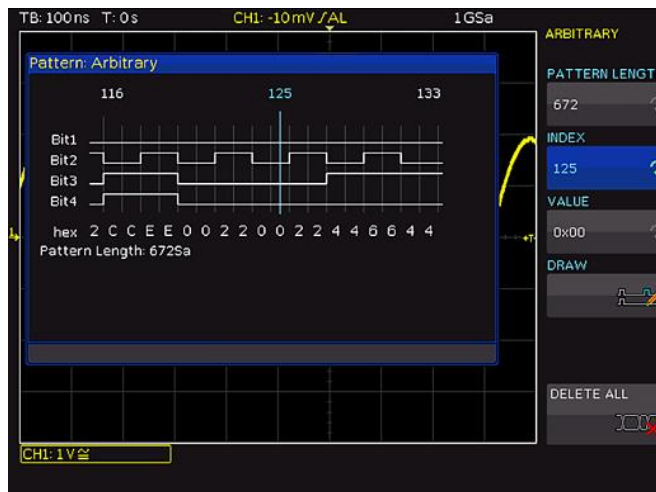


Рисунок 10-2 – Настройка произвольного шаблона

TIMING SETUP (настройка синхронизации)

Настройка "BIT TIME" (битовый интервал) позволяет задать требуемый интервал дискретизации. Это значение одинаково для всех отсчетов.

Значение, заданное в настройке "PERIOD" (период), применяется ко всему шаблону. Оно вычисляется путем умножения длины шаблона на заданный битовый интервал (длительность отсчета).

Если функция "BURST" (пакет импульсов) включена ("ON"), прибор будет приостанавливать работу после каждого выданного шаблона на время "IDLE TIME". Формирование шаблонов возобновится лишь по истечении указанного временного интервала.

Использование опции "N-CYCLE" (N циклов) позволяет пользователю сформировать шаблон ровно <n> раз. Интервал дискретизации может задаваться в диапазоне от 20 нс до 42 с с шагом 10 нс. Это реализуется с помощью 32-разрядного счетчика.

Время простоя "IDLE TIME" между тестовыми последовательностями может задаваться в диапазоне от 20 нс до 42 с с шагом 10 нс. Это также реализуется с помощью 32-разрядного счетчика. Для ввода значений воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой или клавишей KEYPAD на панели управления CURSOR/MENU (курсор/меню).

SAVE/LOAD (сохранить/загрузить)

Сформированный вручную шаблон может быть сохранен или вызван с помощью функциональной клавиши "SAVE" (сохранить) или "LOAD" (загрузить). Шаблон может быть сохранен во внутреннюю память прибора или на внешний USB-носитель. Он сохраняется вместе с временными настройками.

ARB. TRIGGER (произвольный запуск)

Настройка "ARB. TRIGGER" (произвольный запуск) обеспечивает доступ к трем функциям запуска:

- Функция "CONT." (непрерывный запуск) обеспечивает непрерывное формирование шаблонов. Если включена функция "BURST" (пакет импульсов), между шаблонами выдерживается лишь время простоя "IDLE TIME". В режиме непрерывного запуска настройка "N-CYCLE" игнорируется.
- Для функции "EXT." (внешний запуск) шаблон формируется по фронту внешнего входного сигнала осциллографа ("TRIG. EXT"). Если включена функция "BURST" (пакет импульсов), шаблон будет сформирован <n> раз (см. настройку N-CYCLE). Кроме того, поддерживается возможность выбора запускающего фронта. Если для запускающего фронта выбрано значение "BOTH" (оба), запуск выполняется как по переднему, так и по заднему фронту. Шаблон запускается по первому фронту независимо от направления перепада.

- Если включена функция "MAN." (вручную), шаблон формируется вручную по нажатию соответствующей клавиши. Если включена функция "BURST" (пакет импульсов), применяются значения, заданные в настройках "IDLE TIME" (время простоя) и N-CYCLE (N циклов).

10.2.4 Ручной режим (функция Manual)

При работе в режиме ручного задания шаблонов режимы для отдельных контактов S0-S3 могут различаться.

Каждому контакту назначена отдельная функциональная клавиша и присвоено высокое HIGH ("H") или низкое LOW ("L") состояние.

10.2.5 Источник сигнала шины

Воспользуйтесь контактами генератора шаблонов (PATTERN GENERATOR), расположенными на передней панели прибора, для формирования следующих сигналов шины (для проведения измерений в отсутствие объекта измерения) в зависимости от выбранной настройки:

- SPI: скорость передачи данных 100 кбит/с, 250 кбит/с или 1 Мбит/с;
- I²C: скорость передачи данных 100 кбит/с, 400 кбит/с, 1 Мбит/с или 3,4 Мбит/с;
- UART: скорость передачи данных 9600 кбит/с, 115,2 кбит/с и 1 Мбит/с;
- CAN: до 50 Мбит/с;
- LIN: до 50 Мбит/с.



Сигналы источника BUS (шина) представляют собой псевдослучайную последовательность и не могут быть адаптированы. При этом может быть выбран только тип BUS и соответствующая ему скорость передачи данных.

Контакт, расположенный в левом верхнем углу, всегда заземлен, а уровни сигнала приблизительно соответствуют 1 В. В приведенной ниже таблице дана информация об использовании четырех выводов S1, S2, S3 и S0 в зависимости от типа сигнала.

Таблица 10-3 – Назначение контактов источника сигнала шины (BUS)

Сигнал	S1	S2	S3	S0/ 
SPI	Clock (тактовый)	MOSI	MISO	Chip Select (выбор кристалла)
I ² C	Data SDA (данные SDA)	нет сигнала	нет сигнала	Clock SCL (тактовый SCL)
UART	RX	нет сигнала	нет сигнала	TX
CAN	CAN L	нет сигнала	нет сигнала	CAN H
LIN	Low (низкий)	нет сигнала	нет сигнала	High (высокий)

Для каждого режима работы отображается информационная панель, в которой указывается назначение соответствующего контакта. Для вызова подменю с настройкой битовой скорости для выбранного режима работы нажмите соответствующую функциональную клавишу.

В меню "SAVE/RECALL" (сохранить/вызвать) с помощью функциональных клавиш "DEVICE SETTINGS" (настройки устройства) и "LOAD" (загрузить) можно загрузить предустановленные конфигурационные файлы источников сигнала SPI/SSPI, I²C, UART, CAN и LIN из внутренней памяти.

11 Анализ сигналов последовательных шин

Для синхронизации и декодирования сигналов последовательных шин в цифровых каналах и на аналоговых входах используются следующие опции:

- R&S RTC-K1: шины I²C и SPI;
- R&S RTC-K2: шины UART/RS-232;
- R&S RTC-K3: шины CAN и LIN.



Анализ сигналов последовательных шин выполняется с частотой, равной 1/8 частоты дискретизации.

Использование цифровых каналов требует наличия логического пробника R&S RT-ZL03 и опции R&S RTC-B1.

Анализ параллельных и последовательных данных включает три основных этапа:

- конфигурация протокола (тип шины / настройки для протокола);
- декодирование (отображение декодированных данных / масштабирование / таблица данных шины);
- запуск (начало / конец / последовательность данных).

11.1 Конфигурирование последовательной шины

Перед заданием настроек для функций синхронизации и декодирования последовательных сигналов необходимо сконфигурировать шину. Для настройки доступны шины B1 и B2.



Перед конфигурированием шины задайте соответствующий логический уровень (порог).

- Для аналоговых каналов см. подраздел "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Для цифровых каналов см. подраздел "[Установка порога для логических состояний](#)" на стр. 95. Значение по умолчанию составляет 500 мВ.

Конфигурирование шины

1. Нажмите клавишу BUS в области Vertical; она будет выделена белым цветом.
2. В сокращенном меню нажмите функциональную клавишу "B1" или "B2" для вызова соответствующего меню.
Кроме того, для конфигурирования шины можно нажать кнопку MENU в области Vertical и затем верхнюю функциональную клавишу.
3. Нажмите "BUS TYPE" (тип шины) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора одного из следующих типов шины:
 - "PARALLEL" (параллельная);
 - "PARALLEL CLOCKED" (параллельная тактируемая);
 - "SSPI" (доступно с опцией R&S RTC-K1);
 - "SPI" (доступно с опцией R&S RTC-K1);
 - "I²C" (доступно с опцией R&S RTC-K1);
 - "UART" (доступно с опцией R&S RTC-K2);

Конфигурирование последовательной шины

- "CAN" (доступно с опцией R&S RTC-K3);
- "LIN" (доступно с опцией R&S RTC-K3).



Рисунок 11-1 – Меню для конфигурирования шины

Конфигурирование выбранного типа шины

- ▶ Нажмите "CONFIGURATION" (конфигурирование).

Откроется меню конфигурирования для выбранного типа шины. Описание меню см. в главах с информацией о типах шин.

Задание настроек отображения:

1. Нажмите "DISPLAY SETUP" (настройка отображения).
2. Повторно нажмите "DISPLAY" для выбора одного из следующих форматов декодирования:
 - Binary (двоичный);
 - Hexadecimal (шестнадцатеричный);
 - Decimal (десятичный);
 - ASCII.
3. Нажмите "BITS" (биты) для показа или скрытия отдельных разрядных линий над отображением таблицы.

Ввод имени шины

1. Нажмите "LABEL" (метка).
2. Для показа или скрытия метки нажмите "LABEL".
3. Нажмите "LIBRARY" (библиотека) для выбора имени из списка предустановленных значений.
4. Нажмите "EDIT LABEL" (правка метки) для ввода нового или изменения предложенного имени.
 Может быть введено до 8 символов.
 Для подтверждения имени в редакторе нажмите "ACCEPT" (принять).
 Указанное имя отображается на масштабной сетке и на распечатке.

11.2 Таблица данных шины: результаты декодирования

В таблице данных шины отображаются результаты декодирования данных шины. Содержимое таблицы может быть изменено; декодированные данные могут быть экспортированы в файл.

Содержимое таблицы зависит от протокола. Отображение таблицы может быть включено для каждого типа шины.

Включение таблицы данных шины

1. В меню "BUS" (шина) нажмите "BUS TABLE" (таблица данных шины) для вызова меню.
2. Для включения таблицы данных шины нажмите "BUS TABLE".



