

# Осциллографы цифровые запоминающие RTM2032, RTM2034, RTM2052, RTM2054

## Руководство по эксплуатации



1317.4726.02 – 08

Данное руководство относится к следующим моделям осциллографов R&S RTM, оснащенным встроенным ПО версии 05.8xx:

- R&S®RTM2022: 200 МГц, 2 канала (5710.0999K22)
- R&S®RTM2024: 200 МГц, 4 канала (5710.0999K24)
- R&S®RTM2032: 350 МГц, 2 канала (5710.0999K32)
- R&S®RTM2034: 350 МГц, 4 канала (5710.0999K34)
- R&S®RTM2052: 500 МГц, 2 канала (5710.0999K52)
- R&S®RTM2054: 500 МГц, 4 канала (5710.0999K54)
- R&S®RTM2102: 1 ГГц, 2 канала (5710.0999K02)
- R&S®RTM2104: 1 ГГц, 4 канала (5710.0999K04)

В руководстве, помимо базового блока, описаны следующие опции:

- R&S®RTM-K1 (1305.0295.02), I<sup>2</sup>C/SPI
- R&S®RTM-K2 (1305.0308.02), UART/RS232
- R&S®RTM-K3 (1317.3065.02), CAN/LIN
- R&S®RTM-K5 (5710.0882.02), I<sup>2</sup>S (аудио)
- R&S®RTM-K6 (1317.6835.02), MIL.1553
- R&S®RTM-K7 (1317.6841.02), ARINC 429
- R&S®RTM-K15 (5710.0899.02), архивная и сегментированная память
- R&S®RTM-K18 (1326.0959.02), анализ спектра
- R&S®RTM-K31 (1317.5745.02), анализ параметров электропитания
- R&S®RTM-K32 (1326.0907.02), цифровой вольтметр (ЦВМ, DVM)

Во встроенном программном обеспечении прибора используется несколько полноценных пакетов открытых программных средств. Дополнительная информация содержится в документе "Open Source Acknowledgement" на компакт-диске с документацией пользователя (входит в комплект поставки прибора).

Компания Rohde & Schwarz хотела бы поблагодарить сообщество поддержки программного обеспечения с открытым исходным кодом за ценный вклад в развитие средств встроенной вычислительной обработки.

© 2015 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Muehldorfstr. 15, 81671 Munich, Germany

Телефон: +49 89 41 29 - 0

Факс: +49 89 41 29 12 164

E-mail: [info@rohde-schwarz.com](mailto:info@rohde-schwarz.com)

Интернет-адрес: [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

Допустимы изменения: Параметры, указанные без допустимых пределов, не гарантированы.

R&S является зарегистрированным торговым знаком компании Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG.

Фирменные названия являются торговыми знаками компаний.

В данном руководстве для обозначений вида R&S®RTM2000 используется сокращение R&S RTM.

# Указание мер безопасности

## Обязательно изучите и соблюдайте следующие инструкции по обеспечению безопасности!

Все производственные предприятия и их подразделения группы компаний Rohde & Schwarz прилагают все возможные усилия для поддержания стандартов безопасности своих изделий на самом высоком современном уровне и обеспечения пользователям возможного наивысшего уровня безопасности. Наши изделия и необходимое для них дополнительное оборудование разработаны и испытаны согласно соответствующим стандартам безопасности. Соответствие этим стандартам постоянно контролируется нашей системой обеспечения качества. Данное изделие было разработано и произведено в соответствии с Сертификатом Соответствия ЕС и вышло с завода-изготовителя в состоянии, полностью соответствующем стандартам безопасности. Для поддержания этого состояния и обеспечения безопасной эксплуатации соблюдайте все инструкции, предупреждения и замечания, приведенные в настоящем руководстве. При возникновении любых вопросов, относящихся к данным инструкциям, группа компаний Rohde & Schwarz будет рада на них ответить.

При этом Вы являетесь ответственными за использование данного изделия надлежащим образом. Данное изделие предназначено для эксплуатации исключительно в промышленных и лабораторных либо в полевых условиях, не допускается использование, которое может привести к получению травм обслуживающего персонала или материальному ущербу. Вы являетесь ответственными за использование данного изделия по назначению, отличному от указанного в настоящем руководстве, и за несоблюдение инструкций изготовителя. При применении изделия в несоответствующих целях или ненадлежащим образом изготовитель ответственности не несет.

Изделие считается используемым по назначению, если оно эксплуатируется в рамках своих технических характеристик (см. технические данные, документацию, настоящие инструкции по обеспечению безопасности). Работа с данным изделием требует технического опыта и знания английского языка. Поэтому важно, чтобы продукция обслуживалась исключительно квалифицированным и специализированным штатом работников или тщательно обученным персоналом, имеющим необходимую квалификацию. Если для работы с продукцией компании Rohde & Schwarz требуются личные средства защиты, то это будет указано в соответствующем разделе документации на продукцию.

Изучение и соблюдение инструкций по обеспечению безопасности позволит избежать разного рода травм и поломок оборудования, а также возникновения потенциально опасных ситуаций. Поэтому перед началом работы с оборудованием тщательно прочитайте и следуйте приведенным ниже инструкциям по безопасности. Также крайне важно обращать внимание на дополнительные инструкции по личной безопасности, встречающиеся в разных местах в тексте документации. В настоящих инструкциях по обеспечению безопасности слово "оборудование" относится ко всем изделиям, включая измерительные приборы, системы и все дополнительное оборудование, которые продаются или распространяются компанией Rohde & Schwarz.

## Используемые в документации знаки и обозначения

							
Внимание! Следуйте инструкции по эксплуатации	Указывается для приборов весом более 10 кг	Опасно! Высокое напряжение	Осторожно! Горячие поверхности	Контакт защитного провода	Заземление	Соединение с корпусом (массой)	Внимание! Устройства, чувствительные к электростатическим воздействиям

					
ВКЛ./ВЫКЛ. напряжения питания	Индикатор дежурного режима	Постоянный ток (DC)	Переменный ток (AC)	Постоянный/переменный ток (DC/AC)	Устройство, защищенное двойным/влагозащитным изоляционным покрытием

## Отдельные метки и их значение

В документации на изделие используются следующие сигнальные слова (метки), служащие для предупреждения читателя о возможном риске или опасности.



**ОПАСНО**

Метка указывает на потенциальную опасность и высокую степень риска для пользователя, которая может привести к серьезным травмам или смерти.



**ОСТОРОЖНО**

Метка указывает на потенциальную опасность и среднюю степень риска для пользователя, которая может привести к серьезным травмам или смерти.



**ВНИМАНИЕ**

Метка указывает на потенциальную опасность и малую степень риска для пользователя, которая может привести к небольшим травмам и минимальным повреждениям.



**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Метка указывает на возможность неправильного использования, которое может привести к повреждению оборудования.

В документации на оборудование в качестве синонима может использоваться метка ATTENTION (внимание).

Вышеупомянутые метки согласуются со стандартными требованиями к гражданским приложениям в европейской экономической зоне. Могут также иметь место определения, вытекающие из стандартных требований. Следовательно, важно представлять себе, что отмеченные выше метки всегда рассматриваются в контексте соответствующей документации для конкретной продукции. Рассмотрение меток вне контекста соответствующих документации и продукции может привести к неправильной интерпретации их смысла и, как следствие, к получению травмы или повреждению оборудования.

## Условия работы и рабочие положения изделия

*Изделие должно использоваться только в предусмотренных производителем условиях и положениях эксплуатации. Вентиляционные отверстия в процессе работы не должны быть заблокированы. Несоблюдение эксплуатационных требований, накладываемых производителем, может привести к поражению электрическим током, пожару и/или к серьезным травмам или смерти. При проведении любых работ должны быть соблюдены все относящиеся к делу государственные и местные положения и правила обеспечения безопасности и предотвращения несчастных случаев.*

1. Если иное не оговорено, продукция R&S отвечает следующим требованиям: рабочее положение только ножками корпуса вниз, уровень защиты IP 2X, уровень загрязнения 2, категория по перенапряжению 2, использование только в помещении, высота над уровнем моря не превышает 2000 м, при транспортировке – 4500 м. Допустимое колебание номинального напряжения составляет  $\pm 10\%$ , номинальной частоты  $\pm 5\%$ .
2. Не устанавливайте изделие на малоприспособленные для этого поверхности, транспортные средства, шкафы или столы из-за большого веса оборудования и/или недостаточной устойчивости конструкции. Всегда следуйте инструкциям производителя по установке и монтажу при размещении и закреплении оборудования на других предметах и поверхностях (например, стенах и полках). Установка изделия, которая не выполняется согласно документации, может привести к травмам или смерти.
3. Не размещайте изделие на тепло выделяющих устройствах (радиаторах или нагревателях). Температура окружающей среды не должна превышать максимальной температуры, указанной в документации на изделие или в технических данных. Перегрев изделия может привести к поражению электрическим током, пожару и/или к серьезным травмам или смерти.



## Правила электробезопасности

*Несоблюдение всех либо отдельных правил электробезопасности может привести к поражению электрическим током, пожару и/или к серьезным травмам или смерти.*

1. Перед включением изделия следует убедиться, что номинальное напряжение, указанное на изделии, совпадает с напряжением сети питания. При установке другого напряжения может потребоваться замена предохранителя цепи питания.
2. Устройства класса защиты I с отсоединяемым шнуром питания и разъемом должны включаться только в розетку с контактом заземления и проводом защитного заземления.
3. Не разрешается намеренно отсоединять провод защитного заземления в питающем кабеле или в самом изделии, поскольку это приводит к возникновению угрозы поражения электрическим током. Все используемые удлинители, разветвители и т. п. должны регулярно проходить проверку на соответствие стандартам безопасности.
4. Если в изделии нет выключателя питания для отключения от источника переменного тока, то для отключения служит вилка сетевого шнура. В таких случаях она должна всегда находиться в пределах досягаемости (длина сетевого шнура должна составлять около 2 м). Электронные и функциональные выключатели не пригодны для надежного размыкания соединения с сетью питания. Если изделие без выключателя питания установлено в стойку или является частью системы, устройство для отключения от сети должно быть предусмотрено на уровне системы.
5. Никогда не используйте изделие с поврежденным шнуром питания. На регулярной основе проводите осмотр шнура питания на соответствие его эксплуатационным требованиям. Принимая соответствующие меры безопасности и тщательно прокладывая кабель, можно исключить возможность повреждения кабеля и получения травм персоналом (например, при спотыкании о кабель или при получении удара электрическим током).
6. Оборудование можно запитывать только от сети питания, поддерживающей TN/TT с защитой предохранителем и максимальным током 16 А (предохранители на более высокие токи могут быть использованы только после согласования с группой компаний Rohde & Schwarz).
7. Не вставляйте вилку питания в грязные и запыленные розетки. Вставляйте вилку плотно и на всю глубину розетки. В противном случае может возникнуть пробой, который приведет к загоранию и/или получению травм.
8. Не перегружайте розетки, удлинительные шнуры и перемычки, в противном случае возможны загорания и поражения электрическим током.
9. Для измерений в цепях со среднеквадратичным напряжением  $V_{\text{rms}} > 30$  В, необходимо принять меры безопасности (например, использование подходящих измерительных приборов, предохранителей, ограничителей тока, электрических развязок, изоляции).
10. Убедитесь, что подключение к оборудованию, поддерживающему информационные технологии (такому как персональные или промышленные компьютеры), соответствует стандартам IEC60950-1/EN60950-1 или IEC61010-1/EN 61010-1.
11. Если прямо не указано иное, никогда не снимайте крышку или часть корпуса в процессе работы. Открытые цепи и контакты могут привести к загоранию, поражению электрическим током или выходу изделия из строя.
12. Для постоянно подключенных к питанию изделий (перед выполнением любых других соединений) защитный провод должен быть в первую очередь подсоединен к клемме заземления изделия и контакту защитного заземления сети питания. Установка и подключение устройства должны выполняться только квалифицированным электриком.
13. Для постоянно установленного оборудования без встроенных предохранителей, прерывателей цепи или аналогичных защитных устройств питающий контур должен быть снабжен предохранителями, так чтобы обеспечивать надежную защиту как пользователей, так и подключаемого оборудования.

## Указания мер безопасности

14. Обеспечьте достаточно надежную защиту от перенапряжения, чтобы никакой скачок напряжения (например, вызванный разрядом молнии) не достигал изделия. Иначе обслуживающий персонал может быть поражен электрическим током.
15. Не вставляйте никакие предметы в вентиляционные отверстия корпуса и в другие, не предназначенные для этого отверстия. Это может привести к короткому замыканию цепей внутри изделия и/или поражение электрическим током, пожару или травмам.
16. Если не указано иное, изделия не защищены от попадания внутрь воды, (см. также п.1 раздела "Условия работы и рабочие положения изделия"). Не допускайте попадания жидкости на корпус или внутрь него. Если не принять соответствующие меры, то возникает риск поражения электрическим током и повреждения изделия, что, в свою очередь, может привести к травмированию персонала.
17. Никогда не эксплуатируйте изделие в условиях образования конденсата снаружи или внутри изделия, а также в благоприятных для этого условиях, например, если изделие было внесено с холода в теплое помещение. Проникновение в изделие воды увеличивает риск поражения электрическим током.
18. Перед очисткой изделие следует полностью отсоединить от сети питания переменного тока. Для очистки используйте мягкую, безворсовую ткань. Запрещается применять такие химические вещества, как спирт, ацетон или растворители для целлюлозного лака.

### Правила при эксплуатации

1. Работа с оборудованием требует специального обучения и большой концентрации. Убедитесь, что люди, работающие с оборудованием, физически, психологически и эмоционально готовы к такой работе, иначе возникает риск получения травмы и повреждения оборудования. Ответственность за подбор подходящего персонала лежит на работодателе/операторе.
2. Перед транспортировкой изделия следует внимательно изучить раздел "Правила при транспортировке".
3. Как и для всех промышленно-выпускаемых изделий, невозможно полностью исключить применение материалов, которые могут вызывать аллергические реакции (аллергенов, например, алюминия или никеля). Если у Вас развилась аллергическая реакция (зуд кожи, частое чихание, покраснение глаз или затрудненное дыхание) немедленно обратитесь к врачу для выяснения причины и предупреждения заболеваний или стрессового состояния.
4. Перед проведением механической и/или тепловой обработки изделия или его разборки следует внимательно изучить п.1 раздела "Правила при утилизации".
5. В зависимости от своего назначения некоторые изделия (радиоприборы), могут создавать повышенный уровень электромагнитного излучения. Учитывайте, что будущая жизнь требует повышенной защиты, беременные женщины должны быть соответствующим образом защищены. Для лиц с кардиостимуляторами электромагнитное излучение также может представлять опасность. Работодатель/оператор должен определить места, потенциально подвергающиеся интенсивному облучению и, при необходимости, принять меры по устранению опасности.
6. Следует учитывать, что в случае возгорания изделия возможно выделение токсичных веществ (газов, жидкостей, и т. д.), которые могут оказаться опасными для здоровья. В таких случаях необходимо предпринять соответствующие меры защиты, например, надеть защитные маски и одежду.
7. Если в состав изделия компании Rohde & Schwarz входит устройство, использующее лазерные технологии (например, дисковод CD/DVD), не используйте никаких других параметров и настроек, кроме указанных в документации. Нарушение этой инструкции может быть опасным для Вашего здоровья (вследствие опасности лазерного излучения).

## Правила при ремонте и обслуживании

1. Вскрывать изделие должен только специально обученный и допущенный персонал. Перед выполнением любой работы с изделием или его вскрытием оборудование должно быть полностью отсоединено от сети питания. В противном случае персонал будет подвергаться опасности поражения электрическим током.
2. Любые настройки, замена частей и ремонт должны выполняться только техническим персоналом, допущенным компанией Rohde & Schwarz. Для замены допускается использовать только оригинальные запчасти, обеспечивающие безопасность использования (например, выключатели питания, трансформаторы, предохранители). После установки новых запчастей необходимо провести их проверку на безопасность (визуальный осмотр, проверка заземления, измерение сопротивления изоляции, измерение тока утечки, проверка функционирования). Тем самым гарантируется дальнейшая безопасная работа изделия.

## Батареи и аккумуляторы

*Несоблюдение всех либо отдельных правил обращения с батареями и аккумуляторными батареями может привести к взрыву, пожару и/или к серьезным травмам, а в некоторых случаях, к смерти пользователя изделия. Обращение с батареями и аккумуляторными батареями со щелочным электролитом (например, с литиевыми батареями) должно осуществляться в соответствии со стандартом EN 62133.*

1. Недопустимо разбирать или разрушать батареи.
2. Батареи и аккумуляторные батареи не должны подвергаться воздействию огня или высоких температур. Не подвергайте их воздействию прямых солнечных лучей. Содержите батареи и аккумуляторы в чистоте и сухости. Очищайте загрязненные клеммы с помощью сухой, чистой ткани.
3. Недопустимо закорачивание полюсов батареи или аккумулятора. Батареи или аккумуляторы не должны храниться в коробках или ящиках, где они могут быть закорочены друг другом или другими проводящими материалами. Недопустимо извлекать батареи или аккумуляторы из оригинальной упаковки до непосредственного момента их использования.
4. Держите батареи и аккумуляторы в местах, недоступных для детей. В случае проглатывания батареи или аккумулятора немедленно обратитесь за медицинской помощью.
5. Батареи и аккумуляторные батареи не должны подвергаться механическим ударным воздействиям, превышающим допустимые пределы.
6. В случае протекания батареи не допускайте попадания жидкости на кожу или в глаза. В противном случае промойте пострадавшие участки большим количеством воды и обратитесь за медицинской помощью.
7. Неправильно установленная при замене батарея или аккумулятор могут взорваться (например, литиевые батареи). Для замены следует использовать батареи только тех типов, которые рекомендованы Rohde & Schwarz (см. список запчастей).
8. Утилизация батарей и аккумуляторов должна проводиться отдельно от остальных отходов. Аккумуляторы и батареи, содержащие свинец, ртуть или кадмий, представляют опасность для окружающей среды и должны подвергаться специальной переработке и утилизации, согласно местным законам об утилизации и переработке отходов.

## Правила при транспортировке

1. Принимайте во внимание вес изделия. Будьте аккуратны при его перемещении. В отдельных случаях может понадобиться подходящее средство для подъема или перемещения изделия (например, автопогрузчик), в противном случае существует опасность получения травмы спины или других физических повреждений.

## Указания мер безопасности

2. Ручки на изделии предназначены для его удержания и переноски персоналом, поэтому недопустимо использовать ручки для крепления изделия или как средство для транспортировки его краном, вилочатым подъемником, тележкой и т. п. Вы обязаны надежно закреплять изделие на средствах транспортировки и соблюдать инструкции производителя по технике безопасности при транспортировке. Несоблюдение инструкций может привести к травме или повреждению изделия.
3. Если изделие эксплуатируется в транспортном средстве, водитель несет ответственность за безопасность движения и транспортного средства. Производитель не несет ответственности за возможные аварии или столкновения. Никогда не используйте изделие в движущемся транспортном средстве, так как это может отвлечь внимание водителя. Необходимо должным образом закрепить изделие в транспортном средстве для предупреждения получения травм и других повреждений в случае возникновения опасной ситуации.

### Правила при утилизации

1. Если изделие или его компоненты подвергались механическому и/или тепловому воздействию, выходящему за рамки использования по назначению, то возможно выделение в свободном состоянии опасных вещества (пыль с содержанием тяжелых металлов, таких как: свинец, бериллий, никель). По этой причине разборка оборудования может производиться только специально обученным персоналом. Неправильная разборка может быть опасна для вашего здоровья. Необходимо также соблюдать государственные положения по утилизации отходов.
2. Если при работе оборудования образуются опасные вещества или масла, которые необходимо специальным образом удалять или менять на регулярной основе, например, хладагенты или машинные масла, то следуйте инструкциям производителей опасных веществ или масел с учетом соответствующих региональных положений по утилизации отходов. Также руководствуйтесь уместными рекомендациями по безопасности в документации на оборудование. Неправильная утилизация опасных веществ или масел может быть опасна для вашего здоровья и нанести ущерб окружающей среде.

# Служба поддержки

## Техническая поддержка – везде и всегда когда требуется

Для получения быстрой и профессиональной помощи по любому оборудованию компании Rohde & Schwarz свяжитесь с одним из наших центров поддержки пользователей. Команда высококвалифицированных инженеров обеспечит вам поддержку по телефону и поможет найти решение возникших у вас вопросов в части эксплуатации, программирования или применения оборудования компании Rohde & Schwarz.

## Последняя информация и обновления

Для того чтобы поддерживать ваше оборудование на уровне современных требований и следить за последними данными о возможностях его применения, отправьте по электронной почте запрос в центр поддержки пользователей с описанием вашего оборудования и ваших требований. Мы позаботимся о том, чтобы вы получили требуемую информацию.