Убедитесь, что на экране отображается полное сообщение последовательного протокола; это гарантирует корректность результатов декодирования. Для отображения подробностей сообщения воспользуйтесь функцией масштабирования.

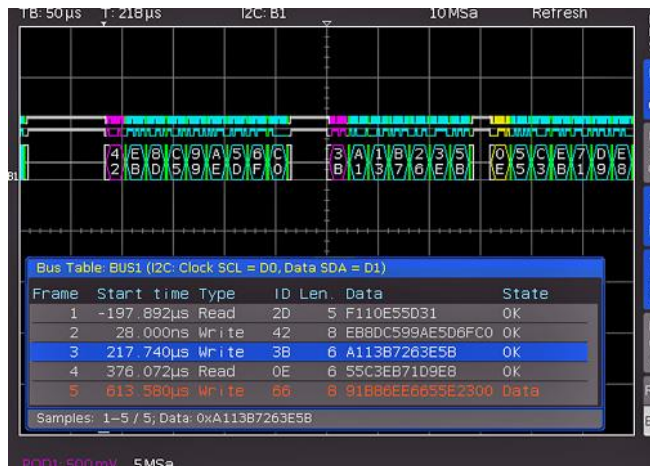


Рисунок 11-2 – Пример шины I²C с таблицей данных шины

Экспорт результатов декодирования

1. Остановите сбор данных.
2. В меню "BUS TABLE" (таблица данных шины) нажмите "SAVE" (сохранить).
3. Подключите USB-носитель к прибору.
4. Сохраните таблицу данных шины.

Для каждого кадра в файл записывается одна строка, например:

```
"Bus table: BUS1 (I2C: Clock SCL = D0, Dates SDA = D1)"
Frame,Mark,Start time[s],Type,ID,Length,Date,Condition
1,,-197.89200e-6,Read,0x2D,5,0xF110E55D31,OK
2,,28.00000e-9,Write,0x42,8,0xEB8DC599AE5D6FC0,OK
3,,217.74000e-6,Write,0x3B,6,0xA113B7263E5B,OK
4,,376.07200e-6,Read,0x0E,6,0x55C3EB71D9E8,
OK
5,,613.58000e-6,Write,0x66,8,0x91B86EE6655E2300,Data Error
```

Параллельная или параллельная тактируемая шина

В меню "BUS TABLE" (таблица данных шины) содержатся следующие настройки:

BUS TABLE (таблица данных шины)

Включение или отключение отображения списка. Как правило, в строке отображается полное сообщение (кадр) протокола. В столбцах содержится информация о времени, данные и, если требуется, адресное сообщение. Количество строк таблицы соответствует количеству полных кадров сообщения, сохраненных в памяти прибора. Функциональная клавиша "TAB" (таблица), представленная в сокращенном меню "BUS" (шина), позволяет включить или выключить таблицу данных шины без открытия меню.

TRACK FRAME (отслеживание кадра)

Включение функции прокрутки по содержимому таблицы данных шины с возможностью мгновенного перехода на выбранную позицию в памяти с помощью универсальной поворотной ручки. Это возможно лишь в том случае, если процедура сбора данных была остановлена. Эта функция также доступна в сокращенном меню "BUS" (шина): "TRK" (= Track (отслеживание)).

FRAME TIME DIFFERENCE (межкадровый временной интервал)

Если функция включена, в таблице данных шины отобразится временной интервал между текущим и предыдущим кадрами (пакетами данных). Соответствующий столбец отмечен как "TIME DIFF" (временной интервал).

Если функция выключена, в столбце "START TIME" (время запуска) отображается абсолютное значение времени относительно момента запуска.

POSITION (положение)

Смещение таблицы данных шины в верхнюю или нижнюю область экрана или отображение таблицы в полноэкранный режим. Для изменения положения таблицы данных шины можно также воспользоваться функциональной клавишей "POS" (положение) в сокращенном меню "BUS" (шина).

SAVE (сохранить)

Сохранение результатов декодирования в CSV-файл или на USB-носитель.

11.3 Параллельная или параллельная тактируемая шина

В приборе R&S RTC1002 по умолчанию представлена функция анализа данных параллельной и параллельной тактируемой шины. Наличие опции не требуется. Анализ может выполняться для линий, содержащих до 7 разрядов.

Выбор параллельной или параллельной тактируемой шины

1. Нажмите клавишу BUS (шина) в области Vertical.
2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical.
3. В меню "BUS" (шина) нажмите функциональную клавишу "BUS TYPE" (тип шины).
4. Воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора типа шины "PARALLEL" (параллельная) или "PARALLEL CLOCKED" (параллельная тактируемая).

Параллельная или параллельная тактируемая шина

Конфигурирование параллельной или параллельной тактируемой шины

1. В меню "BUS" (шина) нажмите "CONFIGURATION" (конфигурирование).
2. Нажмите "BUS WIDTH" (разрядность шины). Для выбора количества разрядов линии воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой.
3. Нажмите "SOURCE" (источник).
4. Определите исходные линии для отдельных битов:
 - а) Несколько раз нажмите "PREVIOUS BIT" (предыдущий бит) или "NEXT BIT" (следующий бит) для выбора требуемого бита. Выбранный бит выделяется синим цветом.
 - б) Вращайте универсальную поворотную ручку для назначения логического канала выбранному биту. Кроме того, можно несколько раз нажать "SOURCE" (источник).
5. Если выбран тип шины "PARALLEL CLOCKED" (параллельная тактируемая), нажмите нижнюю функциональную клавишу "CONTROL WIRES" (провода управления) для задания следующих настроек:
 - а) Нажмите "CHIP SELECT" (выбор кристалла) и выберите источник CS.
 - б) Нажмите "ACTIVE" (активный уровень) для определения уровня сигнала выбора кристалла: высокий ("High") или низкий ("Low").
 - в) Нажмите "CLOCK" (тактовый сигнал) и выберите источник тактового сигнала.
 - г) Нажмите "SLOPE" (перепад) для выбора переднего, заднего или обоих типов фронтов.
6. Нажмите функциональную клавишу Back (назад) для возврата в главное меню "BUS" (шина).

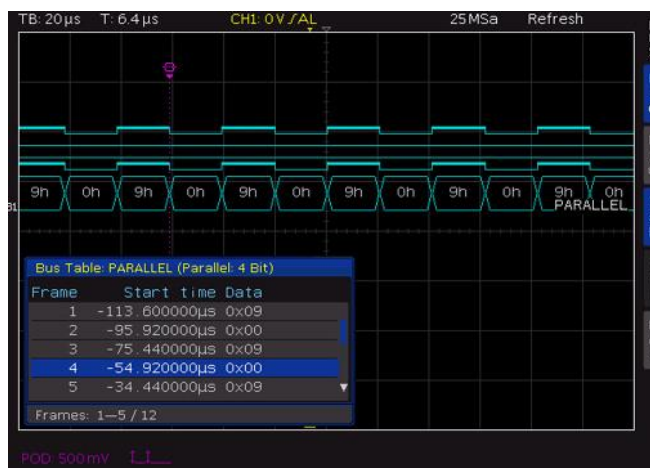


Рисунок 11-3 – Пример таблицы данных для параллельной шины

Таблица 11-1 – Содержимое таблицы данных параллельной шины

Столбец	Описание
"Start Time" (начало кадра)	Время начала кадра относительно точки запуска
"Data" (данные)	Значение байтов данных

Для запуска по сигналам последовательных шин воспользуйтесь функцией логического запуска (см. главу 5.5 "Логический запуск" на стр. 47).

11.4 Шина I²C

Для синхронизации и декодирования сигналов шины I²C нужна опция R&S RTC-K1. Шина I²C – это двухпроводная шина, разработанная компанией Philips (в настоящее время известной как NXP Semiconductor).

Шина I²C обладает следующими характеристиками:

- Два провода: линия тактирования (SCL) и линия данных (SDA).
- Связь в режиме "ведущий-ведомый": ведущий генерирует тактовые импульсы и выбирает ведомого.
- Адресация: каждому ведомому может быть присвоен уникальный адрес. Несколько ведомых могут быть связаны друг с другом и адресованы одному ведущему.
- Бит чтения/записи (Read/Write): ведущий может считывать (=1) или записывать (=0) данные.
- Бит подтверждения: после каждого байта.

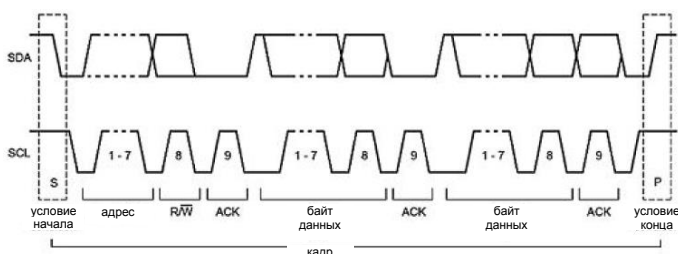


Рисунок 11-4 – 7-битный адрес шины I²C

Формат простого сообщения (кадра) I²C с 7-битным адресом имеет следующий вид:

- Условие начала: задний фронт на линии SDA (последовательная линия данных) при нахождении линии SCL (последовательная линия тактирования) в состоянии "High" (высокое).
- 7-битный адрес (запись или считывание данных из ведомого).
- Бит чтения/записи (R/W): указывает на запись или чтение данных из ведомого.
- Бит подтверждения (ACK): выдается получателем предыдущего байта, если передача была успешной. Исключение: для получения доступа на чтение ведущий завершает передачу данных битом NACK после последнего байта.
- Данные: последовательность байтов данных с битом ACK после каждого байта.
- Условие конца: передний фронт на линии SDA (последовательная линия данных) при нахождении линии SCL (последовательная линия тактирования) в состоянии "High" (высокое).

11.4.1 Конфигурирование шины I²C



Перед конфигурированием шины задайте соответствующий логический уровень (порог).

- Для аналоговых каналов см. подраздел "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Для цифровых каналов см. подраздел "[Установка порога для логических состояний](#)" на стр. 95. Значение по умолчанию составляет 500 мВ.

Выбор шины "I²C"

1. Нажмите клавишу BUS (шина) в области Vertical.
2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical.
3. В меню "BUS" (шина) нажмите функциональную клавишу "BUS TYPE" (тип шины).
4. Воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора типа шины "I²C".