### Rohde & Schwarz

115093 Москва

ул. Павловская, 7, стр.1, этаж 5

тел. +7 (495) 981 35 60

факс +7 (495) 981 35 65

e-mail: [info.russia@rohde-schwarz.com](mailto:info.russia@rohde-schwarz.com)

### Контрольно-измерительное оборудование

тел. + 7 (495) 981 35 61

Техническая поддержка

тел. + 7 (495) 981 47 07

e-mail: [support.russia@rohde-schwarz.com](mailto:support.russia@rohde-schwarz.com)

### Телерадиовещание

тел. + 7 (495) 981 35 63

### Системы радиосвязи

тел. + 7 (495) 981 35 62

### Радиомониторинг, ПМР

тел. + 7 (495) 981 35 64

### Сервисный центр

тел. +7 (495) 981 35 67

факс +7 (495) 981 35 69

e-mail: [service.russia@rohde-schwarz.com](mailto:service.russia@rohde-schwarz.com)







# Содержание

Введение .....	11
Описание документации .....	11
Условные обозначения, применяемые в документации .....	12
Печатные обозначения .....	12
<b>1 Технические данные .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Подготовка к работе .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Распаковка и проверка прибора .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Размещение прибора.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Работа в настольном размещении.....	16
2.2.2 Монтаж в стойку .....	16
<b>2.3 Запуск прибора .....</b>	<b>17</b>
2.3.1 Включение питания прибора .....	17
2.3.2 Запуск и завершение работы прибора .....	18
2.3.3 Выключение питания прибора.....	18
2.3.4 Защита от электромагнитных помех .....	18
<b>2.4 Подключение внешних устройств .....</b>	<b>19</b>
<b>3 Описание передней и задней панелей прибора .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Описание передней панели .....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Органы управления функционального блока SETUP .....	21
3.1.2 Клавиши функционального блока MEASURE .....	22
3.1.3 Органы управления функционального блока NAVIGATION .....	22
3.1.4 Клавиши функционального блока ANALYZE.....	23
3.1.5 Органы управления функционального блока TRIGGER.....	24
3.1.6 Органы управления функционального блока VERTICAL.....	25
3.1.7 Органы управления функционального блока HORIZONTAL .....	26
3.1.8 Входные каналы.....	28
3.1.9 Разъемы передней панели .....	29
<b>3.2 Описание задней панели .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Описание правой панели .....</b>	<b>32</b>
<b>4 Сбор данных и настройка осциллограмм.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Основные сведения .....</b>	<b>33</b>

4.1.1	Система вертикального отклонения.....	33
4.1.2	Дискретизация и сбор данных .....	34
4.1.3	Система горизонтального отклонения .....	37
4.1.4	Пробники .....	38
<b>4.2</b>	<b>Настройка осциллограмм .....</b>	<b>42</b>
4.2.1	Настройка входа сигнала функцией автонастройки .....	42
4.2.2	Настройка сигнального входа вручную .....	42
4.2.3	Установка параметров сбора данных .....	43
4.2.4	Запуск и остановка сбора данных .....	44
<b>4.3</b>	<b>Справочная информация о настройке осциллограмм .....</b>	<b>44</b>
4.3.1	Органы управления функционального блока HORIZONTAL .....	44
4.3.2	Параметры сбора данных.....	45
4.3.3	Настройки системы вертикального отклонения .....	50
<b>4.4</b>	<b>Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15) .....</b>	<b>59</b>
4.4.1	Сегментированная память.....	60
4.4.2	Настройки сегментирования.....	61
4.4.3	Программа просмотра содержимого архива.....	62
4.4.4	Экспорт сегментов архива.....	66
<b>5</b>	<b>Синхронизация (запуск).....</b>	<b>70</b>
<b>5.1</b>	<b>Основные сведения .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2</b>	<b>Настройки синхронизации.....</b>	<b>71</b>
5.2.1	Настройка события запуска .....	71
5.2.2	Позиционирование запуска .....	72
5.2.3	Настройка запускающей последовательности .....	72
<b>5.3</b>	<b>Справочная информация о синхронизации (запуске) .....</b>	<b>73</b>
5.3.1	Органы управления функционального блока TRIGGER.....	73
5.3.2	Параметры синхронизации.....	75
<b>6</b>	<b>Отображение данных.....</b>	<b>90</b>
<b>6.1</b>	<b>Общие настройки отображения .....</b>	<b>90</b>
6.1.1	Настройка отображения.....	91
6.1.2	Меню Display .....	93
<b>6.2</b>	<b>XY-диаграммы .....</b>	<b>97</b>
6.2.1	Настройка XY-диаграмм .....	98
6.2.2	Меню XYZ Setup.....	100
<b>6.3</b>	<b>Масштабирование.....</b>	<b>102</b>
6.3.1	Отображение масштабированной области.....	102

6.3.2	Масштабирование для изучения подробностей .....	104
6.3.3	Меню Zoom.....	105
<b>6.4</b>	<b>Использование маркеров .....</b>	<b>107</b>
6.4.1	Использование маркеров-временных меток.....	107
6.4.2	Справочная информация о маркерах .....	109
<b>7</b>	<b>Опорные осциллограммы .....</b>	<b>110</b>
<b>7.1</b>	<b>Использование опорных осциллограмм.....</b>	<b>110</b>
7.1.1	Отображение опорной осциллограммы .....	110
7.1.2	Сохранение и загрузка опорных осциллограмм.....	111
<b>7.2</b>	<b>Справочная информация о клавише REF.....</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>Измерения.....</b>	<b>114</b>
<b>8.1</b>	<b>Курсорные измерения.....</b>	<b>114</b>
8.1.1	Типы и результаты курсорных измерений .....	114
8.1.2	Проведение курсорных измерений.....	117
8.1.3	Меню Cursor .....	118
<b>8.2</b>	<b>Быстрые измерения .....</b>	<b>121</b>
<b>8.3</b>	<b>Автоматические измерения.....</b>	<b>123</b>
8.3.1	Типы и результаты измерений .....	123
8.3.2	Конфигурирование и проведение автоматических измерений .....	129
8.3.3	Меню Auto Measure (клавиша MEAS).....	131
<b>9</b>	<b>Математические операции.....</b>	<b>134</b>
<b>9.1</b>	<b>Конфигурирование и использование расчетных осциллограмм .....</b>	<b>134</b>
9.1.1	Отображение расчетных осциллограмм .....	134
9.1.2	Редактирование уравнений и систем уравнений.....	135
9.1.3	Сохранение и загрузка систем уравнений .....	136
<b>9.2</b>	<b>Справочная информация о расчетных осциллограммах.....</b>	<b>137</b>
<b>10</b>	<b>Анализ спектра .....</b>	<b>147</b>
<b>10.1</b>	<b>Базовая функция БПФ-анализа .....</b>	<b>147</b>
10.1.1	Отображение БПФ на экране.....	147
10.1.2	Конфигурирование и использование вычислений БПФ.....	149
10.1.3	Справочная информация о клавише FFT .....	153
<b>10.2</b>	<b>Анализ спектра (опция R&amp;S RTM-K18).....</b>	<b>159</b>
10.2.1	Отображение результатов анализа спектра .....	159
10.2.2	Отображение и конфигурирование диаграмм с результатами анализа спектра..	161
10.2.3	Настройки анализа спектра .....	164

<b>11 Маски</b> .....	<b>180</b>
<b>11.1 О масках</b> .....	<b>180</b>
11.1.1 Маски.....	180
11.1.2 Тестирование по маске.....	180
11.1.3 Форматы файлов для масок.....	181
<b>11.2 Работа с масками</b> .....	<b>183</b>
11.2.1 Создание новых масок.....	183
11.2.2 Загрузка масок.....	186
11.2.3 Выполнение тестирования по маске.....	186
<b>11.3 Справочная информация о клавише MASKS</b> .....	<b>187</b>
<b>12 Функции поиска</b> .....	<b>191</b>
<b>12.1 Условия и результаты поиска</b> .....	<b>191</b>
12.1.1 Результаты поиска.....	191
<b>12.2 Конфигурирование и выполнение поиска</b> .....	<b>193</b>
<b>12.3 Справочная информация о меню Search</b> .....	<b>194</b>
12.3.1 Главное меню Search.....	194
12.3.2 Меню Edge Setup (Настройка фронта).....	196
12.3.3 Меню Width Setup (Настройка длительности).....	197
12.3.4 Меню Peak Setup (Настройка пика).....	198
12.3.5 Меню Rise/Fall Time Setup (Настройка времени нарастания/спада).....	199
12.3.6 Меню Runt Setup (Настройка ранта).....	200
12.3.7 Поиск по сигналу синхронизации (Data2Clock).....	201
12.3.8 Поиск шаблона (Pattern).....	203
12.3.9 Меню Gate (Строб).....	205
12.3.10 Меню Events (События).....	206
<b>13 Анализ протоколов</b> .....	<b>208</b>
<b>13.1 Основы анализа протокола</b> .....	<b>208</b>
13.1.1 Конфигурирование общих настроек протоколов.....	208
13.1.2 Общие настройки для работы с протоколами.....	209
13.1.3 Настройки отображения.....	210
13.1.4 Список меток.....	211
13.1.5 Таблица кадров: результаты декодирования.....	214
13.1.6 Источник запуска.....	215
<b>13.2 Шина SPI/SSPI (опция R&amp;S RTM-K1)</b> .....	<b>216</b>
13.2.1 Протокол SPI.....	216
13.2.2 Конфигурация шины SPI/SSPI.....	217



13.2.3	Запуск по шине SPI/SSPI .....	220
13.2.4	Результаты декодирования протокола SPI/SSPI .....	223
<b>13.3</b>	<b>Протокол I<sup>2</sup>C (опция R&amp;S RTM-K1) .....</b>	<b>226</b>
13.3.1	Описание протокола I <sup>2</sup> C .....	226
13.3.2	Конфигурация протокола I <sup>2</sup> C .....	228
13.3.3	Запуск по сигналу I <sup>2</sup> C .....	229
13.3.4	Список меток шины I2C .....	233
13.3.5	Результаты декодирования протокола I <sup>2</sup> C .....	234
<b>13.4</b>	<b>Интерфейс UART/RS-232 (опция R&amp;S RTM-K2) .....</b>	<b>236</b>
13.4.1	Описание интерфейса UART / RS232 .....	236
13.4.2	Конфигурация интерфейса UART/RS-232 .....	237
13.4.3	Запуск по сигналу UART/RS-232 .....	240
13.4.4	Результаты декодирования протокола UART/RS-232 .....	244
<b>13.5</b>	<b>Шина CAN (опция R&amp;S RTM-K3) .....</b>	<b>245</b>
13.5.1	Конфигурация шины CAN .....	245
13.5.2	Параметры запуска CAN .....	247
13.5.3	Список меток шины CAN .....	252
13.5.4	Результаты декодирования протокола CAN .....	253
13.5.5	Поиск по декодированным данным шины CAN .....	254
<b>13.6</b>	<b>Шина LIN (опция R&amp;S RTM-K3) .....</b>	<b>257</b>
13.6.1	Протокол LIN .....	257
13.6.2	Параметры настройки шины LIN .....	259
13.6.3	Параметры запуска LIN .....	260
13.6.4	Список меток шины LIN .....	263
13.6.5	Результаты декодирования протокола LIN .....	264
13.6.6	Поиск по декодированным данным шины LIN .....	266
<b>13.7</b>	<b>Аудиосигналы (опция R&amp;S RTM-K5) .....</b>	<b>269</b>
13.7.1	Протоколы передачи аудиоданных .....	269
13.7.2	Конфигурация аудиосигналов .....	271
13.7.3	Запуск по аудиосигналам .....	275
13.7.4	Отображение аудиосигналов .....	278
13.7.5	Отслеживание аудиосигналов .....	280
13.7.6	Результаты декодирования аудиосигналов .....	282
<b>13.8</b>	<b>Шина MIL-STD-1553 (опция R&amp;S RTM-K6) .....</b>	<b>285</b>
13.8.1	Стандарт MIL-STD-1553 .....	285
13.8.2	Конфигурация шины MIL-STD-1553 .....	287
13.8.3	Параметры запуска MIL-STD-1553 .....	289

13.8.4	Список меток протокола MIL-STD-1553.....	296
13.8.5	Результаты декодирования протокола MIL-STD-1553.....	297
13.8.6	Поиск по декодированным данным шины MIL-STD-1553 .....	298
<b>13.9</b>	<b>Шина ARINC 429 (опция R&amp;S RTM-K7) .....</b>	<b>301</b>
13.9.1	Основные сведения о шине ARINC 429 .....	301
13.9.2	Конфигурация шины ARINC 429 .....	302
13.9.3	Параметры запуска ARINC 429 .....	304
13.9.4	Список меток ARINC 429 .....	310
13.9.5	Результаты декодирования протокола ARINC 429.....	311
13.9.6	Поиск по декодированным данным шины ARINC 429 .....	313
<b>14</b>	<b>Анализ параметров электропитания (опция R&amp;S RTM-K31).....</b>	<b>315</b>
<b>14.1</b>	<b>Регулировка пробников .....</b>	<b>315</b>
14.1.1	Компенсация фазового сдвига пробников .....	315
14.1.2	Настройки пробника для силовых измерений.....	316
<b>14.2</b>	<b>Настройки меню статистики.....</b>	<b>316</b>
<b>14.3</b>	<b>Настройки таблицы результатов.....</b>	<b>317</b>
<b>14.4</b>	<b>Отчет.....</b>	<b>318</b>
14.4.1	Экспорт данных в отчет .....	318
14.4.2	ПО R&S Report Tool .....	320
<b>14.5</b>	<b>Измерение входных параметров электропитания .....</b>	<b>325</b>
14.5.1	Качество электроэнергии.....	325
14.5.2	Энергопотребление .....	330
14.5.3	Гармоники тока .....	332
14.5.4	Пусковой ток.....	336
<b>14.6</b>	<b>Измерение выходных параметров электропитания .....</b>	<b>338</b>
14.6.1	Пульсации на выходе .....	338
14.6.2	Выходной спектр.....	342
14.6.3	Переходная характеристика .....	344
<b>14.7</b>	<b>Измерение параметров переключения и контуров управления.....</b>	<b>347</b>
14.7.1	Скорость нарастания .....	347
14.7.2	Модуляция .....	349
14.7.3	Динамическое сопротивление во включенном состоянии.....	352
<b>14.8</b>	<b>Анализ силового тракта.....</b>	<b>355</b>
14.8.1	Коэффициент полезного действия (КПД).....	355
14.8.2	Потери при переключении.....	358
14.8.3	Время включения/выключения.....	361
14.8.4	Область надежной работы (S.O.A.).....	363

15	Цифровой вольтметр и частотомер (опция R&S RTM-K32).....	369
15.1	Результаты измерения ЦВМ и частотомером.....	369
15.2	Настройки ЦВМ.....	370
16	Опция смешанных сигналов MSO (R&S RTM-B1) .....	372
16.1	Об опции MSO .....	372
16.2	Цифровые каналы.....	373
16.2.1	Цифровые каналы: индикация активности.....	373
16.2.1	Цифровые каналы: конфигурация.....	373
16.3	Параллельные шины.....	376
16.3.1	Конфигурация линий для параллельных шин.....	376
16.3.2	Конфигурация линий управления для тактируемых параллельных шин.....	378
16.3.3	Результаты декодирования .....	379
16.3.4	Анализ параллельных шин.....	379
17	Управление данными и файлами .....	381
17.1	Вывод на печать .....	381
17.1.1	Вывод на печать снимка экрана .....	381
17.1.2	Настройки принтера.....	382
17.2	Сохранение и загрузка данных .....	383
17.2.1	Места хранения данных.....	383
17.2.2	Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT .....	389
17.2.3	Настройки прибора .....	391
17.2.4	Осциллограммы.....	393
17.2.5	Снимки экрана.....	397
17.2.6	Опорные осциллограммы, маски и системы уравнений: импорт/экспорт .....	399
18	Общая настройка прибора.....	400
18.1	Встроенное ПО и опции .....	400
18.1.1	Обновление встроенного программного обеспечения .....	400
18.1.2	Активация опций .....	401
18.1.3	Перемещение переносимой лицензии .....	401
18.2	Справочная информация об общих настройках прибора.....	402
19	Сетевая и удаленная работа с прибором .....	410
19.1	Работа в локальной сети .....	410
19.1.1	Подсоединение прибора к локальной сети (LAN).....	410
19.1.2	Настройка параметров сетевого соединения (LAN) .....	410
19.2	Удаленный доступ с помощью веб-браузера .....	412

19.2.1	Доступ к прибору с помощью веб-браузера .....	412
19.2.2	Домашняя страница прибора .....	413
19.2.3	Снимок экрана.....	413
19.2.4	Управление устройством SCPI.....	414
19.2.5	Сохранить/вызвать .....	415
19.2.6	Сетевые настройки .....	416
<b>19.3</b>	<b>Интерфейсы дистанционного управления.....</b>	<b>417</b>
19.3.1	Сетевой интерфейс LAN.....	417
19.3.2	Интерфейс USB .....	419
19.3.3	Интерфейс GPIB (интерфейс шины IEC/IEEE) .....	420
<b>19.4</b>	<b>Переключение в режим дистанционного управления .....</b>	<b>421</b>

# Введение

## Описание документации

Документация пользователя на прибор R&S RTM состоит из следующих частей:

- Оперативно-доступная справочная система прибора
- "Краткое руководство по эксплуатации" в печатном виде
- Компакт-диск с документацией, содержащий:
  - Краткое руководство по эксплуатации
  - Руководство по эксплуатации
  - Технические данные и брошюра с информацией о приборе
  - Ссылки на полезные интернет-ресурсы, посвященные оборудованию R&S

### Оперативно-доступная справочная система

Оперативно-доступная справочная система является частью встроенного программного обеспечения прибора. Она обеспечивает быстрый, контекстно-зависимый доступ ко всей информации, необходимой для управления и программирования прибора.

### Краткое руководство по эксплуатации

Данное руководство поставляется вместе с прибором в печатном виде и в виде PDF-файла на компакт-диске. В руководстве содержится вся необходимая информация по подготовке прибора к работе и началу его эксплуатации. Здесь также описаны основные виды операций и измерений, выполняемых с помощью прибора. Краткое руководство по эксплуатации включает в себя сведения общего характера (например, инструкции по обеспечению безопасности).

### Руководство по эксплуатации

Данное руководство доступно в пригодном для печати виде (в виде PDF-файла) на компакт-диске, который поставляется вместе с прибором. В руководстве подробно описаны все функции прибора. Кроме того, руководство содержит основные сведения о дистанционном управлении и полное описание команд и примеров программ для дистанционного управления. Также в руководстве содержится информация по обслуживанию прибора, описаны интерфейсы прибора и сообщения об ошибках.

### Веб-справка

Веб-справка обеспечивает интерактивный доступ ко всем инструкциям по работе с прибором R&S RTM: Необходимость предварительной загрузки отсутствует. Содержимое веб-справки соответствует руководствам пользователя для самых последних версий изделия.

Веб-справка доступна на странице изделия R&S RTM по адресу [www.scope-oftheheart.com/product/rtm.html](http://www.scope-oftheheart.com/product/rtm.html) >"Downloads > Web Help".



## Условные обозначения, применяемые в документации

**Руководство по техническому обслуживанию**

Руководство по техническому обслуживанию доступно в формате PDF на компакт-диске с документацией. В нем дана информация о проверке прибора на соответствие номинальным характеристикам, о функционировании прибора, о ремонте, о выявлении и устранении ошибок. В руководстве содержится вся необходимая для проведения ремонта путем замены модулей информация.

**Обновления документации**

Самые последние версии краткого руководства и руководства пользователя можно загрузить в разделе "Downloads > Manuals" на веб-сайте Rohde & Schwarz "Scope of the Art": [www.scope-of-the-art.com/product/rtm.html](http://www.scope-of-the-art.com/product/rtm.html).

Текущая интерактивная справка является частью встроенного ПО прибора, она устанавливается вместе с этим ПО. Обновления встроенного ПО доступны в разделе "Downloads > Firmware" на веб-сайте Rohde & Schwarz "Scope of the Art".

**Условные обозначения,  
применяемые в документации****Печатные обозначения**

В документации на прибор используются следующие условные обозначения:

Обозначение	Описание
"Элементы графического интерфейса пользователя"	Все названия элементов графического интерфейса пользователя (как на экране, так и на передней и задней панелях), таких как диалоговые окна, функциональные клавиши, меню, пункты выбора, кнопки и т.д. заключаются в кавычки.
КЛАВИШИ	Названия аппаратных клавиш записываются прописными буквами.
Имена файлов, команды, код программы	Имена файлов, команды, примеры программного кода и выводимая на экран информация отличаются от основного текста шрифтом.
<i>Значение ввода</i>	Значение ввода, которое должен ввести пользователь, отображается курсивом.
<a href="#">Ссылки</a>	Ссылки, по которым после щелчка можно перейти в соответствующую часть документа, отображаются синим шрифтом.
"Ссылки"	Ссылки на другие части документа заключаются в кавычки.