Для декодирования данных шины I²C прибору необходима информация о том, какие логические каналы подключены к линии тактирования (SCL) и линии данных (SDA).

Конфигурирование шины I²C

1. В меню "BUS" (шина) нажмите "CONFIGURATION" (конфигурирование).
2. Для выбора канала источника нажмите "CLOCK SCL" (линия тактирования). Для выбора воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой.
3. Для выбора канала данных нажмите "DATA SDA" (линия данных) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой.
4. Нажмите "7BIT ADDRESS" (7-битный адрес) для выбора вида интерпретации адреса: включая ("ADR.+ RW") или не включая бит чтения/записи "Read/Write" ("ADDR. ONLY").

В небольшом окне отобразится информация о текущих настройках.

5. Дважды нажмите функциональную клавишу Back (назад) для закрытия всех меню.

Некоторые части сообщений I²C отображаются в цвете, что позволяет отличать их от других частей. Если в таблице данных шины выбраны линии данных, соответствующие части сообщения также отображаются в цвете.

- адрес чтения: желтый;
- адрес записи: пурпурный;
- данные: бирюзовый;
- начало: белый;
- конец: белый;
- отсутствие подтверждения: красный;
- подтверждение: зеленый.

11.4.2 Запуск по сигналам шины I²C

По завершении конфигурирования шины можно выполнить запуск по различным событиям.

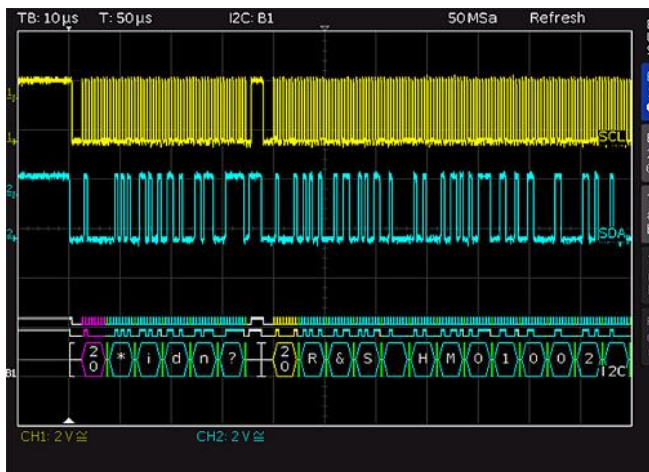


Рисунок 11-5 – Шина I²C

Запуск по событиям

1. В области Trigger (запуск) нажмите клавишу TYPE (тип).
2. Выберите "SERIAL BUS" (последовательная шина).
3. Нажмите клавишу SOURCE (источник) в области Trigger.
4. Выберите "I²C BUS" (шина I²C) нажатием соответствующей функциональной клавиши.
Шина доступна лишь в том случае, если она была предварительно сконфигурирована.
5. Нажмите клавишу FILTER (фильтр) в области Trigger для отображения списка всех доступных условий запуска по сигналам шины I²C:
6. Сконфигурируйте условие запуска. Возможные условия описаны ниже.
7. Нажмите функциональную клавишу Back (назад); все меню будут закрыты.
Запуск осциллографа осуществляется при выполнении условия. Для получения информации о проведении измерений в отсутствие объекта измерения см. [главу 10.2.5 "Источник сигнала шины"](#) на стр. 104.

START (начало)

Запуск по последовательности начала кадра. Последовательностью начала является задний фронт на линии SDA при высоком состоянии линии SCL.

STOP (конец)

Запуск по последовательности конца кадра. Последовательностью конца является передний фронт на линии SDA при высоком состоянии линии SCL.

RESTART (перезапуск)

Запуск выполняется при появлении новой последовательности начала перед возникновением условия конца. Новая последовательность начала идентична предыдущей.

NOT-ACKNOWLEDGE (отсутствие подтверждения)

Бит NOT-ACKNOWLEDGE – это девятый бит в последовательности данных или адреса линии SDA. Возникновение состояния NOT-ACKNOWLEDGE обусловлено тем, что бит подтверждения на линии SDA находится в высоком состоянии, хотя оно должно быть низким.

READ/WRITE (чтение/запись)

Задание следующих дополнительных опций запуска:

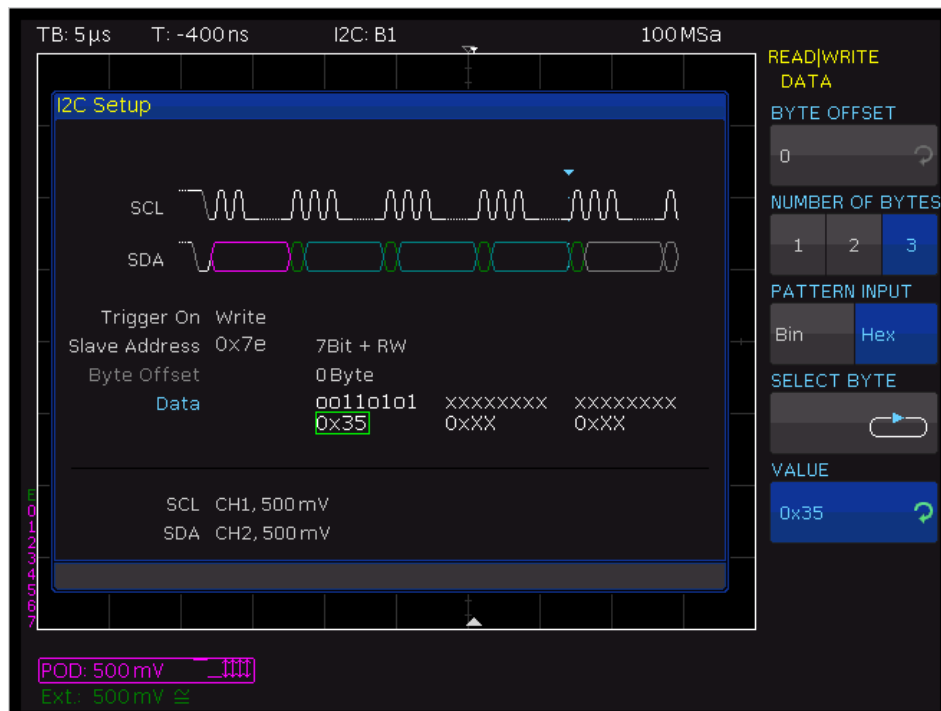


Рисунок 11-6 – Меню запуска Read/Write (чтение/запись)

"MASTER" (ведущий)	Выбор доступа на чтение или на запись в качестве условия запуска. Восьмой бит первого блока данных (в зависимости от длины адреса) используется для различения доступа на чтение и на запись. Выбранное условие отображается в окне настроек шины I ² C.
"ADDRESS LENGTH" (длина адреса)	Задание длины адреса и, как следствие, максимального количества адресов ведомых. При длине адреса 7 битов максимальное количество доступных адресов равно 112. Режим адресации с длиной адреса 10 битов совместим сверху вниз с режимом 7-битной адресации благодаря использованию 4 из 16 зарезервированных адресов; эти режимы могут применяться одновременно. При длине адреса 10 бит доступно 1136 адресов (1024 + 128 - 16). Самым старшим 10-битным адресом является 1023 (0x3FF). Выбранная длина адреса отображается в окне настроек шины I ² C.
"SLAVE ADDRESS" (адрес ведомого)	Задание адреса ведомого, с которым взаимодействует ведущий. Воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора адреса, по которому будет выполнен запуск.
"DATA"	Запуск по конкретному адресу и/или последовательности данных. См. подраздел "DATA" на стр. 114.

DATA (данные)

Настройка "DATA" обеспечивает возможность запуска по конкретным данным в дополнение к запуску по адресу. Запуск выполняется по однозначно определенным байтам передаваемых данных (бирюзовый цвет), что позволяет отфильтровывать неподходящие передаваемые данные. Запуск может выполняться по 24 битам (3 байтам) данных. Смещение адреса может находиться в пределах от 0 до 4095.

BYTE OFFSET (байтовое смещение) ← DATA

Задание расстояния между байтами, соответствующего условию запуска и адресу. Как правило, если запуск ожидается в пределах первых 24 битов после адреса, используется нулевое байтовое смещение.

NUMBER OF BYTES (количество байтов) ← DATA

Задание количества байтов, анализируемых на предмет соответствия условию запуска.

PATTERN INPUT (ввод шаблона) ← DATA

Битовая последовательность (шаблон) может быть задана в двоичном или шестнадцатеричном формате.

Если выбран ввод данных в двоичном формате, воспользуйтесь "SELECT BIT" (выбрать бит) и универсальной поворотной ручкой для выбора бита. Затем нажмите "STATE" (состояние) для установки состояния H (=1), L (=0) или X (не имеет значения) для выбранного бита. Состояние X соответствует произвольному состоянию. Повторяйте указанные действия, пока не будет установлено состояние для всех битов.

При выборе шестнадцатеричного формата ввода данных в состояние X может быть установлен только весь байт. Воспользуйтесь функциональной клавишей "SELECT BYTE" (выбрать байт) для выбора одного из байтов (в зависимости от доступного количества байтов). Для задания значения байта воспользуйтесь функциональной клавишей "VALUE" (значение) и универсальной поворотной ручкой. Активный байт выделяется зеленой рамкой в окне отображения условия запуска (см. [рисунок 11-6](#)).

11.4.3 Таблица данных шины I²C

В таблице данных шины представлены результаты декодирования. См. также: [глава 11.2 "Таблица данных шины: результаты декодирования"](#) на стр. 107.