# 1 Технические данные

Наименование характеристики		Значение характеристики
Число каналов	RTM2032, RTM2052	2
	RTM2034, RTM2054	4
Разрядность АЦП, бит		8
Максимальная частота дискретизации, ГГц	на каждый канал	2,5
	в режиме объединения каналов	5,0
Объем памяти на канал, Мбайт	на каждый канал	10
	в режиме объединения каналов	20
Полоса пропускания, МГц	RTM2032, RTM2034	350
	RTM2052, RTM2054	500
Входное сопротивление		50 Ом; 1 МОм//12пФ
Диапазон значений коэффициента развертки		от 1 нс/дел до 50 с/дел
Пределы допускаемой относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора		$\pm 3,5 \cdot 10^{-6}$
Диапазон значений коэффициента отклонения (КО)	входное сопротивление 50 Ом	от 1 мВ/дел до 1 В/дел
	входное сопротивление 1 МОм	от 1 мВ/дел до 10 В/дел
Пределы допускаемой относительной погрешности установки КО, %	при КО от 10 мВ/дел	$\pm 1,5$
	при КО 1, 2 и 5 мВ/дел	$\pm 2,0$
Диапазон установки постоянного смещения, В	Входное сопротивление 50 Ом	от $\pm 1$ до $\pm 5$
	Входное сопротивление 1 МОм	от $\pm 1$ до $\pm 97,5$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки постоянного смещения, В		$\pm(0,005 \cdot U_{см} + 0,15 \text{ дел} \cdot КО)$ , где $U_{см}$ – установленное смещение
Межканальная изоляция, дБ, не менее		50
Источники синхронизации		входы каналов, вход внешнего запуска, сеть питания
Режимы запуска		автоматический, ждущий, однократный, n-кратный
Виды запуска		по фронту, по спаду, по фронту и спаду, длительности, ТВ строке/кадру, кодовой последовательности, логическому условию
Минимальный уровень синхронизации от входов	при КО от 10 мВ/дел	0,8

Наименование характеристики		Значение характеристики
каналов осциллографа, дел, не более	при КО 2 и 5 мВ/дел	1,5
	при КО 1 мВ/дел	2,0
Минимальный уровень синхронизации от входа внешнего запуска, мВ, не более		300
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 или 60 Гц, В		от 100 до 240
Опция логического пробника В1		
Количество каналов		16
Входное сопротивление		100 кОм//5 пФ
Максимальная тактовая частота анализируемого сигнала		400 МГц
Чувствительность, мВ, не менее		500
Пределы допускаемой погрешности установки порога срабатывания, мВ, не более		±250
Габаритные размеры (длина . ширина . высота), мм, не более		403 x 142 x 189
Масса, кг, не более (без опций и аксессуаров)		4,5
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °С - относительная влажность воздуха при температуре 40 °С, %		от 0 до 50  до 85
Рекомендуемый межкалибровочный интервал		1 год

## Идентификационные данные ПО

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения
RTM Firmware	FW RTM2000	Версия 5.124	---	---

**Комплектность**

В комплект поставки входят: осциллограф цифровой запоминающий RTM2032, RTM2034, RTM2052, RTM2054, опции к осциллографу (по заказу), кабель питания, пассивные пробники (по количеству каналов), техническая документация фирмы-изготовителя, методика поверки.

## 2 Подготовка к работе

В данном разделе дана вся необходимая информация по первоначальной подготовке прибора R&S RTM к работе.

### NOTICE

#### Опасность повреждения прибора

Во избежание повреждения прибора строго придерживайтесь правил техники безопасности, в которых содержится информация об условиях его эксплуатации. Дополнительная информация о рабочих условиях может содержаться в технических данных на прибор.

### 2.1 Распаковка и проверка прибора

Для извлечения прибора из упаковки и проверки комплектности оборудования выполните следующие действия:

1. Снимите полиэтиленовые защитные наклейки с задних ножек прибора, а затем осторожно снимите наклейки с ручек на передней части прибора.
2. Снимите крышку из гофрированного картона, защищающую заднюю сторону прибора.
3. Осторожно отсоедините крышку из гофрированного картона спереди, которая защищает ручки прибора, и снимите ее.
4. Проверьте комплектность оборудования с использованием ведомости поставки и списков принадлежностей для поставляемых элементов.
5. Проверьте прибор на наличие повреждений. При обнаружении повреждений немедленно обратитесь к перевозчику, осуществлявшему поставку прибора. В этом случае обеспечьте сохранность ящика и упаковочного материала.



#### Упаковочный материал

Рекомендуется сохранять оригинальный упаковочный материал для того, чтобы предотвратить повреждение органов управления и разъемов в случае перевозки или отправки прибора в дальнейшем.

### 2.2 Размещение прибора

Прибор предназначен для эксплуатации в лабораторных условиях с размещением либо в настольном варианте, либо в монтажной стойке.

**⚠ CAUTION****Опасность получения травмы**

Возможность размещения нескольких приборов один над другим не предусмотрена, так как поверхность их соприкосновения слишком мала. Во избежание получения травмы или материального ущерба приборы необходимо устанавливать в монтажную стойку.

**2.2.1 Работа в настольном размещении**

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

**⚠ CAUTION****Опасность получения травмы**

При перемещении устройства или неполном выдвижении выдвинутые ножки могут сложиться. Ножки должны быть полностью выдвинуты или полностью задвинуты – только такое положение гарантирует устойчивость и безопасную работу с прибором. Во избежание получения травмы не перемещайте прибор с выдвинутыми ножками.

Во избежание получения травмы или материального ущерба не работайте и ничего не размещайте под прибором с выдвинутыми ножками.

При повышенной нагрузке существует опасность поломки ножек. Если ножки выдвинуты, полная нагрузка на них не должна превышать 200 Н.

**2.2.2 Монтаж в стойку**

Измерительный прибор может быть установлен в 19" стойку с использованием набора стоечных держателей (номер для заказа см. в технических данных). Инструкция по монтажу входит в состав набора держателей.

**NOTICE****Опасность повреждения прибора**

При установке в стойку необходимо обеспечить свободное прохождение потока воздуха через предусмотренные для этого вентиляционные отверстия во избежание перегрева прибора.



## 2.3 Запуск прибора

### NOTICE

#### Опасность повреждения прибора

Перед включением прибора убедитесь в том, что выполнены следующие требования:

- Крышки корпуса на месте и плотно прикручены.
- Вентиляционные отверстия свободны для доступа воздуха. Воздух должен свободно выходить через вентиляционные отверстия. Минимальное расстояние до стен должно быть не менее 10 см.
- Прибор сухой, и не видно следов конденсата.
- Прибор эксплуатируется в горизонтальном положении и размещен на ровной поверхности.
- Температура окружающей среды не превышает рабочего диапазона значений, указанного в технических характеристиках.
- На входах прибора уровни сигналов не превышают допустимых значений.
- Выходы прибора не перегружены, и все соединения выполнены правильно.

Невыполнение этих требований может привести к повреждению самого прибора или других устройств из состава измерительной установки.

### 2.3.1 Включение питания прибора

Прибор R&S RTM рассчитан на работу от различных напряжений сети питания переменного тока и автоматически настраивается на текущее напряжение. Номинальные значения напряжений и частот сети питания указаны на задней панели прибора и в его технических данных.

### ⚠ WARNING

#### Опасность поражения током

Не вскрывайте корпус прибора. Нормальная работа с прибором, как правило, исключает вскрытие его корпуса. Соблюдайте требования и правила техники безопасности, изложенные в начале настоящего руководства.

Гнездо для подключения к сети питания и выключатель питания находятся на задней панели прибора.

1. Подсоединить прибор к сети переменного тока с помощью кабеля питания, входящего в комплект поставки.
2. Перевести выключатель питания на задней панели в положение I.



Сетевой выключатель может быть оставлен во включенном положении на длительное время. Выключение требуется только в случае полного отсоединения прибора от сети питания.

### 2.3.2 Запуск и завершение работы прибора

Клавиша переключения питания POWER расположена в нижнем левом углу на передней панели прибора.

#### Запуск прибора

1. Убедиться, что прибор R&S RTM подсоединен к сети питания переменного тока, а выключатель питания на задней панели переведен в положение I.
2. Нажать клавишу POWER на передней панели.

Будут выполнены системная проверка и запуск встроенного ПО прибора R&S RTM. Включится подсветка клавиш на передней панели. Если последний сеанс работы с прибором был завершен в установленном порядке, то в осциллографе будут установлены действовавшие на момент выключения настройки.

#### Завершение работы прибора

- ▶ Повторно нажать клавишу POWER.  
Все текущие настройки будут сохранены, а программы завершат работу.

### 2.3.3 Выключение питания прибора

Выключение питания необходимо только в случае полного отсоединения прибора от всех источников питания.

1. Нажать клавишу POWER на передней панели, чтобы завершить работу прибора.
2. Перевести выключатель питания на задней панели в положение 0.
3. Отсоединить кабель питания от сети питания переменного тока.

#### **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 будут потеряны. Более того, могут быть потеряны программные данные.

Для корректного завершения работы приложений необходимо всегда сначала нажимать клавишу POWER.

### 2.3.4 Защита от электромагнитных помех

Для защиты от возникающих электромагнитных помех прибор должен эксплуатироваться в закрытом виде, оснащенный всеми предусмотренными экранирующими элементами. Обратите внимание на класс помехозащищенности, указанный в технических данных.

## Подключение внешних устройств

Для регулирования электромагнитного излучения в процессе работы следует использовать соответствующие экранированные кабели, особенно для следующих типов соединителей:

- Сигнальные кабели: использовать экранированные кабели (коаксиальный кабель RG58/U). Требуется наличие правильного заземляющего соединения. При работе в комбинации с генераторами сигналов следует использовать только кабели с двойным экранированием (RG223/U, RG214/U). Кабель должен быть как можно короче.
- USB: использовать USB-кабели с двойным экранированием и убедиться, что внешние USB-устройства удовлетворяют требованиям по ЭМС.
- GPIB (IEEE/IEC 625): использовать экранированный GPIB-кабель.
- LAN: использовать кабели категории CAT6 или CAT7.

Следует также соблюдать требования к типу разъемов, к кабелям и к их длине, указанные в описании отдельных соединителей. Если в руководствах нет специальных указаний, то длина кабеля не должна превышать 3 метров, и кабели не должны использоваться за пределами зданий.

## 2.4 Подключение внешних устройств

Прибор оснащен следующими интерфейсами для подключения внешних устройств:

- USB-интерфейсы, см. описание разъемов передней панели
- Разъем для подключения монитора, см. описание задней панели

### Подключение USB-устройств

USB-интерфейсы на передней и задней панелях осциллографа R&S RTM позволяют подключать флэш-накопители для быстрого переноса данных на компьютер и обратно (например, обновлений программного обеспечения) и принтеры для вывода на печать результатов измерений.

Все USB-устройства могут подключаться к прибору или отключаться от него во время работы. Сразу после подключения флэш-накопителя или принтера прибор автоматически обнаруживает подсоединенное устройство.

### Подключение внешнего монитора

К DVI-разъему на задней панели прибора может быть подключен внешний DVI-монитор. Также, с помощью соответствующего адаптера, к прибору может быть подключен VGA-монитор.

### **NOTICE**

#### Подключение монитора

Перед подключением внешнего монитора убедитесь в том, что прибор выключен. В противном случае правильная работа оборудования не гарантируется.

### 3 Описание передней и задней панелей прибора

В данной главе приведено описание передней и задней панелей осциллографа.

#### 3.1 Описание передней панели

Вид передней панели осциллографа R&S RTM показан на [рисунке 3-1](#). Функциональные клавиши сгруппированы в функциональные блоки слева и справа от экрана.

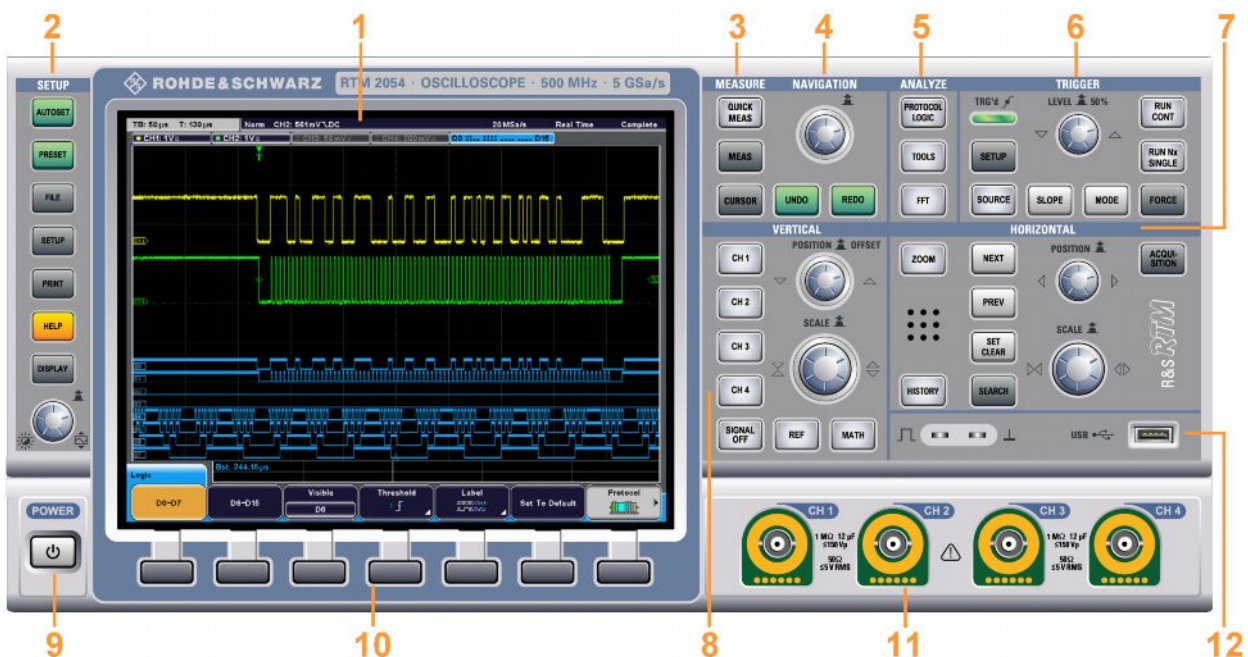


Рисунок 3-1 – Вид передней панели четырехканального осциллографа RTM 2054

- 1 = Экран
- 2 = Органы управления функционального блока SETUP
- 3 = Клавиши функционального блока MEASURE
- 4 = Органы управления функционального блока NAVIGATION
- 5 = Клавиши функционального блока ANALYZE
- 6 = Органы управления функционального блока TRIGGER
- 7 = Органы управления функционального блока HORIZONTAL
- 8 = Органы управления функционального блока VERTICAL
- 9 = Клавиша включения питания POWER
- 10 = Функциональные клавиши
- 11 = Входные каналы
- 12 = Разъемы для USB-устройств и компенсации пробников

Описание экрана и отображаемой на нем информации приведено в [главе "Выводимая на экран информация"](#). Описание клавиш, поворотных ручек и разъемов прибора приведено в следующих разделах.

### 3.1.1 Органы управления функционального блока SETUP

Клавиши блока SETUP служат для установки прибора в заданное состояние, для изменения основных настроек, для вывода на печать и получения справочных функций.

#### AUTOSET

Клавиша производит сброс прибора в состояние со стандартными настройками. Кроме того, производится анализ доступных в каналах сигналов и автоматически настраиваются параметры синхронизации, горизонтального и вертикального отклонения так, чтобы на экран выводились стабильные отображения сигналов.

#### PRESET

Клавиша производит сброс прибора в состояние со стандартными настройками. При этом анализа сигналов не производится.

#### FILE

Клавиша открывает диалоговое окно "File", в котором производится:

- сохранение настроек прибора, осциллограмм сигналов, опорных и расчетных осциллограмм (уравнений);
- загрузка (восстановление) сохраненных ранее настроек;
- управление данными: просмотр, копирование, удаление файлов, создание каталогов;
- конфигурирование выходных параметров для снимков экрана;
- конфигурирование действия клавиши PRINT.

#### SETUP

Клавиша открывает диалоговое окно "Setup", в котором производится:

- установка языка интерфейса, даты и времени, звуковой сигнализации;
- конфигурирование принтера;
- конфигурирование интерфейсов USB, LAN и GBIP;
- выполнение самокалибровки и регулировки пробников;
- установка обновлений программного обеспечения;
- поиск информации об аппаратном обеспечении в случае техобслуживания;
- установка выходного сигнала запуска.

#### PRINT

Клавиша используется для запуска вывода на печать или для сохранения снимков экрана, осциллограмм или настроек (в соответствии с выбранным действием в меню FILE > "Print-Key").

#### HELP

Клавиша открывает окно оперативно-доступной справочной системы. При нажатии отдельной клавиши или повороте ручки выводится соответствующая справочная информация. Для закрытия окна справки следует повторно нажать клавишу HELP.

#### DISPLAY

Клавиша открывает меню "Display" для конфигурирования параметров отображения осциллограмм, масштабной сетки, послесвечения и XY-диаграмм.

Здесь также можно включить виртуальный экран.



#### Intensity / Virtual screen

Ручка служит для регулировки яркости осциллограмм на экране или для перемещения отображаемой части виртуального экрана. Нажатие на поворотную ручку вызывает переключение между этими режимами. Регулируемый параметр и его значение выводятся во временном окне индикации в правом верхнем углу экрана.

Виртуальный экран содержит 20 делений, отображаются 8 из них. Если активно несколько осциллограмм, их можно распределить по 20 делениям и поворачивать ручку для прокрутки виртуального экрана. Виртуальный экран можно отключить в меню "Display". Виртуальный экран доступен в обычном временном режиме анализа и в окнах масштабирования.

### 3.1.2 Клавиши функционального блока MEASURE

Функциональный блок MEASURE содержит функции для настройки и проведения автоматических и ручных измерений.

#### QUICK MEAS

Клавиша отображает в таблице результатов результаты основных автоматических измерений для активного канала. В режиме измерения напряжения отображаются следующие результаты: пиковое положительное  $V_{p+}$ , пиковое отрицательное  $V_{p-}$ , размах напряжения  $V_{pp}$ , среднеквадратическое значение  $V_{RMS}$ , среднее, время нарастания  $t_r$ , время спада  $t_f$ , период  $T$  и частота  $f$  сигнала.

Для скрытия таблицы результатов следует повторно нажать клавишу.

**Примечание** – При активации режима быстрых измерений QUICK MEAS автоматически отключается функция курсорных измерений, а также меню для опорных и расчетных осциллограмм. Перед выбором указанных функций следует отключить режим быстрых измерений. В данном режиме все каналы, отличные от выбранного, отключаются.

#### MEAS

Клавиша открывает меню "Measurement", в котором могут быть сконфигурированы до четырех параллельных измерений.

Доступные типы измерений определяются типом выбранной осциллограммы.

#### CURSOR

Клавиша открывает меню "Cursor", в котором могут быть заданы различные ручные измерения, выполняемые посредством курсоров.

### 3.1.3 Органы управления функционального блока NAVIGATION

Поворотная ручка и клавиши навигации обеспечивают различные способы ввода данных.



**Поворотная ручка NAVIGATION**

Функция универсальной поворотной ручки зависит от режима ее использования:

- Если с помощью функциональной клавиши выбран режим числового ввода или меню выбора, то поворот ручки приводит к установке значения;
- Нажатие поворотной ручки закрывает меню выбора;
- В режиме курсорных измерений нажатие ручки приводит к выбору курсорной линии. Поворот ручки изменяет позицию выбранной курсорной линии;
- В открытом окне редактора текстового ввода (на экранной панели клавиш или на экранной клавиатуре) вращением ручки выбирается требуемый символ (выбранный символ подсвечивается), а затем нажатием ручки выбранный символ принимается.

**UNDO**

Клавиша пошагово отменяет последние действия по настройке. Функция "Undo" не может быть выполнена после сброса настроек (клавишей PRESET), действий по загрузке и вызову настроек, а также после создания опорной осциллограммы.

**REDO**

Клавиша восстанавливает отмененные действия (клавишей UNDO) в обратном порядке.

**3.1.4 Клавиши функционального блока ANALYZE**

Клавиши функционального блока ANALYZE открывают различные меню для проведения анализа сигнала.

**PROTOCOL LOGIC**

Клавиша открывает меню "Protocol" и "Logic", в которых могут быть выбраны и настроены последовательные интерфейсы, шины передачи данных и сконфигурированы цифровые каналы для анализа.

Если выбрано меню "Protocol", клавиша переключает выбранные шины.

Меню "Logic" и цифровые каналы доступны только при условии установленной опции R&S RTM-B1 (MSO).

**TOOLS**

Клавиша открывает меню "Tools" для конфигурирования и проведения тестирования по маске для выбранной осциллограммы. Маски используются для обнаружения ошибок и проведения тестов на соответствие для цифровых сигналов.

В меню доступны следующие функции:

- запуск тестирования по маске;
- конфигурирование новых масок на базе канальных сигналов;
- конфигурирование действий, запускаемых при нарушении границ маски.



**FFT**

Клавиша служит для включения и выключения процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) для последнего выбранного канала, а также для доступа к функциям настройки и отображения результатов БПФ.

Клавиша подсвечивается, если функция БПФ включена. На экране отображаются два окна: в верхнем показывается временная осциллограмма сигнала, а в нижнем – результат БПФ-анализа сигнала.

При выключении функции восстанавливается предыдущий режим отображения.

Чтобы отобразить БПФ для другого канала следует нажать клавишу соответствующего канала.

### 3.1.5 Органы управления функционального блока TRIGGER

Клавиши и поворотная ручка функционального блока TRIGGER служат для настройки параметров синхронизации (запуска развертки), а также для запуска или остановки сбора данных.

**RUN CONT**

Клавиша запускает и останавливает процесс непрерывного сбора данных. Зеленая подсветка указывает на выполняемый процесс сбора данных. Красная подсветка – на остановку процесса сбора данных.

Состояние сбора данных также указывается на правом конце панели информации: выполняется "Run" или завершено "Complete".

**RUN Nx SINGLE**

Клавиша запускает заданное количество циклов сбора данных. Повторное нажатие клавиши останавливает сбор данных.

Для установки количества циклов сбора данных следует нажать клавишу ACQUISITION и задать параметр "Nx Single".

**FORCE**

Если сбор данных выполняется в ждущем режиме, а событие запуска не возникает, то принудительная синхронизация (запуск развертки) с помощью данной клавиши вызывает выполнение однократного цикла сбора данных. Тем самым можно убедиться в наличии входного сигнала и использовать полученную осциллограмму для определения способа синхронизации.

**MODE**

Клавиша переключает режим синхронизации (запуска развертки) между автоматическим (Auto) и ждущим (Normal). Режим синхронизации определяет поведение прибора в отсутствие событий запуска. Текущий режим указан в панели информации.



**LEVEL**

Поворотная ручка изменяет пороговый уровень запуска для всех типов синхронизации, в которых задается один уровень запуска. Некоторые типы синхронизации требуют двух уровней запуска, например, запуск по времени нарастания/спада. Эти уровни могут задаваться в меню настройки параметров синхронизации.