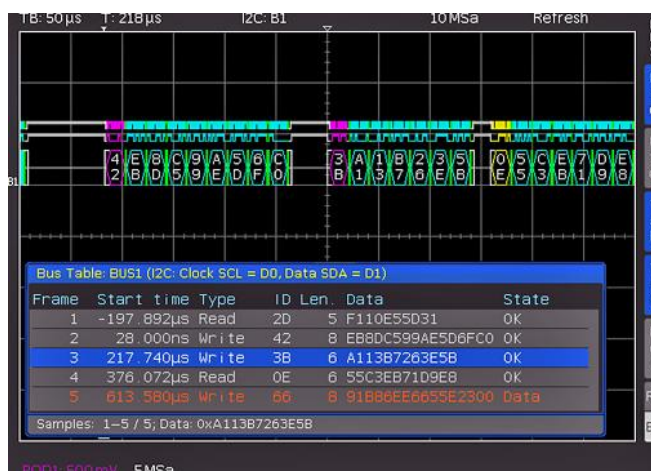


Рисунок 11-7 – Таблица данных шины I²C

Таблица 11-2 – Содержимое таблицы данных шины РС

Столбец	Описание
"Start Time" (начало кадра)	Время начала кадра относительно точки запуска
"Type" (тип)	Значение бита R/W (чтение/запись)
"ID" (идентификатор)	Значение адреса
"Length" (длина)	Количество слов в кадре
"Data" (данные)	Значения слов данных.
"State" (состояние)	Состояние кадра: <ul style="list-style-type: none"> • "OK" = кадр действителен; • "DATA" = в интервале сбора данных было декодировано только начало/конец кадра; на текущий момент данные недоступны; • "ADDR. ERR." = декодирование неполного кадра; • "INS" = отсутствие кадра в выборке; полученная часть кадра действительна.

11.5 Шина SPI / SSPI



Для синхронизации и декодирования сигналов шины SPI/SSPI требуется опция R&S RTC-K1.

Последовательный периферийный интерфейс SPI используется для обмена данными с низкоскоростными периферийными устройствами, в частности для передачи потоков данных. Шина SPI была разработана компанией Motorola (в настоящее время известной как Freescale); тем не менее, она не была официально стандартизирована. Как правило, это шина содержит линии данных и тактирования, а также линию выборки (трехпроводная шина). При наличии только одного ведущего и одного ведомого линия выборки может быть удалена. Такой тип линии также называется SSPI (Simple SPI) (двухпроводная).

Шина SPI обладает следующими характеристиками:

- связь в режиме "ведущий-ведомый";
- отсутствие адресации прибора;
- отсутствие необходимости в подтверждении получения данных;
- поддержка дуплексного режима.

Большинство шин SPI содержат 4 общие линии, 2 линии данных и 2 линии управления:

- синхронизация со всеми ведомыми (SCLK);
- линии выборки ведомого или кристалла (SS или CS)
- Master-Out-Slave-In (выход ведущего, вход ведомого) или Slave-Data-Input (вход данных ведомого) (MOSI или SDI);
- Master-In-Slave-Out (вход ведущего, выход ведомого) или Slave-Data-Output (выход данных ведомого) (MISO или SDO).

Если ведущий генерирует тактовые импульсы и выбирает ведомого, данные могут передаваться как в одном направлении, так и в обоих направлениях одновременно.

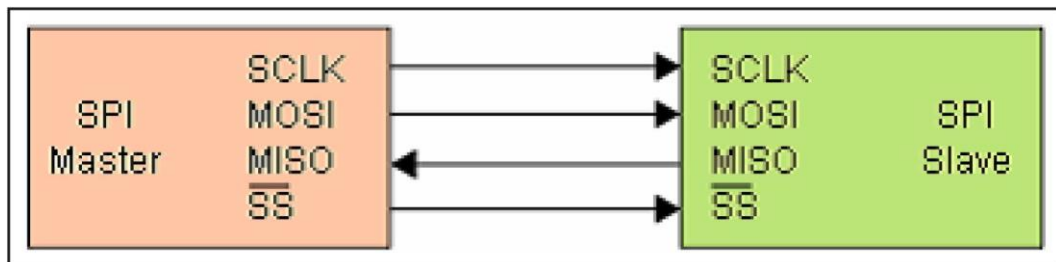


Рисунок 11-8 – Простая конфигурация шины SPI

11.5.1 Конфигурирование шины SPI / SSPI



Перед конфигурированием шины задайте соответствующий логический уровень (порог).

- Для аналоговых каналов см. подраздел "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Для цифровых каналов см. подраздел "[Установка порога для логических состояний](#)" на стр. 95. Значение по умолчанию составляет 500 мВ.

Для трехпроводной шины SPI вход внешнего запуска используется как CS (Chip Select, выбор кристалла). Пороговое значение может быть задано в меню конфигурирования шины.

Декодирование данных шины SPI

1. Нажмите клавишу BUS (шина) в области Vertical.
2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical для доступа к меню настройки шины BUS.
3. Нажмите функциональную клавишу BUS TYPE (тип шины) для определения того, имеется ли в системе SPI линия выбора кристалла (двухпроводная или трехпроводная шина SPI):
 - для двухпроводной системы SPI выберите опцию SSPI;
 - для трехпроводной системы SPI выберите опцию SPI.

Задание настроек в подменю конфигурирования шины SPI

1. Нажмите кнопку "CONFIGURATION" (конфигурирование) для вызова меню настройки для шины SPI или SSPI.
2. Воспользуйтесь верхней клавишей функционального меню "SOURCE" (источник) для выбора соответствующего канала для линий выбора кристалла ("CS"), тактирования ("Clk") и данных ("Data").
3. Выберите "Data" (данные) в области "SOURCE" (источник).

- а) Нажмите функциональную клавишу "DATA" (данные) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для выбора соответствующего канала источника.

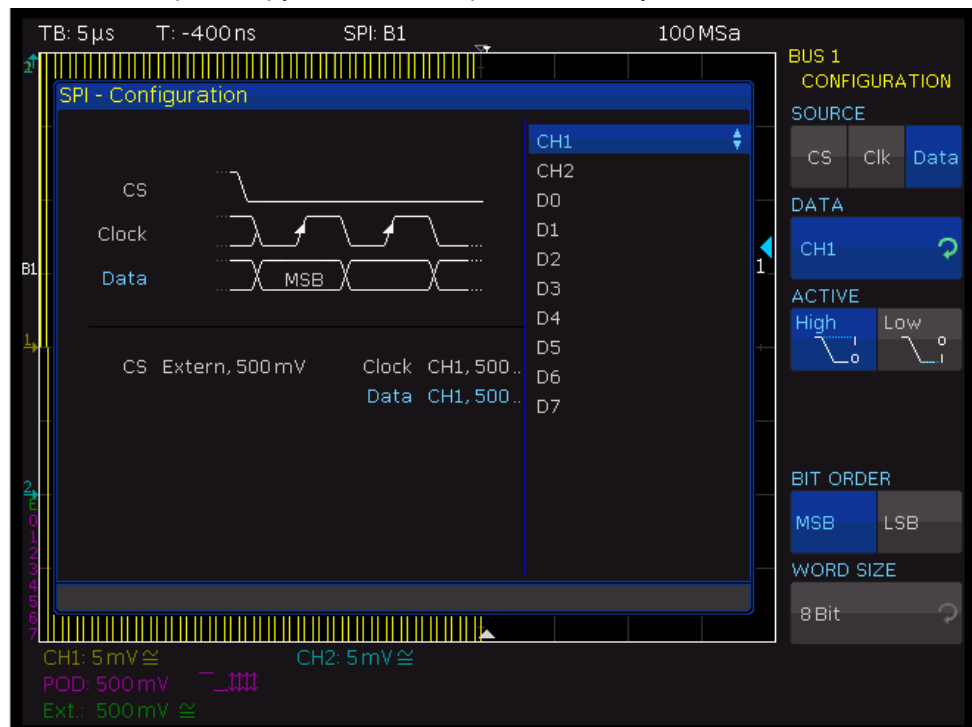


Рисунок 11-9 – Меню для конфигурирования шины SPI

4. В дополнение к выбору источника можно воспользоваться функциональной клавишей "ACTIVE" (активный) для задания следующих настроек:
 - Если в "SOURCE" (источник) выбрано "CS", нажатие "ACTIVE" (активный) определяет, высокий или низкий уровень является активным для сигнала выбора кристалла "Chip select" (низкий уровень является активным по умолчанию).
 - Если в "SOURCE" (источник) выбрано "CLK", нажатие "ACTIVE" (активный) определяет, по переднему или заднему фронту выполняется запись данных "Data" (передний фронт является настройкой по умолчанию).
 - Если в "SOURCE" (источник) выбрано "DATA", нажатие "ACTIVE" (активный) определяет, высокий или низкий уровень является активным для данных "Data" (высокий уровень является активным по умолчанию).
5. Нажмите функциональную клавишу "BIT ORDER" (порядок следования битов) для выбора стартового бита в каждом сообщении: "MSB" (старший значащий бит) или "LSB" (младший значащий бит).
6. Нажмите функциональную клавишу "WORD SIZE" (размер слова) для задания количество битов в сообщении с помощью универсальной поворотной ручки. Может быть выбрано любое значение в диапазоне от 1 до 32 битов.

Задание настроек в подменю конфигурирования шины SSPI

1. Воспользуйтесь верхней функциональной клавишей "SOURCE" (источник) для выбора соответствующего канала для линий тактирования ("Clk") и данных ("Data") или для задания таймаута ("Time").
2. Выберите "Time" (время) в области "SOURCE" (источник).
 - а) Нажмите функциональную клавишу "TIME OUT" (таймаут) и воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой для задания времени простоя.

Во время таймаута линии данных и тактирования находятся в низком состоянии. По истечении таймаута начинается новый кадр. Если временные интервалы между пакетами данных меньше длительности таймаута, эти пакеты входят в состав одного кадра. Информация о текущих настройках отображается в небольшом окне.

3. Нажмите функциональную клавишу "BIT ORDER" (порядок следования битов) для выбора стартового бита в каждом сообщении: "MSB" (старший значащий бит) или "LSB" (младший значащий бит).
4. Нажмите функциональную клавишу "WORD SIZE" (размер слова) для задания количество битов в сообщении с помощью универсальной поворотной ручки. Может быть выбрано любое значение в диапазоне от 1 до 32 бит.

Некоторые части сообщений SPI/SSPI отображаются в цвете, что позволяет отличать их от других частей:

- **белый:** начало/конец полного кадра;
- **красный:** неполное слово, не содержащееся в выборке; измените масштаб по горизонтальной оси или значение "Time Reference" (начало отсчета) для увеличения длительности выборки;
- **бирюзовый:** декодированные слова.

11.5.2 Запуск по сигналам шины SPI / SSPI

По завершении конфигурирования шины SPI/SSPI можно выполнить запуск по различным событиям.