Поворот ручки по часовой стрелке приводит к увеличению уровня запуска. Нажатие ручки устанавливает 50%-уровень от амплитуды сигнала.

Если включена синхронизация по В-событию, ручкой можно установить уровень как для А-события, так и для В-события. Чтобы назначить уровень А- или В-событию, используется параметр "Trigger Level" в меню "Trigger".

**SETUP**

Клавиша открывает меню "Trigger".

**SOURCE**

Клавиша открывает меню "Trigger Source" для выбора источника синхронизации по А-событию. Повторные нажатия клавиши переключают выбранный источник. Клавиша подсвечивается цветом выбранного канала синхронизации.

Выбранный источник синхронизации указан в панели информации.

**SLOPE**

Если для аналогового источника синхронизации выбран тип запуска "Edge", то клавиша SLOPE переключает фронт синхронизации. Текущее значение показано с помощью пиктограммы на панели информации.

Если включена синхронизация по В-событию, клавишей можно установить фронт как для А-события, так и для В-события. Чтобы назначить фронт А- или В-событию, используется параметр "Trigger Level" в меню "Trigger".

### 3.1.6 Органы управления функционального блока VERTICAL

Клавиши и ручки функционального блока VERTICAL служат для выбора сигнала и настройки позиции и масштаба по вертикали, исходя из параметров выбранного сигнала.



**CH N**

Клавиши каналов используются для включения и выбора аналоговых каналов, а также для открытия меню "Channel", в котором производится настройка отображения по вертикали. При включении каналов клавиши подсвечиваются цветами соответствующих им каналов.

Действие клавиш зависит от состояния канала:

- Если канал выключен: нажатие клавиши приводит к включению и выбору соответствующего клавише канала. Поворотные клавиши подсвечиваются цветом выбранного канала.
- Если канал включен: нажатие клавиши приводит к выбору канальной осциллограммы и открытию меню настройки вертикальных параметров.

**POSITION / OFFSET**

Поворотная ручка служит для изменения позиции или смещения осциллограмм по вертикали. Ручка подсвечивается цветом выбранной осциллограммы. Нажатие ручки приводит к переключению изменяемого параметра. Регулируемый параметр и его значение выводятся во временной метке, обозначенной цветом канала.

В точке пересечения нуля, ручка издает короткий щелчок, а настройка остается неизменной для упрощения установки нуля.

**Примечание** – По умолчанию, ввод смещения осциллограммы отключен. Для включения смещения следует нажать функциональную клавишу "Offset" в меню "Channel".

**SCALE**

Поворотная ручка устанавливает вертикальный масштаб в вольтах на деление (В/дел) для изменения амплитуды выбранной канальной, расчетной или опорной осциллограммы. Текущее значение масштаба отображается в метке осциллограммы над масштабной сеткой. Ручка подсвечивается цветом выбранной осциллограммы.

Поворот ручки SCALE по часовой стрелке приводит к растяжению осциллограммы. При этом значение масштаба V/div (В/дел) уменьшается.

Нажатие ручки вызывает переключение между грубой и точной регулировкой масштаба.

**SIGNAL OFF**

Клавиша выключает выбранный сигнал и выбирает следующую канальную, расчетную или опорную осциллограмму.

Клавиша, подсвеченная цветом выбранного сигнала, меняет цвет в соответствии с новым выбором.

**REF**

Клавиша открывает доступ к функциям для работы с опорными осциллограммами.

**MATH**

Клавиша открывает доступ к функциям конфигурирования и отображения расчетных данных.

### 3.1.7 Органы управления функционального блока HORIZONTAL

Поворотные ручки функционального блока HORIZONTAL служат для позиционирования и масштабирования по горизонтали, настройки параметров сбора, а также для увеличения, поиска, работы с архивом и маркерами времени.



### POSITION

В окне обычной осциллограммы данная поворотная ручка изменяет значение смещения запуска. Смещение запуска – это горизонтальная позиция точки запуска относительно опорной точки (нулевой точки на оси времени). Таким образом, можно установить момент запуска даже за пределами диаграммы и провести анализ сигнала во времени до и после события запуска.

Поворот ручки по часовой стрелке приводит к смещению точки запуска вправо, нажатие ручки сбрасывает это значение.

В точке пересечения нуля, ручка издает короткий щелчок, а настройка остается неизменной для упрощения установки нуля.

В режиме масштабирования или в окне БПФ ручка также служит для изменения отдельных горизонтальных параметров. Для переключения между параметрами следует нажимать поворотную ручку SCALE.

### SCALE

В окне обычной осциллограммы данная поворотная ручка изменяет масштаб по горизонтали, т.е. временную развертку, для всех сигналов. Поворот ручки по часовой стрелке приводит к растягиванию осциллограмм. При этом масштабное значение время/дел уменьшается. Текущее значение отображается в панели информации, оно выводится в крайнем левом значении "ТВ:".

В режиме масштабирования или в окне БПФ нажатие ручки вызывает переключение между окнами и их горизонтальными параметрами, а вращение ручки регулирует выбранное значение. Нажатие ручки SCALE также переключает параметры, изменяемые с помощью ручки POSITION.

### ZOOM

Клавиша открывает доступ к функциям настройки области масштабирования, используемой для детального изучения сигнала.

### HISTORY

Зарезервировано для применения в будущем.

### NEXT

Клавиша помещает следующий маркер (справа) на опорную точку области отображения или области масштабирования. Если включен режим поиска, клавиша служит для управления маркерами поиска.

**Примечание** – Если справа имеется еще один маркер, но он не виден на экране, то с правой стороны области отображения отображается красная стрелка.

**PREV**

Клавиша помещает предыдущий маркер (слева) на опорную точку области отображения или области масштабирования. Если включен режим поиска, клавиша служит для управления маркерами поиска.

**Примечание** – Если слева имеется еще один маркер, но он не виден на экране, то с левой стороны области отображения отображается красная стрелка.

**SET CLEAR**

Клавиша устанавливает новый маркер в позицию опорной точки экрана или удаляет существующий в этой точке маркер. Для перемещения маркеров в позицию опорной точки следует использовать клавиши NEXT и PREV.

При отображении результатов поиска маркер устанавливается или удаляется в позиции результата поиска, выбранного в таблице "Event Table".

**SEARCH**

Клавиша открывает меню поиска "Search", в котором выполняется поиск различных событий в выборке данных (например, пиковых значений или определенных длительностей) и анализ результатов поиска.

**ACQUISITION**

Клавиша открывает меню "Acquisition".

Из данного меню производится управление обработкой данных, т.е. способом формирования осциллограммы по захваченным отсчетам АЦП. Текущий режим сбора данных указывается в верхней панели информации во втором значении справа.

**3.1.8 Входные каналы**

Входные каналы представляют собой разъемы для активных и активных пробников. Входной импеданс может выбираться из значений 50 Ом и 1 МОм.

**CAUTION****Опасность получения травмы**

При работе с входными напряжениями, превышающими 30 В (среднеkv. значение) или 42 В (пиковое значение) или 60 В (постоянного тока) необходимо принять защитные меры для предотвращения прямого контакта с измерительной установкой.

**CAUTION****Опасность получения травмы и повреждения прибора**

Прибор удовлетворяет требованиям к проведению измерений категории I; необходимо следить за тем, чтобы входное напряжение не превышало 200 В (пиковое значение) или 150 В (среднекв. значение) при входном импедансе 1 МОм и 5 В (среднекв. значение) при импедансе 50 Ом.

Перенапряжение переходного режима не должно превышать 200 В (пик.).

При выполнении измерений в цепях с перенапряжением переходного режима выше категории I, необходимо следить за тем, чтобы такие напряжения не попадали на вход осциллографа R&S RTM. Для выполнения этого условия следует использовать пробники, удовлетворяющие стандарту DIN EN 61010-031. При выполнении измерений в цепях категории II, III или IV в обязательном порядке необходимо включать пробник, который соответствующим образом понижает напряжение так, чтобы гарантировать, что на прибор не подается напряжений выше категории I. Более подробную информацию см. в технической документации и инструкциях по безопасности от производителя пробника.



Примечание – В соответствии с разделом 6.7.4 стандарта EN61010-1 измерения категории I проводятся в цепях, которые отключены от электрической сети.

**3.1.9 Разъемы передней панели**

Наиболее важные разъемы расположены на передней панели прибора.

**PROBE COMPENSATION**

Клеммы для компенсации пробника служат для регулировки пассивных пробников при работе с каналами осциллографа.

-  Прямоугольный сигнал с частотой 1 кГц или 1 МГц для компенсации пробника. Сигнал может быть настроен в меню SETUP > "Probe Adjust".
-  Клемма заземления для пробников.

**USB**

USB-разъем типа А для подключения принтера или внешних флэш-носителей для сохранения и загрузки настроек прибора и измеренных данных и для обновления встроенного ПО. Другой разъем того же типа размещен на задней панели прибора.

## 3.2 Описание задней панели

На рисунке 3-2 показан вид задней панели осциллографа R&S RTM.



Рисунок 3-2 – Вид задней панели осциллографа R&S RTM

- 1 = Разъем питания от сети переменного тока и выключатель питания
- 2 = Разъем LAN
- 3 = Разъем USB типа B
- 4 = Разъем USB типа A
- 5 = Выход синхронизации
- 6 = Разъем DVI-D для подключения внешнего монитора
- 7 = Вход для внешней синхронизации
- 8 = Слот кенсингтонского замка для защиты прибора от кражи

### Разъем питания от сети переменного тока и выключатель питания

Прибор предназначен для работы в широком диапазоне питающих напряжений. Настройка на правильный диапазон питания осуществляется автоматически. Переключатель для выбора питающего напряжения отсутствует.

Выключатель питания служит для отключения прибора от сети питания переменного тока.

### LAN

8-контактный разъем RJ-45, использующийся для подсоединения прибора к локальной вычислительной сети LAN (Local Area Network). Прибор обеспечивает соединение со скоростью до 100 Мбит/с.

### USB TYPE B

Интерфейс USB типа B (USB-устройство) предназначен для дистанционного управления прибором.

**Примечание** – На результаты измерений могут оказывать влияние электромагнитные помехи. Во избежание подобных воздействий не рекомендуется использовать соединяющие USB-кабели длиной более 1 м.

### USB TYPE A

Интерфейс USB типа A (USB-хост) для подключения принтера или флэш-носителя для переноса данных.

Другой разъем такого же типа размещен на передней панели прибора.

**MONITOR (DVI-D)**

Цифровой разъем для подключения внешнего монитора.

**EXT TRIGGER INPUT**

Гнездовой разъем для получения внешнего сигнала синхронизации используется для управления измерением с помощью внешнего сигнала. Входной импеданс 1 МОм. Уровень синхронизации (запуска) может быть установлен в диапазоне от -5 до 5 В. Максимальное входное напряжение составляет 150 В (пиковое значение).

**TRIGGER OUTPUT**

BNC-разъем выхода синхронизации используется для снабжения внутренним сигналом запуска осциллографа других приборов с целью проведения синхронных измерений. При возникновении события запуска, прибор R&S RTM создает импульс напряжением 5 В при импедансе источника 50 Ом и передает его на внешний выход синхронизации. Также прибор может генерировать опорную последовательность с частотой 10 МГц.

Если разъем согласован на импеданс 50 Ом, уровень сигнала составляет 2,5 В (50 мА), а если на 1 МОм, то 5 В. Короткое замыкание разъема на землю создаст ток 100 мА.

По умолчанию, выход синхронизации выключен. Для разрешения выдачи сигнала запуска следует выбрать меню SETUP > "Trigger Output" > "Output". Здесь также можно настроить полярность и длительность импульса. По умолчанию настроен положительный импульс длительностью 1 мкс.

**GBIP Interface (опция RTM-B10)**

Интерфейс для дистанционного управления прибором по шине GBIP. Он заменяет модуль интерфейсов LAN / USB типа B, размещенный на задней панели. Таким образом, дистанционное управление прибором может быть реализовано либо по LAN-соединению, либо по шине GBIP.



### 3.3 Описание правой панели

С правой стороны прибора находятся разъемы для цифровых пробников POD 1 и POD 2. Аппаратный модуль и цифровой пробник идут в комплекте с опцией смешанных сигналов R&S RTM-B1. Модуль содержит разъемы для двух логических пробников, каждый из которых имеет по 8 цифровых каналов (от D0 до D7 и от D8 до D15).

Максимально допустимое входное напряжение 40 В (пиковое) при входном импедансе 100 кОм. Максимально допустимая входная частота для сигнала с минимальным переменным входным напряжением 500 мВ (размах) составляет 400 МГц.



Рисунок 3-3 – Вид правой панели прибора R&S RTM



## 4 Сбор данных и настройка осциллограмм

В данной главе приведено описание настроек систем горизонтального и вертикального отклонения, а также параметров сбора данных и пробников.

### 4.1 Основные сведения

В данной главе приводятся основные сведения о наиболее важных настройках систем вертикального и горизонтального отклонения, о сборе данных и работе с пробниками.

#### 4.1.1 Система вертикального отклонения

Органы управления и параметры системы вертикального отклонения используются для масштабирования и позиционирования осциллограмм по вертикали.

##### 4.1.1.1 Связь входа

Связь входа оказывает влияние на прохождение сигнала между входным разъемом и внутренними каскадами, через которые затем проходит сигнал. Может быть установлена связь входа по постоянному току, по переменному току или заземление входа.

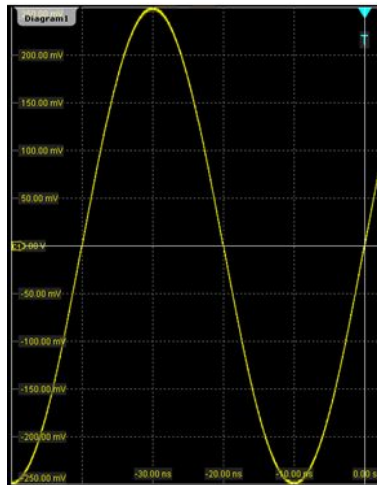
- Связь по постоянному току обеспечивает наблюдение всего входного сигнала. Для подключения стандартных пассивных пробников обеспечивается связь входа по постоянному току с входным импедансом 1 МОм. Для входного импеданса 50 Ом стандартной является связь по постоянному току.
- Связь по переменному току удобна, если постоянная составляющая сигнала не представляет интереса для исследования. Связь по переменному току блокирует постоянную составляющую сигнала, так что осциллограмма сигнала центрируется в области нулевого напряжения.

##### 4.1.1.2 Вертикальное масштабирование и позиционирование

Вертикальный масштаб и позиция по вертикали напрямую влияют на разрешение отображаемого сигнала по амплитуде. Вертикальный масштаб соответствует входному диапазону АЦП. Для достижения полного разрешения АЦП осциллограмма сигнала должна занимать большую часть диаграммы по высоте.

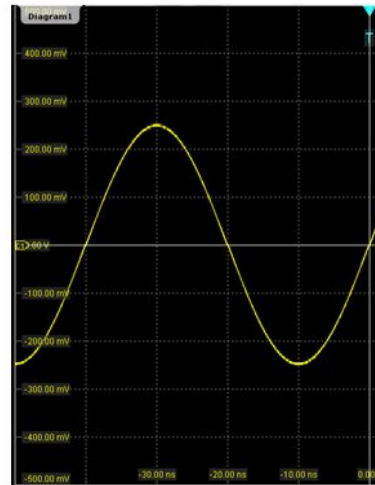
Амплитуда сигнала = 0,5 В

Масштаб = 50 мВ/дел



Наилучшее разрешение сигнала  
8 бит -> шаг 2 мВ

Масштаб = 100 мВ/дел



Сниженное разрешение сигнала  
8 бит -> шаг 4 мВ

Рисунок 4-1 – Входной диапазон и разрешение АЦП

#### 4.1.1.3 Полоса пропускания

При работе с аналоговыми сигналами требуемую полосу пропускания осциллографа определяет наивысшая частота сигнала. Для измерения амплитуды сигнала с высокой точностью полоса пропускания осциллографа, как правило, должна быть в три раза больше, чем максимальная частота измеряемого аналогового сигнала.

Большинство измеряемых сигналов намного сложнее простых синусоидальных колебаний и содержат несколько спектральных составляющих. Цифровой сигнал, например, сформирован из нескольких нечетных гармоник. Как правило, полоса пропускания осциллографа для анализа цифровых сигналов должна быть в 5 раз больше, чем тактовая частота измеряемых сигналов.

Осциллограф не является изолированной системой. Для измерения сигналов необходим пробник, а пробник также имеет ограниченную полосу пропускания. Связка осциллографа и пробника определяет *полосу пропускания всей системы*. Таким образом, для обеспечения работы во всей полосе пропускания осциллографа, а значит и снижения влияния пробника на полосу пропускания всей системы, полоса пропускания пробника должна превышать полосу пропускания осциллографа. Рекомендуется использовать пробники с полосой пропускания в 1,5 больше, чем полоса пропускания осциллографа.

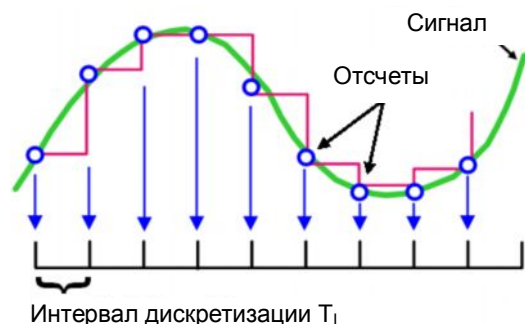
См. также главу 4.1.4.1 "Пробники напряжения".

#### 4.1.2 Дискретизация и сбор данных

Система вертикального отклонения цифрового осциллографа подготавливает измеряемый сигнал таким образом, чтобы последующий аналого-цифровой преобразователь (АЦП) мог выполнить преобразование измеренного напряжения в цифровые данные.

#### 4.1.2.1 Дискретизация и обработка данных

АЦП оцифровывает измеряемый непрерывный сигнал в заданных временных точках и формирует цифровые значения, так называемые **отсчеты АЦП**. Частота, на которой работает преобразователь, – **частота дискретизации АЦП** – это постоянное значение, обычно выражаемое в ГГц:  $f_{\text{АЦП}} = 1 / T_1$ .



Цифровые отсчеты АЦП обрабатываются в соответствии с параметрами сбора данных. Результатом является сигнальная запись, которая содержит **отсчеты сигнала** и хранится в **сигнальной памяти**. Отсчеты сигнала отображаются на экране, формируя осциллограмму (изображение сигнала).

Количество отсчетов сигнала в одной сигнальной записи называется **длиной записи**, а частота регистрации отсчетов сигнала, т.е. количество отсчетов сигнала в секунду, – **частотой дискретизации**. Чем выше частота дискретизации, тем лучше разрешающая способность, а значит, в сигнале можно будет наблюдать больше деталей.

Для правильного восстановления сигнала необходима достаточная разрешающая способность. Если сигнал оцифрован с недостаточным шагом дискретизации, возникают искажения, т.е. на экране сигнал отображается с ошибкой. Для устранения искажений и точного восстановления сигнала (согласно теореме Котельникова-Найквиста) необходимо, чтобы частота дискретизации была, по крайней мере, в два раза выше, чем наивысшая частотная составляющая сигнала. Однако в теореме исходят из идеальных условий, в то время как обычно частоты Найквиста недостаточно для восстановления сигнала.

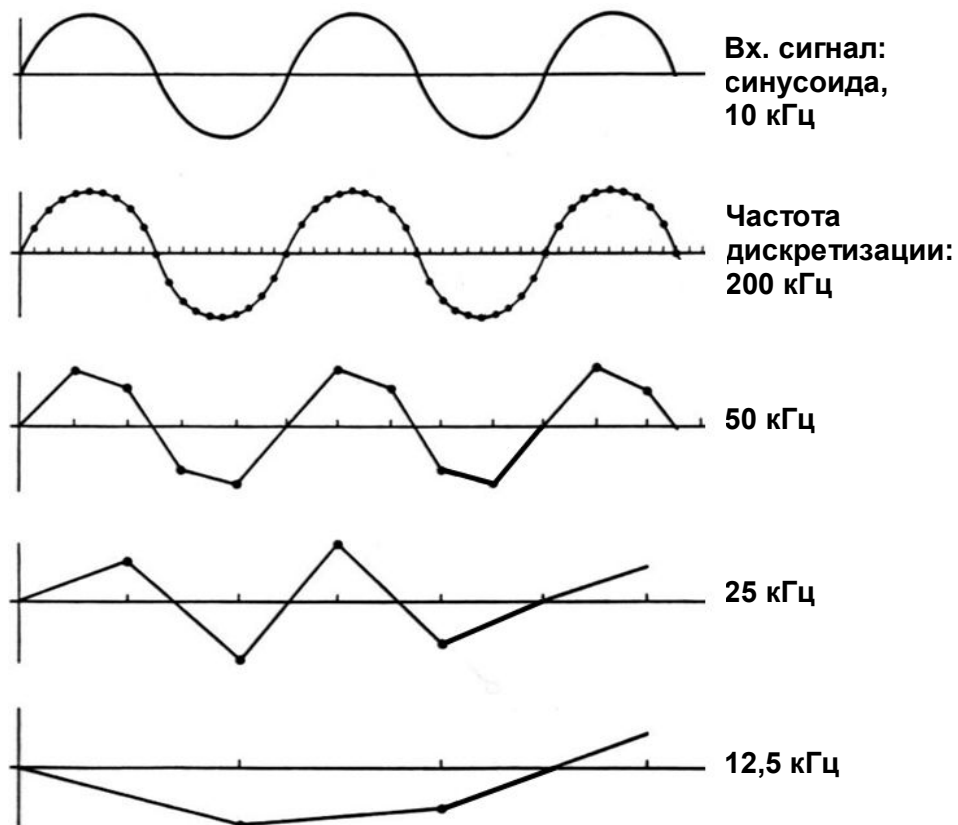


Рисунок 4-2 – Сигналы, захваченные с различными частотами дискретизации

Это означает, что частота дискретизации должна быть в 3...5 раз выше, чем наивысшая частотная составляющая сигнала. Повышение частоты дискретизации увеличивает точность воспроизведения сигнала, увеличивает вероятность захвата паразитных выбросов (глитчей) и других аномалий сигнала, а также улучшает возможности масштабирования.

#### 4.1.2.2 Параметры сбора данных

Результирующая частота дискретизации может совпадать с постоянной частотой дискретизации АЦП, быть выше или ниже ее.

По умолчанию применяется **режим дискретизации реального времени**. При настройке временной развертки на работу с быстро меняющимися сигналами частота дискретизации становится выше частоты дискретизации АЦП. Отсутствующие отсчеты сигнала автоматически добавляются к отсчетам АЦП за счет применения интерполяции вида  $\sin(x)/x$ .

При измерении высокочастотных повторяющихся сигналов, частотные составляющие которых превышают частоту дискретизации АЦП, для захвата сигналов используется метод **эквивалентной временной дискретизации** (стробоскопирования). В данном режиме отсчеты АЦП захватываются за несколько повторяющихся циклов сбора данных в различные моменты времени. Затем по полученным данным формируется одна осциллограмма с более высокой частотой дискретизации.

При настройке временной развертки на работу с медленно меняющимися сигналами частота дискретизации становится ниже частоты дискретизации АЦП.

Для снижения частоты дискретизации служат методы **децимации** (прореживания): отсчетный и пикового детектирования.

Поскольку цифровые сигнальные данные хранятся в памяти, а в памяти может храниться множество сигнальных записей, то над сигналами можно проводить **арифметические операции**: усредненные сигналы и сигналы огибающих представляют собой расчетные осциллограммы, которые были получены из совокупности отсчетов, взятых из нескольких циклов сбора данных. Другая функция – **сглаживание** – осуществляет вычисление и отображение среднего значения нескольких соседних отсчетов одной осциллограммы. В результате вычисляется скользящее среднее значение, в котором используется полный набор данных и которое может применяться к непериодическим сигналам.

#### 4.1.2.3 Управление сбором данных

Прибор R&S RTM может быть запущен двумя способами:

- Непрерывный (Continuous): прибор захватывает данные до тех пор, пока не будет остановлен вручную.
- N-кратный (NxSingle): прибор выполняет оцифровку и обработку данных в течение заданного количества циклов сбора данных.

Определяющим моментом в сборе данных является момент запуска. Он определяет нулевой момент времени в сигнальной записи. Прибор захватывает данные непрерывно и оставляет отсчеты для заполнения предзапускной части сигнальной записи. После возникновения события запуска прибор продолжает сбор данных до тех пор, пока не будет заполнена постзапускная часть сигнальной записи. Затем сбор данных останавливается, и прибор переходит в режим ожидания следующего запуска. После обнаружения запуска прибор не воспринимает других событий запуска до тех пор, пока не будет выполнен запущенный цикл сбора данных.

Режимы запуска развертки определяют вид синхронизации прибора:

- Ждущий (Normal): прибор захватывает сигнал только при возникновении реального события запуска, т.е. только при выполнении всех условий запуска.
- Автоматический (Auto): если условия запуска не выполняются, запуск выполняется циклически через фиксированные интервалы времени. При возникновении реального события запуска оно получает преимущество. Если реальное событие запуска возникает быстрее, чем автоматически создаваемое, оба режима фактически одинаковы.

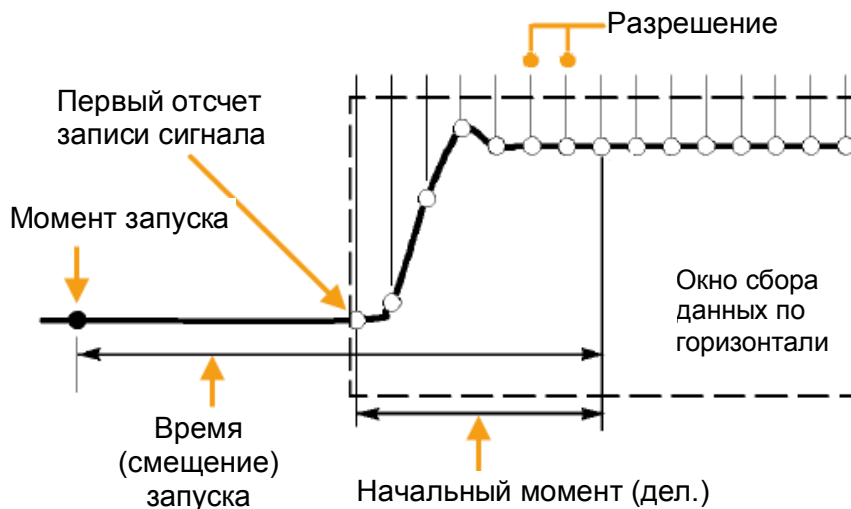
На практике полезны оба режима: автоматический режим позволяет наблюдать сигнал с минимальной регулировкой параметров, в то время как ждущий режим позволяет наблюдать интересующую часть сигнала. При необходимости захватить заданное количество осциллограмм в режиме NxSingle следует выбрать ждущий режим запуска. Тогда будет получено только заданное количество данных.

См. также [главу 5 "Синхронизация \(запуск\)"](#).

#### 4.1.3 Система горизонтального отклонения

Как было описано в [главе 4.1.2.3 "Управление сбором данных"](#), момент запуска определяет нулевой момент времени в сигнальной записи.

Позицию окна сбора данных по горизонтали относительно момента запуска определяют два параметра: **начальный момент** и **время (смещение) запуска**. С помощью этих параметров выбирается та часть осциллограммы, которую необходимо наблюдать: в окрестности момента запуска, до или после момента запуска.



#### 4.1.4 Пробники

Пробник (щуп) служит для соединения источника сигнала (испытуемое устройство, ИУ) с осциллографом и передачи измеряемого сигнала. Это первое важное звено в цепи измерения.

Идеальный пробник соответствует следующим требованиям:

- Безопасные и надежные контакты
- Бесконечная полоса пропускания
- Пробник не должен нагружать источник сигнала и тем самым влиять на работу электрических цепей.
- Соединение не должно вносить или подавлять составляющие сигнала (фон, шум, фильтр) и тем самым ухудшать или искажать передаваемый сигнал.

На практике, пробник никогда не сможет обладать идеальными характеристиками, он всегда будет оказывать влияние на передачу сигнала и его источник, а значит, и на сам измеряемый сигнал. Получение хороших результатов измерения будет зависеть от измеряемой частоты, от нагрузочных возможностей источника сигнала и от типа пробника.

Решение зависит от измеряемой величины, при этом учитываются:

- Тип сигнала: напряжение, ток, мощность, давление, оптический, и т.д.
- Амплитуда сигнала: сам осциллограф способен только отображать напряжения в ограниченном диапазоне. Большинство пробников способно регулировать динамический диапазон по амплитуде от нескольких милливольт до десятков вольт. Измерение более слабых или намного более сильных сигналов требует специализированного оборудования.
- Частота сигнала: для получения правильных результатов при работе с высокими частотами требуется дополнительное оборудование.
- Характеристика источника: импеданс источника является решающим фактором при выборе подходящего типа соединения.

##### 4.1.4.1 Пробники напряжения

В следующей таблице дано описание обычных пробников и их использования.

Таблица 4-1 – Обзор пробников напряжения

Тип пробника	Ослабление	Типичная полоса пропускания	Вход осциллографа	Использование
Пассивный, высокоомный	1:1	10 МГц	1 МОм	Малое быстродействие, сигналы низкого уровня
Пассивный, высокоомный	10:1	500 МГц	1 МОм	Универсальное применение
Пассивный, низкоомный	10:1	до 10 ГГц	50 Ом	Высокочастотные сигналы
Активный, несимметричный	10:1	до 10 ГГц	50 Ом	Высокое быстродействие
Активный, дифференциальный	10:1		50 Ом	Незаземленный

Список рекомендуемых пробников приведен в техническом описании R&S RTM.

Помимо возможного диапазона входных напряжений при выборе пробника напряжения очень важную роль играют два фактора: полоса пропускания и импеданс в диапазоне частот.

- **Полоса пропускания:**

Связка осциллографа и пробника определяет полосу пропускания (BW) системы. Общая полоса пропускания системы приблизительно определяется как:

$$\frac{1}{BW_{system}} = \sqrt{\left(\frac{1}{BW_{probe}}\right)^2 + \left(\frac{1}{BW_{scope}}\right)^2}$$

Для проведения измерений с незначительными погрешностями полоса системы должна превышать самую высокочастотную составляющую сигнала. А полоса пропускания пробника должна быть даже больше, чем полоса системы.

- **Импеданс:**

Минимальный импеданс требуется для поддержания минимальной нагрузки на цепь. С частотой импеданс уменьшается, особенно у пассивных пробников. Импеданс пробника на самой высокой частоте сигнала должен быть приблизительно в 10 раз больше импеданса контрольной точки цепи.

### Пассивные пробники напряжения

Пассивные пробники обладают следующими качествами:

- Отсутствие активных компонентов внутри пробника
- BNC-разъем для универсального применения
- Необходимо выполнять компенсацию при подключении пробника к входу осциллографа: НЧ-компенсация выполняет согласование емкости пробника (в основном, кабеля) с входной емкостью осциллографа.
- В высокоомных пробниках импеданс значительно изменяется с частотой.
- В низкоомных пробниках изменения импеданса с частотой незначительны, однако высока нагрузка на источник.

При использовании пассивных пробников рекомендуется помнить следующие рекомендации:

- Используйте пробники, которые рекомендованы для вашей модели прибора.
- Используйте как можно более короткий провод заземления для минимизации влияния индуктивности провода заземления. Резонансная частота получающегося контура может быть много меньше полосы пропускания



системы и тем самым оказывать влияние на результаты измерения, в частности при измерении времени нарастания крутых фронтов.

- Выбирайте пробник с полосой пропускания в 5...10 раз большей, чем наивысшая измеряемая частота. Будет обеспечено сохранение гармоник, а значит, обеспечена и целостность сигнала.

#### **Активные пробники напряжения: общие сведения**

Для работы активных пробников необходимо питание от прибора и наличие сопрягаемого с прибором интерфейса. Основные качества таких пробников:

- Низкая нагрузка на источник сигнала
- Пробник автоматически распознается прибором, дополнительной регулировки не требуется.
- Настраиваемое смещение по постоянному току на наконечнике пробника позволяет получать высокое разрешение на небольших сигналах переменного тока, которые накладываются на постоянные уровни.
- Соединения должны быть по возможности короче для поддержания высокой полосы пропускания.
- Необходимо соблюдать рабочий диапазон напряжений.
- Импеданс пробника зависит от частоты сигнала.

Несимметричные активные пробники RT-ZS и активные дифференциальные пробники RT-ZD характеризуются поддержкой специальных функций, обеспечивающих удобство использования и проведение высокоточных измерений. Эти специальные функции отсутствуют в пробниках RT-ZSxxE.

- Микрокнопка на головке пробника служит для дистанционного управления основными функциями на стороне прибора, такими как запуск и остановка сбора данных, автонастройка, автоустановка нуля и установка смещения по среднему значению.
- ПО R&S ProbeMeter позволяет измерять постоянные напряжения между наконечником пробника и "землей" с высокой точностью. Результаты измерения отображаются на экране прибора. Таким образом, можно измерять постоянные напряжения различного уровня без перестройки диапазона измерения осциллографа. ПО R&S ProbeMeter также измеряет погрешность установки нуля пробника с целью оптимизации результатов измерений на сигналах низкого уровня.

При подключении активного пробника R&S RT-ZSxx к каналному входу осциллографа R&S RTM прибор обнаружит пробник, считает из него идентификационные и калибровочные данные и отобразит получившийся результат на вкладках "Setup" и "Probe Attributes". Эти данные вместе со временем выравнивания для данного канала сохраняются и обрабатываются прибором R&S RTM. При подключении пробника в следующий раз к тому же каналу, сохраненная информация будет вызвана и использована.

#### **Активные дифференциальные пробники**

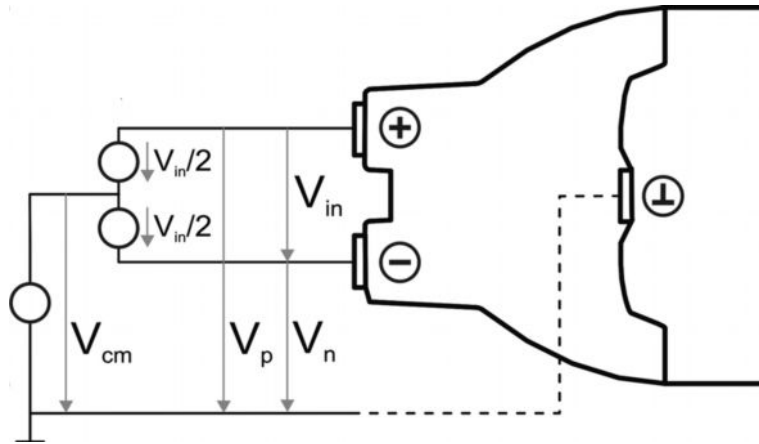
Активные дифференциальные пробники предназначены для измерения сигналов относительно друг друга и напряжений безотносительно земли, например, в сигнальных линиях витой пары. Пробники R&S RT-ZD – это дифференциальные пробники с высоким входным сопротивлением, они могут быть использованы для измерения напряжений между двумя любыми контрольными точками.

В отличие от двухканальной измерительной установки с несимметричными пробниками, измерение с использованием дифференциальных пробников является симметричным в силу одинакового усиления и длины кабелей в обоих трактах.



Такое измерение также устойчиво к помехам и шумам и возникает только в одном входном канале.

Дифференциальный пробник оснащен тремя гнездами: гнездом сигнала положительной полярности (+), гнездом сигнала отрицательной полярности (-) и гнездом заземления.



Дифференциальные пробники обеспечивают работу с несколькими видами входных напряжений:

- Входное напряжение в дифференциальном режиме ( $V_{in}$ ,  $V_{dm}$ )  
Напряжение между гнездами сигналов положительной и отрицательной полярностей
- Положительное напряжение на несимметричном входе ( $V_p$ )  
Напряжение между гнездом сигнала положительной полярности и гнездом заземления
- Отрицательное напряжение на несимметричном входе ( $V_n$ )  
Напряжение между гнездом сигнала отрицательной полярности и гнездом заземления
- Входное синфазное напряжение ( $V_{cm}$ )  
Среднее напряжение на гнездах сигналов положительной и отрицательной полярностей относительно гнезда заземления

Два вида входных напряжений являются независимыми значениями, а другие два могут быть рассчитаны следующим образом:

$$V_{in} = V_p - V_n$$

$$V_{cm} = \frac{V_p + V_n}{2}$$

Пробники R&S RT-ZD детектируют только дифференциальные входные напряжения, передавая их на осциллограф. Синфазные сигналы при этом подавляются пробником. Эта характеристика пробника описывается коэффициентом ослабления синфазного сигнала (CMRR, Common Mode Rejection Ratio).

$$CMRR = \frac{\text{Коэффициент усиления дифференциального сигнала}}{\text{Коэффициент усиления синфазного сигнала}}$$

Кроме того, функция R&S ProbeMeter дифференциальных пробников R&S RT-ZD позволяет измерять дифференциальные и синфазные постоянные напряжения. Результаты измерений отображаются на экране осциллографа. Измерение синфазного напряжения с использованием функции R&S ProbeMeter позволяет контролировать входное напряжение относительно земли, а также является

удобным способом обнаружения нарушений области рабочих напряжений и причин нежелательного отсека сигнала.

## 4.2 Настройка осциллограмм

В данной главе описаны основные процедуры настройки сбора данных и регулировки канальных осциллограмм.



### Пассивные пробники

При работе с пассивными пробниками для получения точного отображения сигнала и точных результатов измерений необходимо выполнять процедуру компенсации. Процедура компенсации описана в кратком руководстве по эксплуатации.

### 4.2.1 Настройка входа сигнала функцией автонастройки

Функция автонастройки представляет собой удобное решение для настройки большей части стандартных параметров измерительной установки. Использование функции будет полезно и при необходимости использования более сложных настроек запуска. Функция подбирает подходящий масштаб по горизонтали и по вертикали, а также условия запуска развертки таким образом, чтобы на экране отображалось стабильное изображение сигнала.

1. Подсоединить пробник к входному разъему CH N.  
Прибор обнаружит пробник и включит соответствующий канал.
2. Нажать кнопку AUTOSET слева от экрана.

### 4.2.2 Настройка сигнального входа вручную

Упомянутые здесь параметры подробно описаны в следующих разделах:

- [глава 4.3.1 "Органы управления функционального блока HORIZONTAL"](#)
- [глава 4.3.3.2 "Меню Channel"](#)
- [глава 4.3.3.1 "Органы управления функционального блока VERTICAL"](#)

1. Подсоединить пробник к входному разъему CH N.  
Прибор обнаружит пробник и включит соответствующий канал.
2. Используя поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL, настроить временную развертку.
3. Используя поворотную ручку POSITION, настроить позицию запуска. Нажать ручку для сброса времени запуска до значения 50%.
4. Нажать канальную клавишу, соответствующую входному каналу. Она будет подсвечена цветом канальной осциллограммы.
5. В меню функциональных клавиш последовательно нажимать функциональную клавишу "Coupling" до выбора требуемой связи по входу.
6. Выбрать предел по полосе пропускания "Bandwidth".

7. При использовании пассивного пробника настроить его параметры:
  - а) Выбрать параметр "Termination" (входной импеданс).
  - б) Выбрать пункт "More" для переключения на страницу меню.
  - в) Нажать функциональную клавишу "Probe" и выбрать ослабление пробника.
8. Используя поворотную ручку SCALE функционального блока VERTICAL, настроить вертикальный масштаб отображения осциллограммы. Нажать ручку для переключения между режимами грубой и точной регулировки.
9. Используя поворотную ручку POSITION, настроить позицию осциллограммы по вертикали. Позиция осциллограммы по вертикали задается позицией линии нулевого уровня осциллограммы и смещением между этой линией и осью осциллограммы. Нажатие поворотной ручки выполняет переключение между этими параметрами.

По умолчанию, ввод смещения осциллограммы отключен. Для включения смещения следует нажать функциональную клавишу "Offset" в меню "Channel". Для настройки значения используется поворотная ручка NAVIGATION или POSITION / OFFSET. Вращение ручки по часовой стрелке приводит к перемещению осциллограммы вниз.
10. Перейти к настройке параметров сбора данных, см. [главу 4.2.3 "Установка параметров сбора данных"](#).

### 4.2.3 Установка параметров сбора данных

Предварительные условия:

- Пробники подсоединены к прибору.
- Настроены параметры отображения по вертикали и горизонтали.

Параметры сбора данных описаны в [главе 4.3.2.1 "Меню Acquisition"](#).

1. Нажать функциональную клавишу ACQUISITION функционального блока HORIZONTAL.
2. Выбрать режим дискретизации "Sample Mode": режим реального времени "Real time" или режим эквивалентного времени "Equivalent time".

Выбранный режим определяет поведение осциллографа при частоте дискретизации, превышающей частоту дискретизации АЦП.

Режим эквивалентного времени "Equivalent time" следует использовать для захвата быстро меняющихся сигналов, частотные составляющие которых могут значительно превышать частоту дискретизации АЦП.
3. Выбрать режим децимации "Decimation Mode" – например, пиковое детектирование "Peak detect".

Выбранный режим определяет поведение осциллографа при захвате большего количества отсчетов, чем может быть сохранено в его памяти.
4. Выбрать используемые математические операции "Wavef. Arithmetic" – например, усреднение "Average" или выделение огибающей "Envelope".

Выбор определяет способ формирования результирующей осциллограммы из нескольких последовательных выборок сигнала.
5. Если для осциллограммы выбрана функция "Average", необходимо ввести количество усреднений "Number of Averages", т.е. количество осциллограмм, используемых для расчета среднего значения.
6. Выбрать частоту обновления осциллограммы "Waveform Rate".

#### 4.2.4 Запуск и остановка сбора данных

Управлять сбором данных можно двумя способами:

- Запустить непрерывный сбор данных до момента его остановки вручную.
- Запустить один цикл сбора данных или заданное количество циклов.

Предварительные условия:

- Пробники подсоединены к прибору.
- Настроены параметры отображения по вертикали и горизонтали.
- Настроены параметры запуска развертки.
- Каналы, с которых производится сбор данных, включены.

##### Для запуска и остановки непрерывного сбора данных

1. Убедиться, что выбран режим запуска "Normal". Режим запуска показан в верхней панели информации.  
Если это не так, нажать клавишу MODE на передней панели для переключения на соответствующую настройку.
2. Нажать клавишу RUN CONT для запуска процедуры сбора данных.  
Сбор данных начнется после возникновения события запуска.
3. Для остановки сбора данных снова нажать клавишу RUN CONT.  
Сбор данных будет мгновенно остановлен.