Запуск по событиям

1. Нажмите кнопку TYPE (тип) в области TRIGGER (запуск) панели управления.
2. Нажмите функциональную клавишу "SERIAL BUSES" (последовательные шины).
3. Нажмите кнопку SOURCE (источник) в области TRIGGER.
4. Выберите "SPI BUS" (шина SPI) нажатием соответствующей функциональной клавиши. Шина доступна лишь в том случае, если она была предварительно сконфигурирована.
5. Нажмите кнопку FILTER (фильтр) в области TRIGGER панели управления для отображения списка всех доступных условий запуска по сигналам шины SPI.
6. Трижды нажмите кнопку "MENU OFF" (закрыть меню) для закрытия всех меню; запуск осциллографа выполняется по заданной битовой последовательности.

Для получения информации о проведении измерений в отсутствие объекта измерения см. главу 10.2.5 "Источник сигнала шины" на стр. 104.

FRAME START (начало кадра)

"FRAME START": установка события запуска на начало кадра. Началом кадра считается переключение сигнала выбора кристалла ("CS") в выбранный активный режим.

FRAME END (конец кадра)

"FRAME END": установка события запуска на конец кадра. Концом кадра считается переключение сигнала выбора кристалла (CS) из выбранного активного режима в неактивный.

BIT (бит)

"BIT": установка события запуска на отдельный бит в рамках заданной битовой последовательности с помощью универсальной поворотной ручки в области CURSOR / MENU (курсор/меню). Для указания номера требуемого бита можно также ввести числовое значение (кнопка KEYPAD).

SER. PATTERN (шаблон последовательности)

"SER. PATTERN": функциональная клавиша "SER. PATTERN" используется для указания конкретной битовой последовательности (шаблона) в кадре, которая будет инициировать событие запуска.

BIT OFFSET (битовое смещение) ← SER. PATTERN

"BIT OFFSET": выбор первого бита предварительно заданной битовой последовательности в рамках кадра. Биты, расположенные перед указанным первым битом, не влияют на событие запуска (например, если битовое смещение = 2, бит 0 и бит 1, идущие после сигнала CS, будут проигнорированы, и последовательность начнется с бита 2). С помощью универсальной поворотной ручки или путем числового ввода (кнопка KEYPAD) может быть выбрано значение в диапазоне от 0 до 4095.

NUMBER OF BITS (количество битов) ← SER. PATTERN

"NUMBER OF BITS": выбор количества битов, анализируемых на предмет соответствия условию запуска. С помощью универсальной поворотной ручки может быть выбрано значение в диапазоне от 1 до 32 битов.

PATTERN INPUT (ввод шаблона) ← SER. PATTERN

"PATTERN INPUT": задание битовой последовательности (шаблона) с использованием двоичных или шестнадцатеричных значений.

В случае двоичного формата ввода значений можно выбрать отдельные биты в потоке данных, в которые следует внести изменения, с помощью функциональной клавиши "SELECT BIT" (выбрать бит) и универсальной поворотной ручки. Опция "STATE" (состояние) позволяет присваивать логическое состояние каждому биту (высокое = H = 1, низкое = L = 0 или X = произвольное). Состояние X соответствует произвольному состоянию.

Если выбран шестнадцатеричный формат, воспользуйтесь функциональной клавишей "VALUE" (значение) и универсальной поворотной ручкой для задания значения соответствующего полубайта (4 бита). В этом формате ввода значений в состоянии X может быть установлен только весь полубайт. Для переключения между полубайтами воспользуйтесь функциональной клавишей "SELECT NIBBLE" (выбрать полубайт). Активный полубайт выделяется зеленой рамкой в окне отображения условия запуска.

11.5.3 Таблица данных шины SPI / SSPI

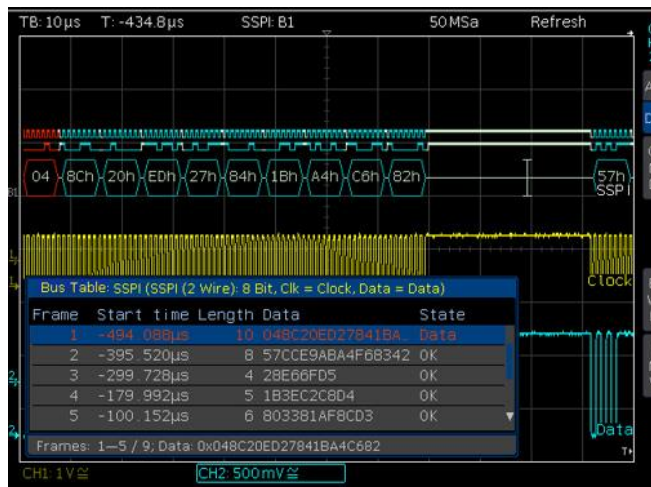


Рисунок 11-10 – Пример таблицы данных шины SSPI

Таблица 11-3 – Содержание таблицы данных шины SPI/SSPI

Столбец	Описание
"Start Time" (начало кадра)	Время начала кадра относительно точки запуска
"Length" (длина)	Количество слов в кадре
"Data" (данные)	Значения слов данных.
"State" (состояние)	Состояние кадра: <ul style="list-style-type: none"> "OK" = кадр действителен; "DATA" = в интервале сбора данных было декодировано только начало/конец кадра; на текущий момент данные недоступны; "INS" = отсутствие кадра в выборке; полученная часть кадра действительна.

11.6 Шина UART/RS-232



Для синхронизации и декодирования сигналов шины UART/RS-232 требуется опция R&S RTC-K2.

Шина UART (универсальный асинхронный приемопередатчик) является главной системной шиной и лежит в основе ряда протоколов. Одним из примеров является протокол RS-232. Сообщение протокола RS-232 состоит из кадра, в котором содержится стартовый бит (Start), 5-9 битов данных (Data), один бит контроля четности (Parity) и стоповый бит (Stop). Длина стопового бита может быть равна длине обычного бита или превышать ее в 1,5 или 2 раза.

Start Data0 Data1 [Data8] [Parity] Stop

Рисунок 11-11 – Битовая последовательность UART

11.6.1 Конфигурирование шины UART/RS-232



Перед конфигурированием шины задайте соответствующий логический уровень (порог).

- Для аналоговых каналов см. подраздел "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Для цифровых каналов см. подраздел "[Установка порога для логических состояний](#)" на стр. 95. Значение по умолчанию составляет 500 мВ.

Для декодирования данных шины UART сначала необходимо определить канал, подключенный к линии данных. Эта настройка может быть задана после выбора типа шины "UART" в меню BUS (шина) и нажатия функциональной клавиши "CONFIGURATION" (конфигурирование). В открывшемся меню можно нажать верхнюю функциональную клавишу "DATA SOURCE" (источник данных) для выбора требуемого канала с помощью универсальной поворотной ручки.

Декодирование данных шины UART

1. Нажмите клавишу BUS (шина) в области Vertical.
2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical.
Откроется главное меню шины (BUS).
3. Нажмите функциональную клавишу "BUS TYPE" (тип шины) и выберите "UART" с помощью универсальной поворотной ручки.
4. Нажмите функциональную клавишу "CONFIGURATION" (конфигурирование).

Некоторые части сообщений UART отображаются в цвете, что позволяет отличать их от других частей:

- **белый**: начало/конец полного кадра;
- **красный**: неполное слово, не содержащееся в выборке; измените масштаб по горизонтальной оси или значение "Time Reference" (начало отсчета) для увеличения длительности выборки;
- **бирюзовый**: декодированные слова.

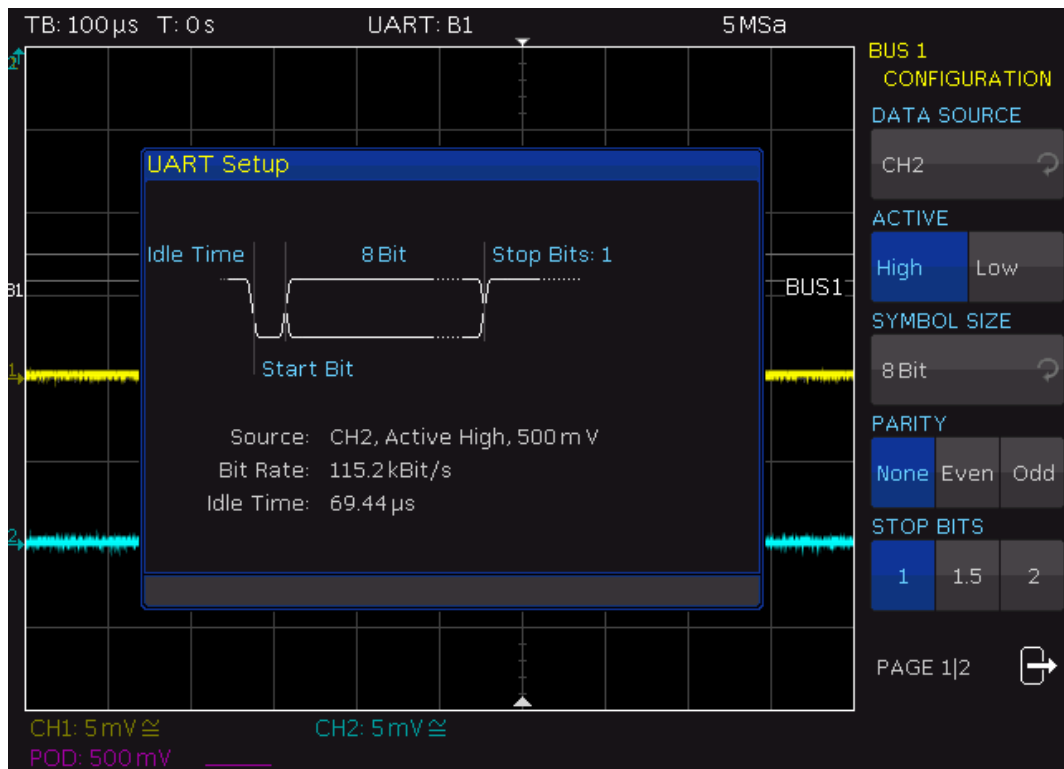


Рисунок 11-12 – Страница 1|2 меню настройки шины UART

DATA SOURCE (источник данных)

Выберите канал, подключенный к линии данных, с помощью универсальной поворотной ручки.

ACTIVE (активный)

Определение активного уровня переданных данных: высокий (HIGH = 1) или низкий (LOW = 1). Для протокола RS-232 выберите активный низкий уровень.

SYMBOL SIZE (длина символа)

Выбор количества битов, формирующих символ: от 5 до 9 битов.

PARITY (контроль четности)

Биты контроля четности используются для обнаружения ошибок, возникших в процессе передачи:

- "None" Биты контроля четности отсутствуют
- "Even" Если количество единиц в указанном наборе битов нечетное (без учета бита контроля четности), бит контроля четности принимает значение "1".
- "Odd" Если количество единиц в указанном наборе битов четное (без учета бита контроля четности), бит контроля четности принимает значение "1".

STOP BITS (стоповые биты)

Задание длины стопового бита (1 = одна длина обычного бита, 1,5 = 1 + 1/2 длины обычного бита, 2 = две длины обычного бита).

BIT RATE, USER (битовая скорость, пользовательское значение)

Битовая скорость определяет количество битов, передаваемых в секунду. Настройка "BIT RATE" позволяет выбирать стандартные числовые значения.

Настройка "USER" позволяет задавать пользовательские значения битовой скорости.

idle TIME (время простоя)

Задание минимального временного интервала между стоповым битом последних переданных данных и стартовым битом новых данных. Единственным назначением этой настройки является определение начала передачи и, как следствие, точного времени начала кадра (один или несколько символов, как правило, байты).

Только эта информация может гарантировать корректность декодирования и синхронизации (независимости от типа запуска). Стартовый бит, возникающий в течение времени простоя, не распознается. Значение может быть задано с помощью универсальной поворотной ручки в области CURSOR/MENU (курсор/меню) или путем ввода числовых значений (кнопка KEYPAD).

11.6.2 Запуск по сигналам шины UART/RS-232

По завершении конфигурирования шины можно выполнить запуск по различным событиям.

Запуск по событиям

1. Нажмите кнопку TYPE (тип) в области TRIGGER (запуск) панели управления.
2. Нажмите функциональную клавишу "SERIAL BUSES" (последовательные шины).
3. Нажмите клавишу SOURCE (источник) в области TRIGGER.
4. Нажмите функциональную клавишу "UART". Шина доступна лишь в том случае, если она была предварительно сконфигурирована.
5. Нажмите клавишу FILTER (фильтр) в области TRIGGER.
6. Определите условия запуска согласно приведенному ниже описанию.
7. Трижды нажмите кнопку "MENU OFF" (закрыть меню) для закрытия всех меню; запуск осциллографа выполняется по заданной битовой последовательности.

Для получения информации о проведении измерений в отсутствие объекта измерения см. главу 10.2.5 "Источник сигнала шины" на стр. 104.

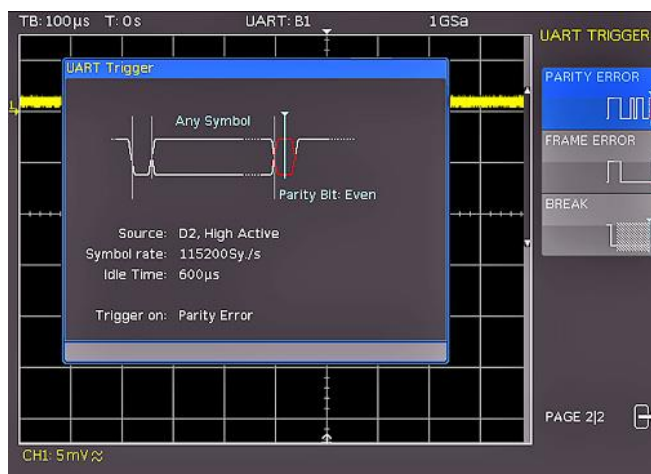


Рисунок 11-13 – Страница 2 меню запуска по сигналам шины UART

START BIT (стартовый бит)

Выбор стартового бита в качестве события запуска. Стартовый бит – это первый бит со значением "0", следующий за стоповым битом или возникающий по истечении времени ожидания.

FRAME START (начало кадра)

Выбор первого стартового бита по истечении времени ожидания в качестве условия запуска.

SYMBOL<N> (символ <N>)

Выбор предварительно заданного N-го символа в качестве условия запуска.

ANY SYMBOL (произвольный символ)

Запуск по символу (8-битовая последовательность). Символ может находиться в любой части кадра.

PATTERN INPUT (ввод шаблона) ← ANY SYMBOL

Шаблон (битовая последовательность) может быть задан с использованием двоичных или шестнадцатеричных значений.

В случае двоичного формата ввода значений можно выбрать отдельные биты в потоке данных, в которые следует внести изменения, с помощью функциональной клавиши "SELECT BIT" (выбрать бит) и универсальной поворотной ручки. Опция "STATE" (состояние) позволяет присваивать логическое состояние каждому биту (высокое = H = 1, низкое = L = 0 или X = произвольное). Состояние X соответствует произвольному состоянию.

Если выбран шестнадцатеричный формат, воспользуйтесь функциональной клавишей "VALUE" (значение) и универсальной поворотной ручкой для задания значения соответствующего символа. В этом формате ввода значений в состояние X может быть установлен только весь символ. Для переключения между символами воспользуйтесь функциональной клавишей "SELECT SYMBOL" (выбрать символ).

PATTERN (шаблон)

Выбор шаблона (последовательности) данных в качестве условия запуска.

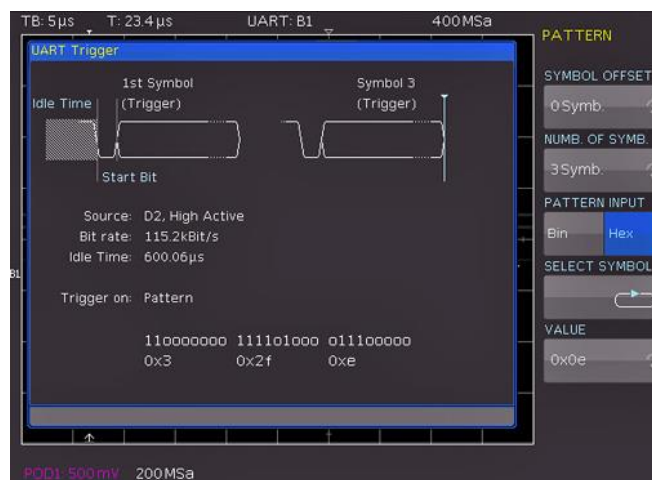


Рисунок 11-14 – Меню для запуска по шаблону данных

SYMBOL OFFSET (символьное смещение) ← PATTERN

Задание количества неучитываемых символов, следующих за последовательностью данных в рамках кадров, по которым формируется событие запуска. Может быть введено значение от 0 до 4095 символов после стартового бита.

NUMB. OF SYMB. (количество символов) ← PATTERN

Выбор количества значимых символов: 1, 2 или 3. Количество символов определяет длину последовательности данных. Длина символа (от 5 до 9 битов) задается во время конфигурирования шины и отображается в меню запуска.

PATTERN INPUT (ввод шаблона) ← PATTERN

См. подраздел "PATTERN INPUT" на стр. 124.

PARITY ERROR (ошибка контроля четности)

Запуск по ошибке контроля четности.

FRAME ERROR (ошибка кадра)

Запуск по ошибке кадра.

BREAK (обрыв кадра)

Запуск по обрыву кадра. Условие запуска выполняется, если стоповый бит не следует за стартовым битом в течение указанного временного интервала. Во время обрыва активным является низкий уровень стопового бита.

11.6.3 Таблица данных шины UART

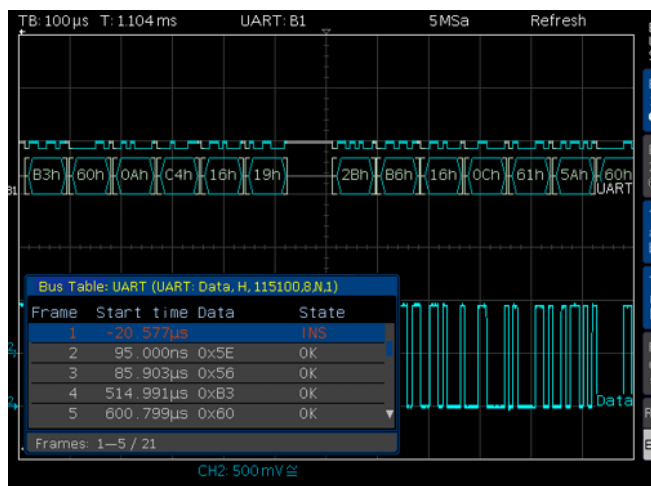


Рисунок 11-15 – Пример таблицы данных шины UART

Таблица 11-4 – Содержимое таблицы данных шины UART

Столбец	Описание
"Start Time" (начало кадра)	Время начала кадра относительно точки запуска
"Data" (данные)	Значения слов данных.
"State" (состояние)	Состояние кадра: <ul style="list-style-type: none"> • "OK" = кадр действителен; • "DATA" = в интервале сбора данных было декодировано только начало/конец кадра; на текущий момент данные недоступны; • "INS" = отсутствие кадра в выборке; полученная часть кадра действительна.

11.7 Шина CAN



Для синхронизации и декодирования сигналов шины CAN требуется опция R&S RTC-K3.

CAN (Controller Area Network, сеть контроллеров) – это система шин, изначально разработанная для применения в автотранспорте и используемая для обмена данными между блоками контроллера и детекторами. Она также нашла широкое применение в отраслях авиации, здравоохранения и общей автоматизации. На физическом уровне сигнал шины "CAN" является дифференциальным, поэтому для его декодирования рекомендуется использовать дифференциальный пробник (например, R&S RT-ZD02), хотя стандартные пробники также подходят для захвата сигналов. Стандартные значения скоростей передачи данных находятся в диапазоне от 10 кбит/с до 1 Мбит/с. Сообщение CAN, как правило, содержит стартовый бит, идентификатор кадра (11 или 29 битов), код длины данных DLC, данные, CRC-бит, а также бит подтверждения и стоповый бит.

11.7.1 Конфигурирование шины CAN



Перед конфигурированием шины задайте соответствующий логический уровень (порог).