##### Для получения ограниченного количества циклов сбора данных

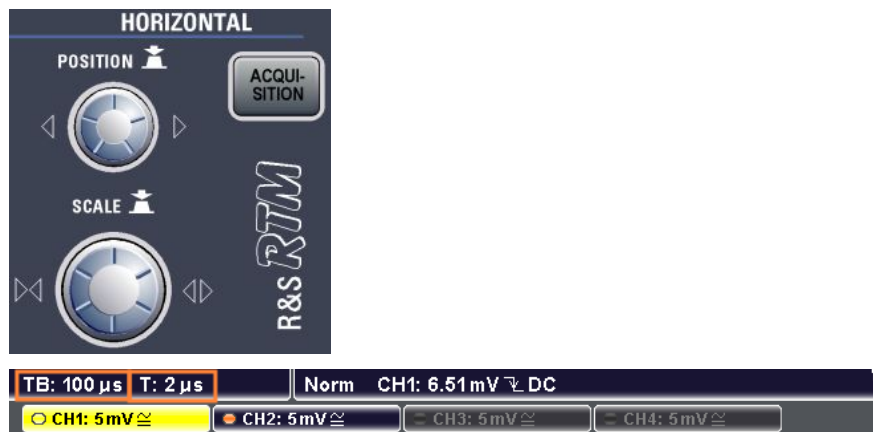
1. Нажать функциональную клавишу ACQUISITION функционального блока HORIZONTAL.
2. Выбрать параметр "No. of Averages" ("Nx Single") и ввести количество циклов сбора данных.
3. Нажать клавишу RUN N× SINGLE на передней панели.  
Повторным нажатием клавиши можно остановить выполняющийся сбор данных до момента его окончания.

### 4.3 Справочная информация о настройке осциллограмм

#### 4.3.1 Органы управления функционального блока HORIZONTAL

Настройки временной развертки служат для регулировки отображения по горизонтали. Для установки настроек используются поворотные ручки функционального блока HORIZONTAL.

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм



- POSITION
- SCALE

**POSITION** (положение)

Поворотная ручка изменяет значение смещения запуска. Смещение запуска – это горизонтальная позиция точки запуска относительно опорной точки (нулевой точки на оси времени). Таким образом, можно установить момент запуска даже за пределами диаграммы и провести анализ сигнала во времени до и после события запуска.

Опорная точка устанавливается параметром SETUP >"Time Reference".

Поворот ручки по часовой стрелке приводит к смещению точки запуска вправо. При пересечении нуля ручка фиксируется на установленном параметре, что упрощает установку нуля. Текущее значение момента запуска выводится в верхней панели информации под меткой "T". Нажатие ручки сбрасывает значение времени запуска на 0.

**Примечание** – В режиме масштабирования или в окне БПФ ручка также служит для регулировки других значений, выбранных с помощью ручки SCALE.

См. также раздел ["Time Reference"](#).

Команда ДУ:

[TIMebase:POStion](#)

**SCALE** (масштаб)

Поворотная ручка регулирует масштаб по горизонтали, т.е. временную развертку, для всех сигналов. Текущее значение масштаба выводится в верхней панели информации под меткой "TB". Поворот ручки по часовой стрелке приводит к растягиванию осциллограмм. При этом масштабное значение время/дел уменьшается.

В режиме масштабирования или в окне БПФ нажатие ручки вызывает переключение между настройками, а вращение ручки регулирует выбранное значение.

Команда ДУ:

[TIMebase:SCALe](#)

### 4.3.2 Параметры сбора данных

Клавиша ACQUISITION функционального блока HORIZONTAL открывает меню функциональных клавиш "Acquisition" (Сбор данных), в котором может быть выбран режим сбора данных. Режимы сбора данных управляют обработкой данных, т.е. способом формирования осциллограммы по захваченным отсчетам АЦП. Текущий

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

режим сбора данных указывается в верхней панели информации во втором значении справа.



Настройки расположены в меню "Acquisition" (сбор данных) и в меню "Acquisition Control" (управление сбором данных).

#### 4.3.2.1 Меню Acquisition

Доступ: клавиша ACQUISITION.



- Decimation Mode
- Wfm. Arithmetic
- No. of Averages
- Limit Freq
- Acquisition Control
- Sample Mode
- Interpolation
- Roll

##### Decimation Mode (режим децимации)

Децимация (прореживание) уменьшает поток данных от АЦП до потока точек осциллограммы с более низкой частотой дискретизации и менее точным временным разрешением в случае, когда осциллограф захватывает больше отсчетов, чем может храниться в сигнальной памяти.

"Sample" Осциллограф захватывает входные данные с частотой дискретизации, отрегулированной по времени (масштабу по горизонтали) и объему памяти. Обычно в таком режиме сбора данных большинство сигналов отображаются оптимальным образом (при условии, что все условия запуска выполняются).

"Peak Detect" В виде точек осциллограммы регистрируются минимум и максимум из  $n$  отсчетов на интервале дискретизации, остальные отсчеты отбрасываются. Таким образом могут быть обнаружены пики быстро меняющегося сигнала (при настройке временной развертки на работу с медленно меняющимися сигналами), которые были бы упущены в других режимах сбора данных.

"High Resolution" В виде точки осциллограммы регистрируется среднее значение из  $n$  захваченных отсчетов. Усреднение снижает уровень шума, за счет чего достигается точное представление сигнала с высоким разрешением по вертикали. Итоговое разрешение индицируется в верхнем правом углу окна.

Команда ДУ:

CHANnel<m>:TYPE

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

**Wfm. Arithmetic** (арифметические операции над осциллограммами)

Арифметические операции над осциллограммами служат для формирования расчетной осциллограммы из нескольких последовательных циклов сбора сигнальных данных (огибающая или среднее) или из результатов других операций с захваченными данными. Арифметические операции действуют для всех режимов дискретизации и децимации.

"Off"	Арифметических операций над осциллограммами не выполняется.
"Envelope"	В дополнение к обычным отсчетам сигнала производится сохранение минимального и максимального значений. На результирующей диаграмме показываются две осциллограммы огибающих: осциллограмма минимумов (нижняя) и максимумов (верхняя). Они отображают границы, в которых происходят изменения сигнала. Огибающая обновляется с каждым новым циклом сбора данных и сбрасывается при каждом изменении параметров осциллограммы.
"Average"	Среднее значение вычисляется по данным текущего цикла сбора данных и ряда предыдущих циклов. Данный метод снижает уровень случайных помех и других гетеродинных сигналов. Для правильного функционирования метода необходим стабильный, запускаемый и повторяющийся сигнал. Количество циклов сбора данных, используемых для расчета среднего значения, задается параметром <b>No. of Averages</b> . Итоговое разрешение индицируется в верхнем правом углу окна.
"Smooth"	В режиме сглаживания осуществляется вычисление и отображение среднего значения нескольких соседних отсчетов. Результатом является сглаженная осциллограмма. При этом вычисляется скользящее среднее значение, в котором используется полный набор данных и которое может применяться к непериодическим сигналам. Функция действует как фильтр нижних частот, увеличивая разрешение по вертикали за счет уменьшения полосы пропускания.
"Filter"	В режиме фильтрации применяется фильтр нижних частот с ослаблением -3 дБ на настраиваемой параметром "Limit Freq." граничной частоте. Фильтрация подавляет высокие частоты, содержащиеся в канальных сигналах.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:ARITHmetics`

**No. of Averages** (количество усреднений)

Определение количества осциллограмм, используемых для расчета усредненной осциллограммы в режиме усреднения "Wfm.Arithmetic" = "Average". Для ввода доступны только числа, являющиеся степенью 2 ( $2^n$ ). Чем выше значение, тем заметней снижение уровня шума.

Команда ДУ:

`ACQuire:AVERage:COUNT`

**Limit Freq.** (граничная частота)

Установка граничной частоты (частоты среза) фильтра в режиме фильтрации "Wfm. Arithmetic" = "Filter". На данной частоте ФНЧ имеет ослабление -3 дБ.

Команда ДУ:

`ACQuire:FILTer:FREQuency`

**Acquisition Control** (управление сбором данных)

Открытие меню "Acquisition Control" (управление сбором данных) для установки частоты обновления осциллограмм.

Если установлена опция R&S RTM-K15 в данном меню задаются параметры сегментации.



## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

См. также:

- [глава 4.3.2.2 "Меню Acquisition Control"](#)
- [глава 4.4.2 "Настройки сегментации"](#)

### Sample Mode (режим дискретизации)

Выбранный режим дискретизации определяет способ формирования осциллограммы по отсчетным значениям, захваченным АЦП.

Данная настройка доступна только для приборов с полосой пропускания до 1 ГГц. Приборы с полосой пропускания 1 ГГц поддерживают только дискретизацию в реальном масштабе времени.

"Real Time" При настройке временной развертки на работу с медленно меняющимися сигналами осциллограф захватывает достаточное количество отсчетов для создания точной осциллограммы, так что для формирования осциллограммы используются непосредственно отсчетные значения входного сигнала.  
При настройке временной развертки на работу с быстро меняющимися сигналами частота дискретизации становится выше частоты дискретизации АЦП. К отсчетам АЦП добавляются отсчеты, полученные путем интерполяции.  
См. также раздел "[Interpolation](#)" далее.  
Режим реального времени используется для захвата быстро меняющихся, неповторяющихся, переходных сигналов.

"Equivalent Time" Режим случайной эквивалентной временной дискретизации: данный метод используется для повторяющихся, стабильных сигналов. Он используется для захвата быстро меняющихся сигналов с частотными составляющими, превышающими частоту дискретизации АЦП. Точки осциллограммы берутся из нескольких циклов сбора данных в различные моменты времени относительно момента запуска. Разность во времени между отсчетами и моментом запуска случайна. Затем все полученные отсчетные значения собираются вместе для формирования общей осциллограммы.

Команда ДУ:

[ACquire:MODE](#)

### Interpolation (интерполяция)

Выбор метода интерполяции, если в режиме дискретизации реального времени возникает необходимость интерполяции.

"Sin (x)/x" Два соседних отсчета АЦП соединяются кривой  $\sin(x)/x$ , примыкающие отсчеты также соединяются с такими кривыми. Интерполированные точки размещаются на результирующей кривой. Данный метод интерполяции является очень точным и позволяет получить наилучшую сигнальную кривую.

"Linear" Два соседних отсчета АЦП соединяются прямой линией, точки интерполяции размещаются на этой линии. На экране будет видна полигональная осциллограмма, похожая на реальный сигнал, а также отсчеты АЦП в точках сочленений.

"Sample & Hold" Отсчеты АЦП отображаются в виде гистограммы. Для каждого интервала дискретизации напряжение берется из отсчета и рассматривается как постоянная величина, а интервалы соединяются вертикальными линиями. В результате, можно наблюдать дискретные значения АЦП.

Команда ДУ:

[ACquire:INTerpolate](#)



## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

**Roll** (режим развертывания)

Включение режима развертывания.

В режиме развертывания захваченные входные данные перемещаются на экране справа налево. Осциллограмма выводится на экран сразу же, без ожидания завершения формирования полной сигнальной записи. В режиме развертывания отображается несинхронизированный сигнал. Данный режим рекомендуется использовать для медленно меняющихся, неповторяющихся сигналов с частотой 200 кГц и менее.

В режиме развертывания обеспечивается следующая функциональность:

- Быстрые измерения
- XY-диаграмма
- В режиме остановки:
  - БПФ
  - Масштабирование
  - Экспорт осциллограмм

Режим развертывания имеет следующие ограничения:

- функция RUN N× SINGLE захватывает сигнал до тех пор, пока не будет заполнен дисплей. Множество циклов сбора не поддерживается, "N× Single" = 1.
- сегментирование и архив не доступны
- функция "Wfm. Arithmetic" не доступна
- режимом дискретизации является только режим реального масштаба времени.
- последовательные и параллельные шины, анализ логических сигналов, измерения параметров электропитания и тестирование по маске не доступны.

Команда ДУ:

`TIMEbase:ROLL:ENABle`

#### 4.3.2.2 Меню Acquisition Control

Доступ: клавиша ACQUISITION > "Acquisition Control".



Если установлена опция R&S RTM-K15, в меню содержатся дополнительные настройки. См. главу 4.4.2 "Настройки сегментации".

- [Waveform Rate](#)
- [Record Length](#)
- [Nx Single](#)

#### **Waveform Rate** (частота обновления осциллограммы)

Параметр определяет режим установки частоты дискретизации (количество сохраняемых в памяти отсчетов в секунду) и скорости (частоты) сбора сигнальных данных (количество осциллограмм в секунду).

"Max. Wfm. Rate"

Частота дискретизации и объем памяти сочетаются таким образом, что прибор ведет захват с максимально возможной скоростью сбора сигнальных данных. В связке с функцией послесвечения данный режим позволяет отображать редкие аномалии сигнала.  
Примечание – В связи с небольшим объемом памяти могут

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

возникать эффекты ступенчатых искажений.

"Max. Sa. Rate" Захват сигнальных данных ведется с максимальной частотой дискретизации, используется весь объем памяти. В результате формируется осциллограмма с максимальным количеством сигнальных отсчетов, высокой степенью точности и малой вероятностью ступенчатых искажений. Однако при этом скорость сбора сигнальных данных невысока.

"Automatic" Стандартный режим: для наилучшего отображения осциллограммы выбирается оптимальное сочетание скорости сбора сигнальных данных и частоты дискретизации при использовании всего объема памяти (максимальная длина записи).

Команда ДУ:

`ACQUIRE:WRATE`

#### **Record Length** (длина записи)

Установка длины записи, количества регистрируемых точек сигнала, которые формируют осциллограмму за время захвата.

Команда ДУ:

`ACQUIRE:POINTS[:VALUE]`

#### **Nx Single** (количество циклов сбора данных)

Установка количества сигналов, захватываемых при нажатии клавиши RUN Nx SINGLE.

Команда ДУ:

`ACQUIRE:NSINGLE:COUNT`

### 4.3.3 Настройки системы вертикального отклонения

Для регулировки настроек системы вертикального отклонения используются клавиши и поворотные ручки функционального блока VERTICAL на передней панели, а также каналное меню функциональных клавиш.

#### 4.3.3.1 Органы управления функционального блока VERTICAL



Функция REF описана в [главе 7 "Опорные осциллограммы"](#).

Функция MATH описана в [главе 9 "Математические операции"](#).

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

- CH N
- SIGNAL OFF
- POSITION / OFFSET
  - L POSITION
  - L OFFSET
- SCALE, Y-Scale

**CH N** (канал №)

Клавиши каналов используются для включения и выбора аналоговых каналов, а также для открытия меню "Channel", в котором производится настройка отображения по вертикали. При включении каналов клавиши подсвечиваются цветами соответствующих им каналов.

Действие клавиш зависит от состояния канала:

- Если канал выключен: нажатие клавиши приводит к включению и выбору соответствующего клавише канала. Поворотные клавиши подсвечиваются цветом выбранного канала.
- Если канал включен: нажатие клавиши приводит к выбору канальной осциллограммы и открытию меню настройки вертикальных параметров.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:STATe`

**SIGNAL OFF** (выключить сигнал)

Клавиша выключает выбранный сигнал и выбирает следующую канальную, расчетную или опорную осциллограмму.

Клавиша, подсвеченная цветом выбранного сигнала, меняет цвет в соответствии с новым выбором.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:STATe`

**POSITION** (положение) / **OFFSET** (смещение)

Поворотная ручка служит для изменения положения (POSITION) или смещения (OFFSET) осциллограмм по вертикали. Ручка подсвечивается цветом выбранной осциллограммы. Нажатие ручки приводит к переключению изменяемого параметра. Регулируемый параметр и его значение выводятся во временной метке, обозначенной цветом канала.

**Примечание** – По умолчанию, ввод смещения осциллограммы отключен. Для включения смещения следует нажать функциональную клавишу "Offset" в меню "Channel".

**POSITION** (положение) ← **POSITION / OFFSET**

Параметр изменяет вертикальное положение выбранного канала, расчетной или опорной осциллограммы. Вращение поворотной ручки по часовой стрелке перемещает осциллограмму вверх. При пересечении нуля ручка фиксируется на установленном параметре, что упрощает установку нуля.

Команды ДУ:

`CHANnel<m>:POSition`

`CALCulate:MATH<m>:POSition`

`BUS<b>:POSition`

**OFFSET** (смещение) ← **POSITION / OFFSET**

Напряжение смещения вычитается для коррекции смещенного сигнала. Вертикальный центр выбранного канала смещается на величину смещения, а сигнал занимает другое положение в области диаграммы.

Смещение рекомендуется использовать для измерения переменных сигналов с небольшой амплитудой напряжения, которые накладываются на постоянные

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

сигналы большого уровня. В отличие от связи по переменному току, при установке смещения постоянная составляющая сигнала не теряется. Влияния на испытуемое устройство не оказывается. Смещение необходимо устанавливать вручную, его установка не включена в процедуру автоматической настройки параметров.

Вращение поворотной ручки по часовой стрелке перемещает осциллограмму вниз. При пересечении нуля ручка фиксируется на установленном параметре, что упрощает установку нуля.

Если к прибору подключен активный пробник, то предел смещения определяется данным пробником. Допустимые значения см. в технических данных пробника.

Команды ДУ:

CHANnel<m>:OFFSet

PROBe<m>:SETup:UOFFset

**SCALE** (масштаб), **Y-Scale** (масштаб по вертикали)

Поворотная ручка устанавливает вертикальный масштаб в вольтах на деление (В/дел) для изменения амплитуды выбранной осциллограммы. Для аналоговых каналов текущее значение масштаба отображается в метке осциллограммы над масштабной сеткой. Ручка подсвечивается цветом выбранной осциллограммы.

Поворот ручки SCALE по часовой стрелке приводит к растяжению осциллограммы. При этом значение масштаба V/div (В/дел) уменьшается. Нажатие ручки вызывает переключение между грубой и точной регулировкой масштаба.

Для числового ввода параметра следует нажать функциональную клавишу "Y-Scale", а затем использовать поворотную ручку NAVIGATION.

Команды ДУ:

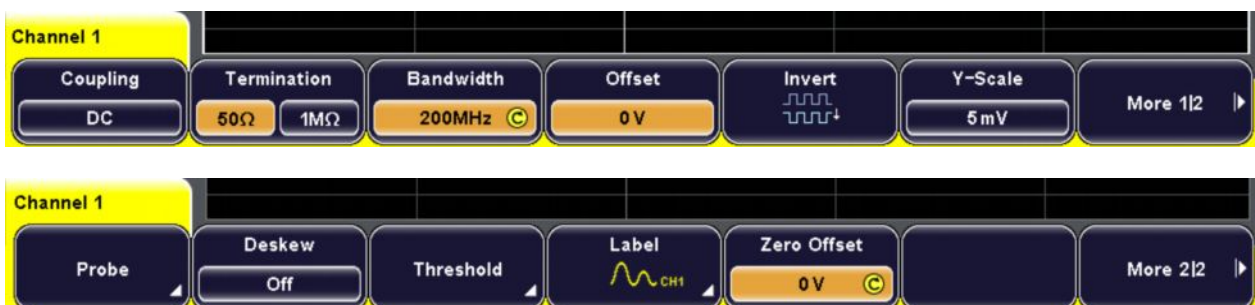
CHANnel<m>:SCALE

CALCulate:MATH<m>:SCALE

BUS<b>:DSIZE

#### 4.3.3.2 Меню Channel

Функциональные клавиши меню канала "Channel <n>" расположены на двух страницах меню. Для каждого канала – свое меню.



В метке канала показаны основные вертикальные настройки: масштаб по вертикали (на рисунке ниже для канала 1: 5 мВ/дел), связь по входу (по постоянному току), нагрузка (50 Ом) и полоса пропускания (ограничена). Метка активного канала подсвечивается соответствующим цветом канала (канал 1).



## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

- [Coupling](#)
- [Termination](#)
- [Bandwidth](#)
- [Offset](#)
- [Invert](#)
- [Y-Scale](#)
- [Probe](#)
- [Deskew](#)
- [Threshold](#)
- [Label](#)
- [Zero Offset](#)

**Coupling** (связь входа)

Выбор подсоединения входного сигнала. Текущее значение связи для каждого канала отображается в метке осциллограммы над масштабной сеткой.

"AC"	В тракт сигнала помещается 2-герцовый фильтр верхних частот, который удаляет постоянную составляющую из входного сигнала. Связь по переменному току обозначается символом "≈".
"DC"	Связь по постоянному току оставляет входной сигнал неизменным. Связь по постоянному току обозначается символом "≐".
"GND"	Фактическое подсоединение входа к земле. Все каналные данные устанавливаются в постоянное значение заземления. Заземление обозначается символом $\perp$ .

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:COUPling`

**Termination** (оконечная нагрузка)

Настройка входного импеданса прибора в соответствии с импедансом испытуемого устройства. Стандартное значение входного импеданса осциллографа 1 МОм. При использовании активного пробника значение нагрузки считывается из пробника – обычно оно составляет 50 Ом.

"50Ω"	В измерительных системах, рассчитанных на работу с волновым сопротивлением 50 Ом, отражения по пути прохождения сигнала минимизируются путем установки 50-омного входного сопротивления осциллографа. Тем самым повышается точность получаемых результатов измерения. В метке осциллограммы оконечная нагрузка 50 Ом указывается для каждого канала пиктограммой "Ω".
"1 MΩ"	Высокое входное сопротивление минимизирует влияние нагрузки на испытуемое устройство. Данное значение устанавливается автоматически при подключении пассивного пробника и не может быть изменено.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:COUPling`

**Bandwidth** (полоса пропускания)

Выбор предельной полосы пропускания. Выбор полной полосы (Full) указывает диапазон частот, который может быть захвачен и точно отображен прибором с ослаблением менее 3 дБ. Пробник также имеет ограниченную полосу пропускания и поэтому влияет на общую полосу пропускания системы.

См. также [главу 4.1.1.3 "Полоса пропускания"](#).