- Для аналоговых каналов см. подраздел "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Для цифровых каналов см. подраздел "[Установка порога для логических состояний](#)" на стр. 95. Значение по умолчанию составляет 500 мВ.

Декодирование данных шины CAN

1. Нажмите клавишу BUS (шина) в области Vertical.
2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical.
Откроется главное меню шины (BUS).
3. Нажмите функциональную клавишу "BUS TYPE" (тип шины) и выберите "CAN" с помощью универсальной поворотной ручки.
4. Нажмите функциональную клавишу "CONFIGURATION" (конфигурирование).

В открывшемся подменю представлены рассматриваемые ниже опции.

Некоторые части сообщений CAN отображаются в цвете, что позволяет отличать их от других частей:

- **белый**: код длины данных, количество байтов данных;
- **бирюзовый**: слова данных;
- **пурпурный**: идентификатор;
- **красный**: ошибка кадра.

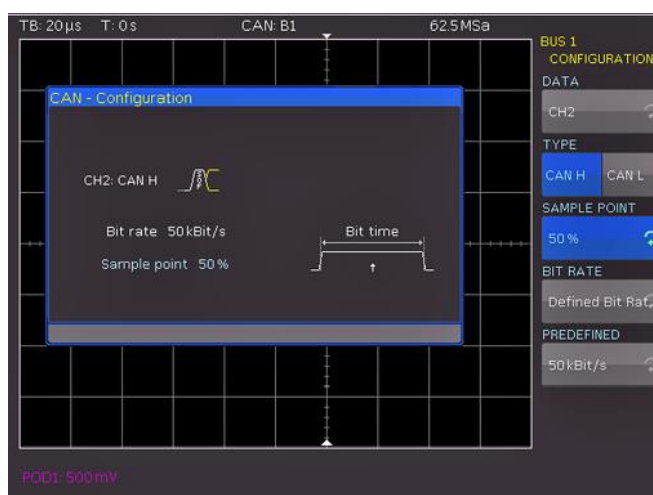


Рисунок 11-16 – Конфигурирование шины CAN

DATA (данные)

Выбор требуемого канала линии данных.

TYPE (тип)

Выбор линии высокого уровня CAN-High или низкого уровня CAN-Low. При работе с шиной CAN обе линии используются для передачи дифференциального сигнала.

При использовании дифференциального пробника выберите CAN H, если положительный вход пробника подключен к линии CAN-H, а отрицательный – к линии CAN L. Если пробник подключен с обратной полярностью, выберите CAN L.

SAMPLE POINT (точка выборки)

Указание точки в пределах бита, в которой определяется значение текущего бита. Может быть выбрано значение в процентах (от 25 до 90 %).

BIT RATE, USER (битовая скорость, пользовательское значение)

Задание количества передаваемых в секунду битов. Выберите одно из стандартных значений скорости передачи данных с помощью универсальной поворотной ручки или нажмите "USER" (пользовательское значение) для задания пользовательского значения битовой скорости.

"REMOTE"	Запуск по удаленным кадрам.
"DATA OR REMOTE"	Запуск по кадрам данных или удаленным кадрам.

ERROR (ошибка)

Идентификация различных ошибок в кадре. Выбор одного или нескольких типов сообщений об ошибке в качестве условия запуска.

"STUFF BIT"	Сегменты кадра (например, начало кадра и т. д.) кодируется в ходе процедуры заполнения битами. Передатчик автоматически добавляет комплементарные биты в битовый поток, если в передаваемом потоке обнаруживается пять последовательных битов с одинаковым значением. Ошибка возникает, если в указанных сегментах обнаруживается шесть одинаковых битовых уровней.
"FORM"	Ошибка формы возникает, если в фиксированном битовом поле содержится один или несколько недопустимых битов.
"ACKNOWLEDGE"	Ошибка аутентификации возникает, если передатчик не получил бит аутентификации.
"CRC"	В протоколе CAN используется сложный алгоритм вычисления контрольной суммы (Cyclic Redundancy Check – циклический контроль по избыточности). Передатчик вычисляет значение CRC и передает результат в CRC-последовательности. Приемник вычисляет CRC аналогичным образом. Ошибка CRC возникает, если полученный результат отличается от принятой CRC-последовательности.

IDENTIFIER (идентификатор)

Запуск по адресу или диапазону адресов. Выберите "FRAME TYPE" (тип кадра) и задайте идентификатор.

IDENTIFIER AND DATA (идентификатор и данные)

Запуск по комбинации идентификатора и последовательности данных. Выберите "FRAME TYPE" (тип кадра) и задайте идентификатор и данные.

FRAME TYPE (тип кадра)

Выбор типа кадра: удаленный кадр или кадр данных.

IDENTIFIER SETUP (задание идентификатора)

Введите адрес последовательности данных. Укажите длину идентификатора ("ID TYPE", 11 бит или 29 бит для расширенных кадров шины CAN). Настройте функцию "COMPARE" (сравнить) и задайте шаблон адреса ("PATTERN INPUT").

DATA SETUP (задание данных)

Определите битовую последовательность данных или задайте шестнадцатеричные значения для 8 байтов. Настройте функцию "COMPARE" (сравнить) и задайте шаблон данных ("PATTERN INPUT").

COMPARE (сравнить)

Настройте функцию сравнения для шаблонов данных и адреса. Если шаблон содержит хотя бы один бит с состоянием X (произвольное), возможен запуск по значению, которое может быть как равным, так и не равным заданному. Если шаблон содержит только 0 или 1, может быть выполнен запуск по значению как превышающему, так и находящемуся ниже заданного.

PATTERN INPUT (ввод шаблона)

Шаблоны данных и адреса могут иметь двоичный или шестнадцатеричный формат.

В случае двоичного формата ввода значений можно выбрать отдельные биты в потоке данных, в которые следует внести изменения, с помощью функциональной клавиши "BIT" (бит) и универсальной поворотной ручки. Опция STATE (состояние) позволяет присваивать логическое состояние каждому биту (высокое = H = 1, низкое = L = 0 или X = произвольное). Состояние X соответствует произвольному состоянию.

Если выбран шестнадцатеричный формат, воспользуйтесь функциональной клавишей "VALUE" (значение) и универсальной поворотной ручкой для задания значения соответствующего байта. При выборе шестнадцатеричного формата ввода данных в состоянии X может быть установлен только весь байт. Для переключения между байтами воспользуйтесь функциональной клавишей "BYTE" (байт).

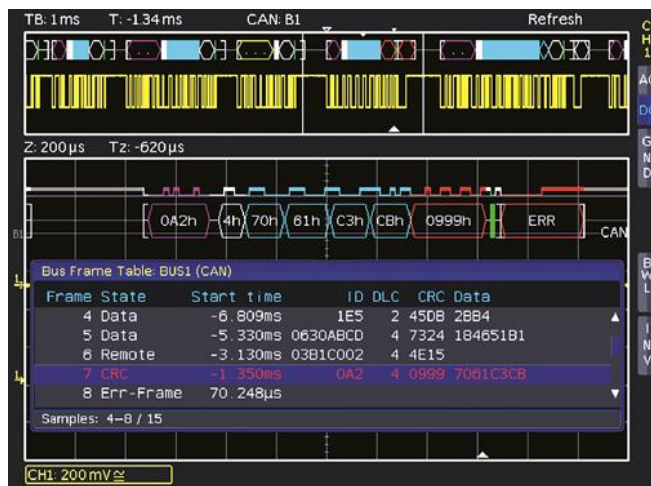
11.7.3 Таблица данных шины CAN

Рисунок 11-18 – Пример таблицы данных шины CAN

Таблица 11-5 – Содержание таблицы данных шины CAN

Столбец	Описание
"Start Time" (начало кадра)	Время начала кадра относительно точки запуска
"Type" (тип)	Тип кадра: <ul style="list-style-type: none"> • "DATA" = кадр данных • "REMOTE" = удаленный кадр • "ERR-F." = ошибка передачи (ошибка кадра) • "OVL-F." = кадр перегрузки
"ID" (идентификатор)	Идентификатор кадра
"DLC"	Код длины данных, количество байтов данных
"Data" (данные)	Значение байтов данных

Столбец	Описание
"CRC"	Циклический контроль по избыточности
"State" (состояние)	Состояние кадра: <ul style="list-style-type: none"> • "OK" = кадр действителен • "CRC" = вычисленный результат отличается от принятой CRC-последовательности (циклический контроль по избыточности не пройден) • "NACK" = отсутствие подтверждения • "CRC+NACK" = циклический контроль по избыточности не пройден; возникло состояние "not Acknowledge" (отсутствие подтверждения) • "STUFF" = ошибка заполнения битами • "INS" = отсутствие кадра в выборке; полученная часть кадра действительна

11.8 Шина LIN



Для синхронизации и декодирования сигналов шины LIN требуется опция R&S RTC-K3.

LIN (Local Interconnect Network, коммутируемая локальная сеть) – простая шинная система со структурой типа "ведущий-ведомый", разработанная для применения в автотранспорте и используемая для обмена данными между блоками контроллера и детекторами или исполнительными устройствами. Сигнал передается по однопроводной линии относительно массы транспортного средства.

Шина LIN обладает следующими характеристиками:

- протокол последовательной передачи данных по однопроводной шине (с побайтовой обработкой);
- связь в режиме "ведущий-ведомый" (до 12 узлов);
- связь под управлением ведущего (ведущий инициирует/координирует обмен данными).

Данные передаются в байтах без применения алгоритма контроля четности (на основе UART). Каждый байт содержит стартовый бит, 8 битов данных и стоповый бит.

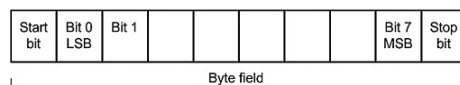


Рисунок 11-19 – Структура байта LIN

11.8.1 Конфигурирование шины LIN



Перед конфигурированием шины задайте соответствующий логический уровень (порог).

- Для аналоговых каналов см. подраздел "[Меню THRESHOLD](#)" на стр. 32.
- Для цифровых каналов см. подраздел "[Установка порога для логических состояний](#)" на стр. 95. Значение по умолчанию составляет 500 мВ.

Декодирование данных шины LIN

1. Нажмите клавишу BUS (шина) в области Vertical.
2. Нажмите клавишу MENU (меню) в области Vertical.
Откроется главное меню шины (BUS).
3. Нажмите функциональную клавишу "BUS TYPE" (тип шины) и выберите "LIN" с помощью универсальной поворотной ручки.
4. Нажмите функциональную клавишу "CONFIGURATION" (конфигурирование).

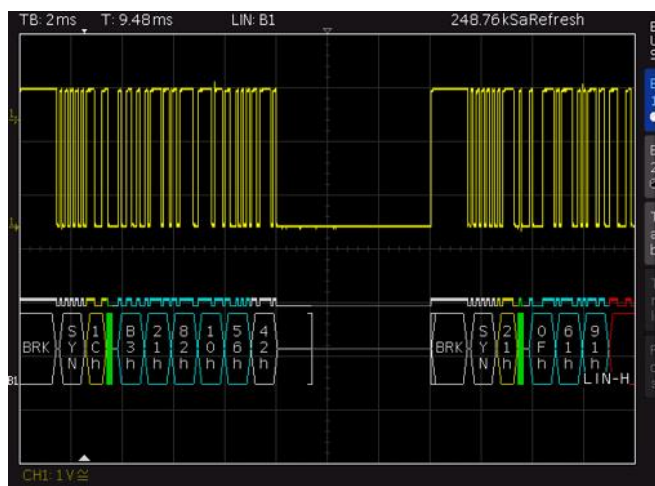


Рисунок 11-20 – Шина LIN

Некоторые части сообщений отображаются в цвете, что позволяет отличать их от других частей:

- **белый:** байт синхронизации / правильная контрольная сумма;
- **бирюзовый:** слова данных;
- **желтый:** идентификатор;
- **зеленый:** бит контроля четности;
- **красный:** ошибка кадра.

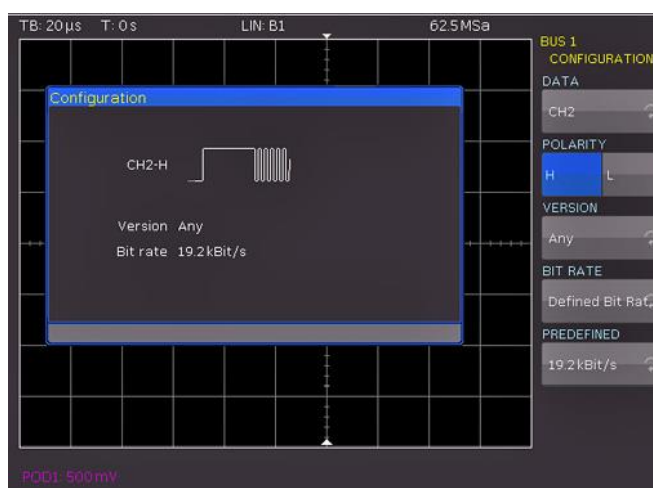


Рисунок 11-21 – Меню шины LIN

DATA (данные)

Выбор требуемого канала линии данных.

POLARITY (полярность)

Определение состояния простоя шины. Состояние простоя – это рецессивное состояние, соответствующее логической единице.

VERSION (версия)

Выбор версии для стандарта LIN (версия 1x, версия 2x, J2602 или любая из версий).

BIT RATE (битовая скорость)

Задание количества переданных битов в секунду.

USER (пользовательское значение)

Изменение выбранной стандартной скорости передачи данных. Максимальное значение скорости передачи данных составляет 4 Мбит/с. Для изменения значения воспользуйтесь универсальной поворотной ручкой или клавишей KEYPAD.

11.8.2 Запуск по сигналам шины LIN

По завершении конфигурирования шины можно выполнить запуск по различным событиям.

1. Нажмите клавишу TYPE (тип) в области Trigger (запуск).
2. Нажмите "SERIAL BUSES" (последовательные шины).
3. Нажмите клавишу SOURCE (источник).
4. Выберите шину "LIN". Шина доступна лишь в том случае, если она была предварительно сконфигурирована.
5. Нажмите клавишу FILTER (фильтр).
6. Сконфигурируйте условие запуска.

7. Дважды нажмите кнопку "MENU OFF" (закрыть меню) для закрытия всех меню; запуск осциллографа выполняется по определенным данным.

Для получения информации о проведении измерений в отсутствии объекта измерения см. главу 10.2.5 "Источник сигнала шины" на стр. 104.

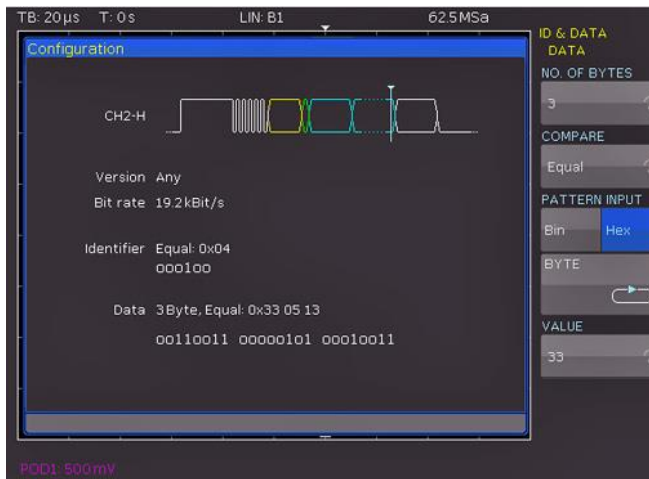


Рисунок 11-22 – Меню запуска по данным шины LIN

START OF FRAME (начало кадра)

Запуск по стоповому биту поля синхронизации.

WAKE UP (пробуждение)

Запуск после пробуждающего кадра.

ERROR (ошибка)

Идентификация различных ошибок в кадре. Выбор одного или нескольких типов ошибок в качестве условия запуска.

- "CRC" В протоколе LIN используется сложный алгоритм вычисления контрольной суммы (Cyclic Redundancy Check – циклический контроль по избыточности). Передатчик вычисляет значение CRC и передает результат в CRC-последовательности. Приемник вычисляет CRC аналогичным образом. Ошибка возникает, если полученный результат отличается от принятой CRC-последовательности.
- "PARITY" Запуск по ошибке контроля четности. Битами контроля четности являются 6 и 7 биты идентификатора, при этом выполняется проверка корректности передачи идентификатора.
- "SYNCHRONIZ." Запуск выполняется, если поле синхронизации сигнализирует о наличии ошибки.

IDENTIFIER (идентификатор)

Настройка запуска по заданному идентификатору или диапазону идентификаторов. Выберите функцию "COMPARE" (сравнить) и задайте шаблон ("PATTERN INPUT").

IDENTIFIER AND DATA (идентификатор и данные)

Запуск по комбинации идентификатора и состояния данных.

"IDENTIFIER SETUP" (настройка идентификатора) задается по аналогии с тем, как это делается в случае запуска по идентификатору ("COMPARE" и "PATTERN INPUT").

Кроме того, "DATA SETUP" (настройка данных) позволяет задать битовый шаблон или ввести значения в шестнадцатеричном формате для 8 байтов.

COMPARE (сравнить)

Настройка функции сравнения. Если шаблон содержит хотя бы один бит с состоянием X (произвольное), возможен запуск по значению, которое может быть как равным, так и не равным заданному. Если шаблон содержит только 0 или 1, может быть выполнен запуск по значению как превышающему, так и находящемуся ниже заданного.

PATTERN INPUT (ввод шаблона)

Шаблон данных может иметь двоичный или шестнадцатеричный формат.

В случае двоичного формата ввода значений можно выбрать отдельные биты в потоке данных, в которые следует внести изменения, с помощью функциональной клавиши "BIT" (бит) и универсальной поворотной ручки. Опция "STATE" (состояние) позволяет присваивать логическое состояние каждому биту (высокое = H = 1, низкое = L = 0 или X = произвольное). Состояние X соответствует произвольному состоянию.

Если выбран шестнадцатеричный формат, воспользуйтесь функциональной клавишей "VALUE" (значение) и универсальной поворотной ручкой для задания значения соответствующего байта. При выборе шестнадцатеричного формата ввода данных в состояние X может быть установлен только весь байт. Для переключения между байтами воспользуйтесь функциональной клавишей "BYTE" (байт).

11.8.3 Таблица данных шины LIN

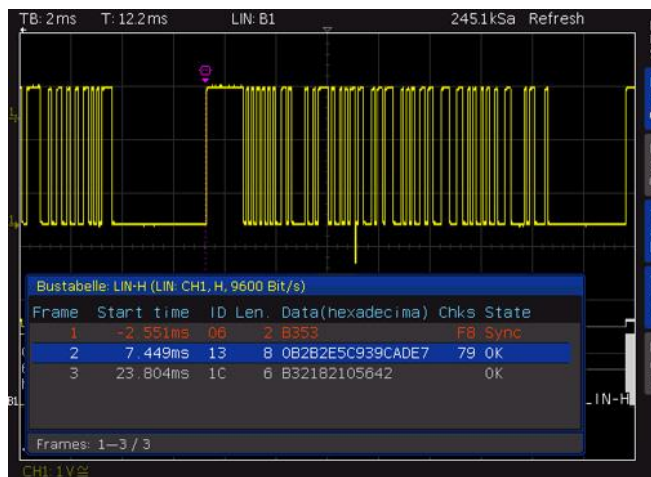


Рисунок 11-23 – Пример таблицы данных шины LIN

Столбец	Описание
"Start Time" (начало кадра)	Время начала кадра относительно точки запуска
"ID" (идентификатор)	Идентификатор кадра
"Length" (длина)	Количество байтов данных
"Data" (данные)	Значение байтов данных

Столбец	Описание
"Chks" (контр. сумма)	Значение контрольной суммы
"State" (состояние)	Состояние кадра: <ul style="list-style-type: none">• "OK" = кадр действителен;• "DATA" = в интервале сбора данных было декодировано только начало/конец кадра; на текущий момент данные недоступны;• "SYNC" = ошибка синхронизации;• "CHKS" = ошибка контрольной суммы;• "PAR!" = ошибка контроля четности;• "WAKEUP" = пробуждающий кадр;• "INS" = последний кадр не попал в выборку; конец кадра не был декодирован.