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

"Full"	<p>При выборе полной полосы захватываются и отображаются все частоты в указанном диапазоне. Для большинства приложений используется полная полоса.</p> <p><b>Примечание</b> – Приборы с полосой 1 ГГц: если выбрана оконечная нагрузка 50 Ом, доступна полная полоса 1 ГГц. Если оконечная нагрузка 1 МОм, полная полоса ограничена значением 500 МГц.</p>
"400 MHz, 200MHz, 20MHz"	<p>Предел по частоте. Частоты выше выбранного предела удаляются из сигнала для снижения шума на различных уровнях. Указанные пределы индицируются в метке осциллограммы с помощью пиктограммы "BW".</p> <p>Доступные значения зависят от полосы пропускания прибора.</p>

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:BANDwidth`

#### **Offset** (смещение)

См. описание функции "**OFFSET**" в главе 4.3.3.1.

#### **Invert** (инвертирование)

Включение или выключение инвертирования амплитуды сигнала. Инвертирование означает отражение значений напряжения всех составляющих сигнала относительно уровня "земли". Инвертирование действует только на отображение сигнала и не влияет на условия синхронизации. Например, если осциллограф синхронизирован по нарастающему фронту, то при инвертировании условие запуска развертки не изменится, но нарастающий в действительности фронт будет отображаться как спадающий фронт.

Режим инвертирования индицируется в метке осциллограммы с помощью линии над названием канала.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:POLarity`

#### **Y-Scale** (масштаб по вертикали)

См. описание функции "**SCALE, Y-Scale**" в главе 4.3.3.1

#### **Probe** (пробник)

Открытие меню для работы с пробниками "Probe". Меню для активных и пассивных пробников различается.

- [глава 4.3.3.3 "Меню Probe \(для пассивных пробников\)"](#)
- [глава 4.3.3.4 "Меню Probe \(для активных пробников\)"](#)

#### **Deskew** (компенсация сдвига по фазе)

Параметр сдвига компенсирует временное различие между каналами в распространении сигналов, вызванное разной длиной кабелей, пробниками и другими причинами. Установка правильных значений сдвига особенно важна для точности синхронизации (запуска развертки).

Сигналы, распространяющиеся по линиям с различными длинами, характеризуются различными задержками распространения. При измерении быстро меняющихся сигналов такое различие может привести к несинхронному отображению осциллограммы. Например, коаксиальный кабель длиной один метр имеет задержку распространения около 5,3 нс.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:SKEW`

**Threshold** (порог)

Доступ: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold"

Пороговое значение для оцифровки аналоговых сигналов. Если значение сигнала выше порога, состояние сигнала принимается за высокое ("1" или истина в булевой логике). В противном случае, если значение сигнала ниже порога, состояние сигнала считается низким ("0" или ложь).

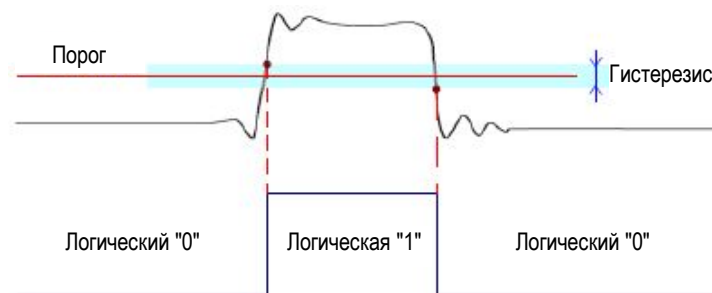


Имеется возможность:

- Выбрать одно из стандартных значений TTL (1,4 В), ECL (-1,3 В) или CMOS (2,5 В)
- Установить пользовательское значение порога "User"
- Позволить прибору проанализировать сигнал и обнаружить подходящий пороговый уровень.

Пороговое значение будет применяться к выбранному каналу.

Чтобы избежать изменения состояния сигнала из-за шума, задайте гистерезис. Если сигнал "дрожит" в установленном диапазоне и при этом пересекает порог, переключения состояния не происходит.



Команды ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold`

`CHANnel<m>:THReshold:HYSTeresis`

**Label** (метка)

Открытие меню "Label", для задания дополнительной метки названия выбранной осциллограммы.

См. главу 4.3.3.5 "Меню Label"

**Zero Offset** (смещение нуля)

Разница в уровнях земли ИУ и осциллографа может вызвать серьезные погрешности нуля, что повлияет на осциллограмму. Если ИУ привязано к уровню земли, параметр "Zero Offset" исправляет погрешность нуля и устанавливает нулевой уровень пробника.

Погрешность нуля можно оценить путем измерения среднего значения сигнала, которое должно возвращать нулевое значение.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:ZOFFset[:VALue]`

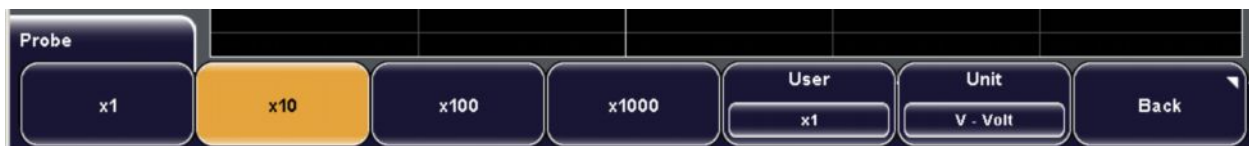
**4.3.3.3 Меню Probe (для пассивных пробников)**

В меню "Probe" для пассивных пробников устанавливается ослабление пробника для выбранного канала. Если пробник известен прибору, то коэффициент ослабления устанавливается автоматически. Для неизвестных пробников можно выбрать стандартный коэффициент ослабления или ввести его пользовательское значение.



## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

Доступ: CH N > "More > Probe"



#### x1, x10, x100, x1000: коэффициенты ослабления

Клавиши служат для выбора стандартных коэффициентов ослабления для подсоединенного пробника. Масштабные значения по вертикали, а также измеренные значения умножаются на заданный коэффициент, так что отображаемые значения эквивалентны неразделенным измеренным значениям сигнала.

Для установки произвольного коэффициента ослабления следует нажать функциональную клавишу "User".

#### User: задаваемый пользователем коэффициент ослабления

Пользователь может ввести произвольный коэффициент ослабления в диапазоне от x0,001 до x1000. Масштабные значения по вертикали, а также измеренные значения умножаются на заданный коэффициент, так что отображаемые значения эквивалентны неразделенным измеренным значениям сигнала.

Команда ДУ:

`PROBe<m>:SETup:ATTenuation:MANual`

#### Unit (единицы измерения)

Выбор единиц измерения пробника:

- V – для измерения напряжения
- A – для измерения тока

Команда ДУ:

`PROBe<m>:SETup:ATTenuation:UNIT`

#### 4.3.3.4 Меню Probe (для активных пробников)

Активные пробники с интерфейсом (головкой) пробников R&S обнаруживаются осциллографом R&S RTM.

Прибор считывает параметры конкретного пробника, например, полосу пропускания, оконечную нагрузку и ослабление. Эти параметры не требуют какой-либо подстройки.

Другие параметры, например, значение смещения для выбранного канала, действие микрокнопки и прочие настройки пробника задаются в меню для активных пробников.

Доступ: CH N > "More > Probe".

В меню отображаются настройки для распознанного пробника.

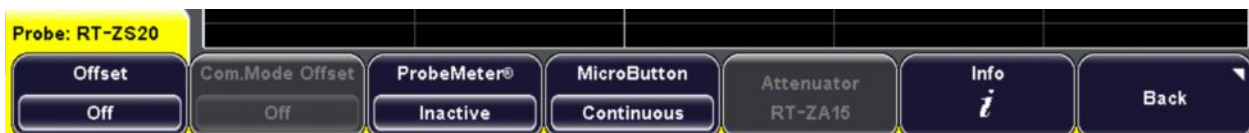


Рисунок 4-3 – Меню Probe для несимметричного пробника R&S RT-ZS30



## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм



Рисунок 4-4 – Меню Probe для дифференциального пробника R&amp;S RT-ZD10

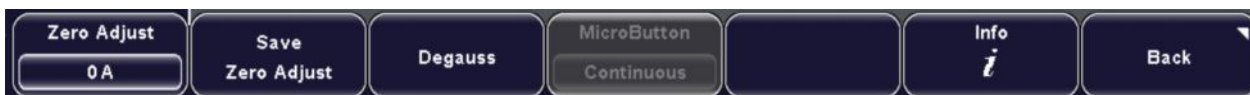


Рисунок 4-5 – Меню Probe для токового пробника R&amp;S RT-ZC20B

**Offset** (смещение)

См. описание функции "OFFSET" в главе 4.3.3.1.

**ProbeMeter** (функция вольтметра)

Включение встроенного приложения R&S ProbeMeter активных пробников компании R&S и выбор типа пробника. Данное приложение выполняет функцию вольтметра и измеряет постоянные напряжения между наконечником пробника и контактом заземления с очень высокой точностью позволяет измерять напряжения относительно земли. Измерение постоянного напряжения производится непрерывно и параллельно измерениям в осциллографе. Если приложение включено, напряжение смещения, измеренное на наконечнике пробника, отображается в цветной метке под меткой канала.



"Inactive" Приложение ProbeMeter отключено.

"Single Ended" Приложение ProbeMeter для активного несимметричного пробника включено.

## Команды ДУ:

`PROBe<m>:SETup:OFFSwitch`

`PROBe<m>:SETup:DCOffset?`

**Micro Button** (микрокнопка)

Активные пробники компании R&S оснащены настраиваемой микрокнопкой на головной части пробника. Нажатием этой кнопки можно выполнить действие на стороне прибора прямо с пробника. На время выполнения внутренних автоматических процедур кнопка отключается, например, на время саморегулировки, автонастройки и обнаружения уровня.

Следует выбрать действие, которое должно выполняться с пробника.

"Continuous" Нажатие микрокнопки запускает непрерывный сбор данных аналогично клавише RUN. Сбор данных продолжается до повторного нажатия микрокнопки.

"Single" Запуск одного цикла сбора данных.

"Autoset" Запуск процедуры автонастройки.

"None" Выбор данной функции предотвращает нежелательное выполнение действий в случае непреднамеренного нажатия микрокнопки.

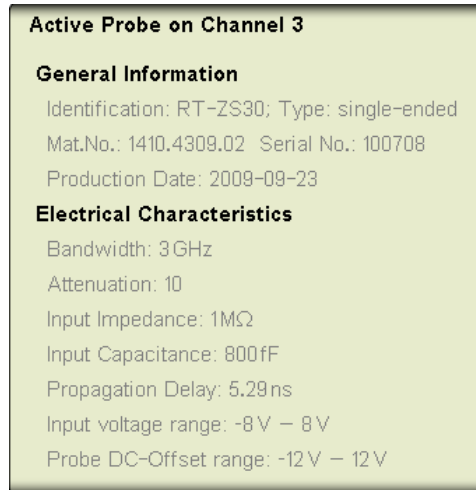
## Команда ДУ:

`PROBe<m>:SETup:MODE`

## Справочная информация о сборе данных и настройке осциллограмм

**Info** (информация)

Отображение общей информации о подключенном пробнике (например, тип, серийный номер, дата изготовления, а также такие электрические характеристики как полоса пропускания, ослабление, входная емкость и импеданс, смещение по постоянному току).

**Com. Mode Offset** (смещение в синфазном режиме)

Установка смещения в синфазном режиме для компенсации общего постоянного напряжения, подаваемого на оба входных разъема (относительно разъема земли). Это особенно полезно для измерений дифференциальных сигналов высоких уровней в синфазном режиме, например, для измерений тока с помощью шунтирующего резистора. Входное напряжение в синфазном режиме можно измерять с помощью вольтметра R&S ProbeMeter.

Настройка доступна только для дифференциальных пробников Rohde&Schwarz.

Команда ДУ:

`PROBe<m>:SETup:CMOffset`

**Attenuator** (аттенюатор)

При использовании внешнего аттенюатора R&S RT-ZA15 вместе с активными дифференциальными пробниками R&S RT-ZD10/20/30 включите аттенюатор "Attenuator", чтобы учитывать при измерениях внешнее ослабление.

Команда ДУ:

`PROBe<m>:SETup:ZAXV`

**Zero adjust** (регулировка нуля)

Установка осциллограммы в нулевое положение. После выполнения размагничивания пробника всегда проводите процедуру регулировки нуля.

Данная настройка доступна только для токовых пробников R&S RT-ZCxxB.

**Save Zero Adjust** (сохранить установку нуля)

Сохраняет значение нуля "Zero adjust" в пробнике. Если подсоединить пробник к другому каналу или другому осциллографу R&S RTx, это значение будет считано.

Данная настройка доступна только для токовых пробников R&S RT-ZCxxB.

**Degauss** (размагничивание)

Размагничивание сердечника, если он был намагничен при включении и выключении питания или из-за избыточной входной нагрузки. Всегда выполняйте размагничивание перед проведением измерений. Процесс размагничивания занимает около одной секунды. Во время размагничивания на выходе присутствует осциллограмма размагничивания.

Данная настройка доступна только для токовых пробников R&S RT-ZCxxB.

**4.3.3.5 Меню Label**

Доступ: CH N > "More > Label"

В меню "Label" можно задать дополнительную метку названия для выбранной осциллограммы.

**Label** (метка)

Отображение или скрытие названия канала. Метка названия для канала отображается в центре у правого края экрана.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:LABel:STATe`

**Library** (библиотека)

Выбор предварительно заданного текста метки и его присвоение. Текст может редактироваться с помощью функции "Edit Label".

**Edit Label** (редактировать метку)

Открытие экранной клавиатуры для ввода текста метки. Если ранее текст уже выбирался из библиотеки, то он будет присутствовать в строке ввода, подготовленный для редактирования.

Максимальная длина названия составляет 8 символов, при этом могут использоваться только символы ASCII, доступные на экранной клавиатуре.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:LABel`

**4.4 Архив и сегментированная память (опция R&S RTMK15)**

Опция архива и сегментированной памяти R&S RTM-K15 обеспечивает доступ к полученным ранее осциллограммам и позволяет пользователю просматривать сигнальные последовательности для установления причин возникновения ошибок в сигнале. Использование этой опции позволяет проводить анализ сигналов, входящих в состав небольших пакетов при длительных периодах бездействия шины и возникающих при передаче пакетов по последовательным шинам, а также радиолокационных и лазерных импульсов. Применение сегментированной памяти позволяет сохранять осциллограммы и просматривать содержимое архива для анализа сохраненных осциллограмм. Кроме того, опция поддерживает режим ультрасегментации, позволяющий снизить время простоя на этапе сбора данных.

#### 4.4.1 Сегментированная память

При запущенной процедуре сбора данных прибор сохраняет полученные данные в память, выполняет обработку данных и отображает осциллограмму. Сегментированная память позволяет хранить не только данные отображаемой осциллограммы, но и данные осциллограмм, которые были получены ранее. Каждая сохраненная осциллограмма называется сегментом. Длина записи сегментов может быть задана пользователем. Количество сегментов определяется значением длины записи. Чем меньше длина записи, тем больше сегментов может быть сохранено.

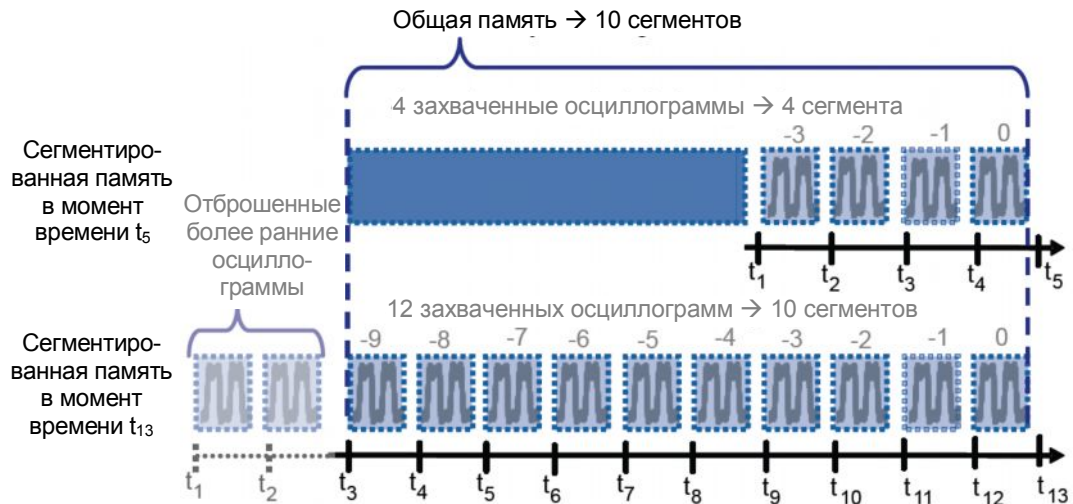


Рисунок 4-6 – Сегментированная память. В этом примере в памяти может быть сохранено 10 осциллограмм (сегментов).

Каждому сегменту присваивается временная метка для указания момента возникновения события. Значения временных меток относительны, нулевой временной меткой является конец последнего сегмента.

Функция архива позволяет получить доступ к сохраненным сегментам для их отображения. При запуске новой процедуры сбора данных память очищается и перезаписывается.

#### Архив

Функция архива всегда активна. При нажатии клавиши HISTORY останавливается сбор данных и открывается программа просмотра содержимого архива для отображения сохраненных в памяти сегментов осциллограммы. Поддерживается отображение всей последовательности сегментов, сегментов в рамках выбранного диапазона или отдельного сегмента.

Программа просмотра содержимого архива позволяет отобразить сегменты текущих активных каналов. Поддерживается возможность одновременного захвата данных нескольких каналов и их отдельного отображения с помощью программы просмотра.

Работа с архивными осциллограммами ничем не отличается от работы с осциллограммой последнего цикла сбора данных. При этом доступны все инструменты измерения и анализа прибора R&S RTM: масштабирование, курсорные измерения, быстрые и автоматические измерения, создание расчетных осциллограмм, тестирование по маске, декодирование данных последовательных протоколов, функции анализа смешанных сигналов и т.д.

Архивные данные могут быть сохранены в файл: FILE > "Waveforms". Для сохранения могут быть выбраны все сегменты или последовательность сегментов в рамках указанного диапазона.

### Режим ультрасегментации

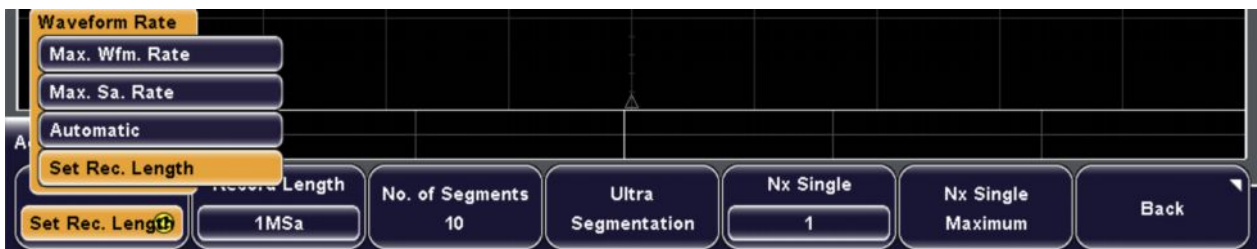
В ходе обычной процедуры сбора данных лишь малая часть цикла сбора данных отводится на взятие отчетов; основную часть времени занимают обработка и отображение. Время, затрачиваемое на обработку и отображение, называется временем простоя и является причиной наличия промежутков в записанном сигнале. Для обычных процедур сбора данных высока вероятность пропуска кратковременных и редко возникающих событий, попадающих на время простоя.

Для уменьшения времени простоя и, как следствие, снижения вероятности пропуска событий используется режим ультрасегментации.

В режиме ультрасегментации происходит очень быстрый захват данных с крайне незначительным временем простоя между выборками. По завершении захвата всех сегментов выполняется обработка данных, и отображается последняя осциллограмма. Программа просмотра содержимого архива позволяет просматривать и анализировать все сохраненные сегменты осциллограммы.

## 4.4.2 Настройки сегментирования

Доступ: ACQUISITION > "Acquisition Control"



- [Waveform Rate](#)
- [Record Length](#)
- [No. of Segments](#)
- [Ultra Segmentation](#)
- [Nx Single](#)
- [Nx Single Maximum](#)

#### Waveform Rate (частота обновления осциллограммы)

В дополнение к основным настройкам опция R&S RTM-K15 обеспечивает возможность задания длины записи сегментов с помощью функции "Set Rec. Length".

Прибор выполняет захват сигналов при значении частоты дискретизации, которое соответствует длине записи, заданной пользователем в "Record Length".

Информация об основных настройках частоты обновления осциллограммы приведена в подразделе "[Waveform Rate](#)" в главе 4.3.2.2.

Команда ДУ:

[ACQuire:WRATe](#)

#### Record Length (длина записи)

Значение может быть задано, если для "Waveform Rate" выбран пункт "Set Rec. Length". Параметр задает количество записанных точек осциллограммы в сегменте.

Команда ДУ:

[ACQuire:POINTs\[:VALue\]](#)

## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

**No. of Segments** (количество сегментов)

Отображение количества доступных сегментов в памяти. Это максимальное количество сегментов, которые могут быть захвачены при текущих параметрах конфигурации.

Команда ДУ:

`ACQuire:COUnT?`

**Ultra Segmentation** (ультрасегментация)

Включение режима ультрасегментации, в котором выполняется высокоскоростной сбор данных без обработки и отображения осциллограмм. При остановке цикла сбора данных выполняется обработка данных, и отображается последняя осциллограмма, при этом более ранние сегменты сохраняются в сегментированной памяти. Для отображения и анализа сегментов нажмите клавишу HISTORY.

Команда ДУ:

`ACQuire:SEGMENTed:STATe`

**Nx Single** (количество циклов сбора данных)

См. подраздел "[Nx Single](#)" в главе 4.3.2.2.

**Nx Single Maximum** (макс. количество циклов сбора данных)

Задание параметра "Nx Single" на значение, равное количеству доступных сегментов. Таким образом, все сегменты памяти захватываются в цикле сбора данных RUN Nx SINGLE.

Команда ДУ:

`ACQuire:NSINgle:MAXimum`

#### 4.4.3 Программа просмотра содержимого архива

Доступ: клавиша HISTORY

Нажатие клавиши HISTORY останавливает запущенную процедуру сбора данных и открывает программу просмотра содержимого архива.

Сохраненные сегменты могут быть отображены следующим образом:

- один отдельный сегмент: выберите "Current Acquisition" (текущая выборка)
- все сегменты: выберите "Play All" (воспроизвести все) и нажмите "Play" (воспроизвести)
- последовательность сегментов в указанном диапазоне: задайте "Start Acquisition" (начальная выборка) и "Stop Acquisition" (конечная выборка) и нажмите "Play" (воспроизвести).



- [Current Acquisition](#)
- [Acquisition Table](#)  
L Save

## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

- Play | Stop
- Play All
- Range
  - └ Start Acquisition / Stop Acquisition
- Speed
- Repeat

**Current Acquisition** (текущая выборка)

Выбор отдельного сегмента архива в памяти для отображения или сохранения. Самый новый сегмент с собранными данными всегда имеет индекс "0". Более ранние сегменты имеют отрицательные индексы. При воспроизведении содержимого архива в этом поле показывается индекс текущего отображаемого сегмента.

Команда ДУ:

```
CHANnel<m>:HISTory:CURRent
CALCulate:MATH<m>:HISTory:CURRent
DIGital<m>:HISTory:CURRent
SPECTrum:HISTory:CURRent
BUS<b>:HISTory:CURRent
```

**Acquisition Table** (таблица собранных данных)

В таблице с собранными данными приводятся индексы полученных сегментов наряду с их временными метками. Во временных метках содержится информация об относительном времени – времени до конца последнего сегмента – и времени до предыдущего сегмента.

Текущий отображаемый сегмент выделяется, а его абсолютное значение времени приводится внизу таблицы. С помощью поворотной ручки NAVIGATION пользователь может перемещаться по сегментам архива.

Acquisition Table: -1 to -7 of 26

Date: 2015-03-25 13:52:56

No.	Relative Time [s]	Time to previous [s]
-1	-16.943 603 2 m	16.943 603 2 m
-2	-33.887 206 4 m	16.943 606 4 m
-3	-50.830 812 8 m	16.943 603 2 m
-4	-67.774 416 0 m	16.943 603 2 m
-5	-84.718 019 2 m	16.943 603 2 m
-6	-101.661 622 4 m	16.943 603 2 m
-7	-118.605 225 6 m	16.943 603 2 m

2015-03-25 13:52:55 932.225 584 ms

History

Cur. Acquisition -4

Acquisition Table

Save



Для сохранения таблицы с собранными данными нажмите кнопку "Save".

Команды ДУ:

Канальные осциллограммы:

```
BUS<b>:HISTory:TSABsolute:ALL?  
BUS<b>:HISTory:TSRelative:ALL?  
BUS<b>:HISTory:TSDate:ALL?  
CHANnel<m>:HISTory:TSABsolute?  
CHANnel<m>:HISTory:TSRelative?  
CHANnel<m>:HISTory:TSDate?
```

Расчетные осциллограммы:

```
CALCulate:MATH<m>:HISTory:TSABsolute:ALL?  
CALCulate:MATH<m>:HISTory:TSRelative:ALL?  
CALCulate:MATH<m>:HISTory:TSDate:ALL?  
CALCulate:MATH<m>:HISTory:TSABsolute?  
CALCulate:MATH<m>:HISTory:TSRelative?  
CALCulate:MATH<m>:HISTory:TSDate?
```

Цифровые каналы:

```
DIGital<m>:HISTory:TSABsolute:ALL?  
DIGital<m>:HISTory:TSRelative:ALL?  
DIGital<m>:HISTory:TSDate:ALL?  
DIGital<m>:HISTory:TSABsolute?  
DIGital<m>:HISTory:TSRelative?  
DIGital<m>:HISTory:TSDate?
```

Шины:

```
BUS<b>:HISTory:TSABsolute:ALL?  
BUS<b>:HISTory:TSRelative:ALL?  
BUS<b>:HISTory:TSDate:ALL?  
BUS<b>:HISTory:TSABsolute?  
BUS<b>:HISTory:TSRelative?  
BUS<b>:HISTory:TSDate?
```

Анализ спектра:

```
SPECTrum:HISTory:TSABsolute:ALL?  
SPECTrum:HISTory:TSRelative:ALL?  
SPECTrum:HISTory:TSDate:ALL?  
SPECTrum:HISTory:TSABsolute?  
SPECTrum:HISTory:TSDate?  
SPECTrum:HISTory:TSRelative?
```

**Save (сохранить)← Acquisition Table**

Сохранение таблицы с собранными данными в файл CSV. В файле содержатся все временные метки: относительное время, время до предыдущего сегмента и абсолютное время.



## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

, "Date", "Time"
Start of Acquisition, "2015-04-14", "13:18:17"
Last Acquisition, "2015-04-14", "13:17:39"
Acquisitions, "60"
Number, "Relative Time", "Time to previous", "Date", "Time"
0, -0.0000000000000000E+00, 1.6000039360000000E-01, "2015-04-14", "13:17:39", 0.0000000000E+00
-1, -1.6000039360000000E-01, 1.6000039360000000E-01, "2015-04-14", "13:17:38", 8.3999960640E-01
-2, -3.2000078720000000E-01, 1.6000039360000000E-01, "2015-04-14", "13:17:38", 6.7999921280E-01
-3, -4.8000118080000000E-01, 1.6000039360000000E-01, "2015-04-14", "13:17:38", 5.1999881920E-01
-4, -6.4000157440000001E-01, 1.6000039360000000E-01, "2015-04-14", "13:17:38", 3.5999842560E-01

Для сохранения сегментов осциллограммы воспользуйтесь меню FILE > "Waveforms", см. главу 4.4.4 "Экспорт сегментов архива".

Команды ДУ:

EXPort:ATABle:NAME  
 EXPort:ATABle:SAVE  
 SPEctrum:HISTory:EXPort:NAME  
 SPEctrum:HISTory:EXPort:SAVE

**Play** (воспроизвести) | **Stop** (остановить)

Запуск и остановка воспроизведения сегментов архива.

Команды ДУ:

CHANnel<m>:HISTory:PLAYer:STATe  
 CALCulate:MATH<m>:HISTory:PLAYer:STATe  
 DIGital<m>:HISTory:PLAYer:STATe  
 SPEctrum:HISTory:PLAYer:STATe  
 BUS<b>:HISTory:PLAYer:STATe

**Play All** (воспроизвести все)

Воспроизведение всех собранных сегментов.

Кроме того, можно воспроизвести последовательность сегментов в указанном диапазоне путем задания значений "Start Acquisition / Stop Acquisition".

Команда ДУ:

CHANnel<m>:HISTory:PALL  
 CALCulate:MATH<m>:HISTory:PALL  
 DIGital<m>:HISTory:PALL  
 SPEctrum:HISTory:PALL  
 BUS<b>:HISTory:PALL

**Range** (диапазон)

В меню "Range" может быть задан диапазон для отображения собранных сегментов в программе просмотра содержимого архива.

**Start Acquisition** (начальная выборка) / **Stop Acquisition** (конеч.выборка) ← **Range**

Для отображения собранных сегментов в заданном диапазоне укажите индекс первого и последнего сегментов архива, которые должны быть показаны. Самый новый сегмент всегда имеет индекс "0". Более ранние сегменты имеют отрицательные индексы. Количество доступных сегментов показано на кнопке "Play all".

## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

Все собранные сегменты также можно воспроизвести нажатием кнопки "Play All".

Команды ДУ:

```
CHANnel<m>:HISTory:START
CHANnel<m>:HISTory:STOP
CALCulate:MATH<m>:HISTory:START
CALCulate:MATH<m>:HISTory:STOP
DIGital<m>:HISTory:START
DIGital<m>:HISTory:STOP
SPECTrum:HISTory:START
SPECTrum:HISTory:STOP
BUS<b>:HISTory:START
BUS<b>:HISTory:STOP
```

**Speed** (скорость)

Задание скорости воспроизведения содержимого архива: slow (медленно), medium (средне), fast (быстро) или automatic (автоматически).

Команды ДУ:

```
CHANnel<m>:HISTory:PLAYer:SPEEd
CALCulate:MATH<m>:HISTory:PLAYer:SPEEd
DIGital<m>:HISTory:PLAYer:SPEEd
SPECTrum:HISTory:PLAYer:SPEEd
BUS<b>:HISTory:PLAYer:SPEEd
```

**Repeat** (повтор)

При выборе этой функции воспроизведение выбранных сегментов архива повторяется автоматически.

Команды ДУ:

```
CHANnel<m>:HISTory:REPLay
CALCulate:MATH<m>:HISTory:REPLay
DIGital<m>:HISTory:REPLay
SPECTrum:HISTory:REPLay
BUS<b>:HISTory:REPLay
```

#### 4.4.4 Экспорт сегментов архива

Сегменты архива могут быть сохранены в виде файлов на флэш-накопитель USB, если сбор данных остановлен.

Для сохранения могут быть выбраны все сегменты или последовательность сегментов в рамках указанного диапазона.

##### 4.4.4.1 Организация файлов

Каждый сегмент сохраняется в отдельный файл, а все файлы с сегментами записываются в папку, в которой содержатся только файлы с сохраненными собранными данными. Пользователь может указать имя папки и формат файлов с сегментами.

Имена файлов с данными присваиваются в соответствии с исходным каналом и индексом сегмента.

## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

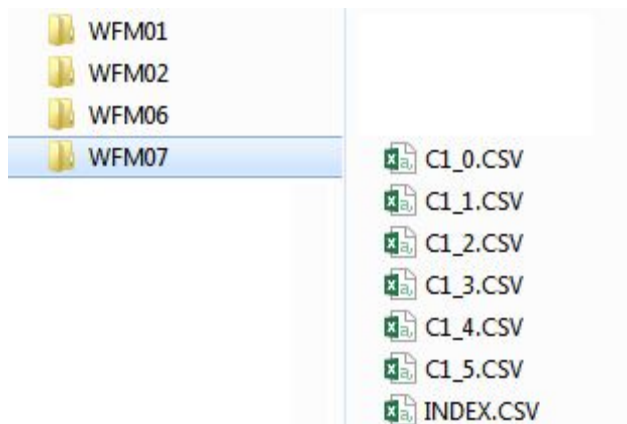


Рисунок 4-7 – Содержимое папки с архивными осциллограммами

В дополнение к файлам данных производится запись индексного файла. В индексном файле содержится информация о файлах и сегментах. Для каждого сегмента указываются индекс, дата и время сохранения, временная метка и имя файла.

Number	Date	Time	Thousandths[ms]	Filename
0	2014-11-11	15:13:49	0.000000000e0	C1_0.CSV
-1	2014-11-11	15:13:48	995.018339200e-3	C1_1.CSV
-2	2014-11-11	15:13:48	990.036678400e-3	C1_2.CSV
-3	2014-11-11	15:13:48	985.055017600e-3	C1_3.CSV
-4	2014-11-11	15:13:48	980.073356800e-3	C1_4.CSV
-5	2014-11-11	15:13:48	975.091696000e-3	C1_5.CSV

Рисунок 4-8 – Содержимое индексного файла архива

#### 2.4.4.2 Настройки сохранения

Доступ: FILE > "Waveforms"



##### Data (данные)

При работе в режиме "Ultra Segmentation" прибор R&S RTM предоставляет дополнительный вариант выбора данных: "History Data". Он позволяет сохранять сегменты архива на USB-накопитель через порт на передней или задней панели прибора.

Для получения информации об основных настройках "Data" обратитесь к подразделу "Data" в разделе 17.2.4.3.

##### Directory Name (имя каталога)

Имя подкаталога, в котором содержатся файлы с сегментами. Для каждого сегмента записывается один файл.

## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

**Save** (сохранить)

Вызов меню "Waveforms", в котором может быть выбран диапазон сохраняемых сегментов, произведен запуск процедуры сохранения и получена информация о состоянии этой процедуры.

**Start Acquisition** (начало выборки) / **Stop Acquisition** (конец выборки) ← **Save**

Для сохранения собранных сегментов в заданном диапазоне укажите индекс первого и последнего сегментов архива, которые должны быть сохранены. Самый новый сегмент всегда имеет индекс "0". Более ранние сегменты имеют отрицательные индексы.

**Use All Segments** (использовать все сегменты) ← **Save**

Выбор всех сегментов архива для сохранения.

**Cur. Acquisition** (текущая выборка) ← **Save**

Отображение индекса сохраняемого сегмента архива.

Эта информация доступна только в процессе сохранения.

**No. of Segments** (количество сегментов) ← **Save**

Отображение количества сегментов архива, которые еще не сохранены.

Эта информация доступна только в процессе сохранения.

**Save** (сохранить) ← **Save**

Запуск процедуры сохранения.

Прибор отображает информацию о текущем сохраняемом файле с сегментами: прогресс в %, оставшееся время, размер файла и количество отсчетов.

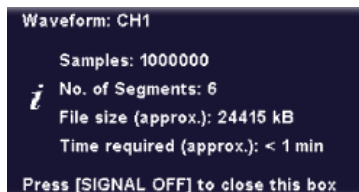
#### 4.4.4.3 Сохранение сегментов архива в файл

1. Получите осциллограмму с сегментами архива ("Acquisition > Acquisition Control > Ultra Segmentation = On" > RUN).
2. Остановите сбор данных.
3. Нажмите клавишу FILE.
4. Нажмите "Waveforms".
5. Нажмите "Data" и выберите "History Data".
6. Выберите место сохранения "Storage", сохраняемую осциллограмму "Waveform" и формат экспортирования "Format".
7. Проверьте имя папки "Directory Name" и, при необходимости, измените его. Это папка, в которую записываются файлы с сегментами.
8. Нажмите "Save".

## Архив и сегментированная память (опция R&amp;S RTMK15)

9. Выберите сегменты, которые необходимо сохранить:
- "Use All Segments" (все сегменты) или
  - Введите индексы начального и конечного сегментов для задания диапазона. Самый новый сегмент всегда имеет индекс "0". Более ранние сегменты имеют отрицательные индексы.

Прибор отображает информацию о сохраняемых данных и выводит предупреждение при отсутствии свободного места на флэш-накопителе USB.



10. Нажмите "Save".

В меню можно увидеть индекс текущего сохраняемого сегмента и количество оставшихся сегментов.

## 5 Синхронизация (запуск)

### 5.1 Основные сведения

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 аналоговых, цифровых и логических сигналах.

#### Запуск развертки

Запуск производится при выполнении полного набора условий запуска. При этом происходит установка точки нулевого момента времени в записи сигнала. 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 выводит на экран осциллограмму сигнала. При возникновении события запуска прибор не воспримет другой запуск до тех пор, пока не завершится сбор данных.

#### Условия запуска

В набор основных условий запуска входит:

- Источник сигнала запуска
- Тип запуска и его настройка
- Настройка горизонтальной позиции запуска: момент запуска и опорная точка
- Режим запуска

В приборе R&S RTM представлены различные типы запуска, предназначенные для устранения неисправностей и проведения анализа сигналов: например, запуск по фронту, по длительности, по шаблону и специальные типы запуска – запуск по видеосигналу и по сигналам шины передачи данных.

Также доступны более сложные условия запуска: может быть настроена запускающая последовательность для объединения двух событий запуска по фронту с дополнительной задержкой или числом событий. Подобные виды настроек также известны как многошаговый запуск или A/B запуск.

#### Событие запуска

Важно различать запуск и событие запуска, особенно при установке последовательности A/B-запуска. Событие запуска возникает при выполнении условий запуска, но при этом оно может и не вызывать запуск. Запуск производится только при выполнении условий всех событий – события А и события В – в запускающей последовательности и всех дополнительных условий запуска.

#### Информация о запуске

Информация о наиболее важных параметрах запуска отображается в панели информации. Отображается следующая информация:

- Источник и уровень запуска
- Взаимосвязь запускающих событий и фильтры

- Фронт запуска или другие специальные условия для выбранного типа запуска

ТВ: 100  $\mu$ s T: -261  $\mu$ s Norm CH1:  $t_i < t_{\square}$  TL: 1.71 mV

Рисунок 5-1 – Информация о запуске: ждущий режим запуска, источник запуска – канал 1, запуск по длительности, чтобы обнаруживать отрицательные импульсы короче заданной длительности импульса, уровень запуска = 1,71 мВ

ТВ: 100  $\mu$ s T: -261  $\mu$ s Norm A: CH1 1.71 mV DC HFR B: CH2 0 V 2 Ev.

Рисунок 3-2 – Информация о запуске: ждущий режим запуска, запускающая последовательность; А-событие исходит из канала 1, запуск по нарастающему фронту со связью по постоянному току и подавлением ВЧ, уровень запуска 1,71 мВ; В-событие исходит из канала 2, запуск по нарастающему фронту с уровнем запуска 0 В; прибор запускается по второму В-событию

## 5.2 Настройки синхронизации

В данной главе приведено пошаговое описание процедур для основных этапов настройки запуска. Упомянутые здесь настройки подробно описаны в [главе 5.3 "Справочная информация о синхронизации \(запуске\)"](#).

### 5.2.1 Настройка события запуска

Предварительные условия:

- Горизонтальные и вертикальные настройки установлены соответственно сигналам.
- Запущен сбор данных, клавиша RUN CONT горит зеленым цветом.

1. Нажать клавишу SETUP функционального блока TRIGGER.  
Откроется диалоговое окно "Trigger".
2. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать источник сигнала запуска.
3. Нажать клавишу "Setup" для возврата в меню "Trigger".
4. Последовательно нажимать функциональную клавишу "Type" до выбора требуемого типа запуска.
5. Выбрать пункт "Setup".
6. Провести настройку параметров выбранного типа запуска.

Подробнее см. следующие разделы:

- [глава 5.3.2.2 "Edge"](#)
  - [глава 5.3.2.4 "Width"](#)
  - [глава 5.3.2.5 "Video"](#)
  - [глава 5.3.2.6 "Pattern"](#)
  - [глава 5.3.2.8 "Rise Time / Fall Time"](#)
  - [глава 5.3.2.8 "Protocol"](#)
7. Установить режим запуска "Normal": нажимать клавишу AUTO/NORMAL на передней панели до появления на панели информации метки "Norm".

## 5.2.2 Позиционирование запуска

Путем позиционирования запуска задается отображаемая часть сигнала: часть сигнала до запуска, после запуска или часть сигнала в окрестности точки запуска. Следовательно, следует установить начальный момент времени (т.е. опорную точку) и момент запуска относительно начального момента времени.

1. Для установки начального момента времени:
  - а) Нажать клавишу SETUP с левой стороны от экрана.
  - б) Выбрать параметр "Time Reference".
  - в) Поворотом ручки NAVIGATION переместить опорную точку.
2. Для установки момента запуска вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL.

## 5.2.3 Настройка запускающей последовательности

Последовательность A/B-запуска состоит из двух событий запуска по фронту, связанных временем задержки или числом событий.

1. Нажать клавишу SETUP функционального блока TRIGGER.
2. Нажать функциональную клавишу "Trigger Type" и выбрать тип запуска "Edge".
3. Выбрать пункт "Setup", настроить A-событие и выбрать функцию "Back".
4. Нажать функциональную клавишу "B-Trigger" для включения B-события.

Поворотная ручка LEVEL и клавиша SLOPE на передней панели автоматически будут назначены B-событию. Данное назначение может быть изменено в меню "Trigger" с помощью функциональной клавиши "Trigger Level".
5. Нажать функциональную клавишу "B-Setup"
6. Настроить B-событие: выбрать источник "B-Source" и наклон "Slope" запуска, и вращением поворотной ручки LEVEL отрегулировать уровень запуска B-события.
7. Задать взаимосвязь между событиями A и B следующим образом:
  - Нажать клавишу "Time" и отрегулировать время задержки с помощью поворотной ручки.
  - Нажать клавишу "Events" и ввести число B-событий, которые должны произойти до запуска развертки прибора.



## 5.3 Справочная информация о синхронизации (запуске)

Доступ к параметрам синхронизации (запуска развертки) осуществляется с функционального блока TRIGGER на передней панели и из меню "Trigger".

### 5.3.1 Органы управления функционального блока TRIGGER

Клавиши и поворотная ручка функционального блока TRIGGER служат для настройки параметров синхронизации (запуска развертки), а также для запуска или остановки сбора данных.



#### RUN CONT

Клавиша запускает и останавливает процесс непрерывного сбора данных. Зеленая подсветка указывает на выполняемый процесс сбора данных. Красная подсветка – на остановку процесса сбора данных.

Состояние выполнения также отображается на правом краю панели информации: "Run" (сбор данных выполняется) или "Complete" (сбор данных завершен).

Команды ДУ:

[RUN](#)  
[RUNContinuous](#)  
[STOP](#)

#### RUN N× SINGLE

Клавиша запускает заданное количество циклов сбора данных. Повторное нажатие клавиши останавливает сбор данных.

Для установки количества циклов сбора данных следует нажать клавишу ACQUISITION и задать параметр "Nx Single".

Команды ДУ:

[SINGle](#)  
[RUNSingle](#)

#### FORCE

Если сбор данных выполняется в ждущем режиме, а события запуска не возникает, то принудительная синхронизация (запуск развертки) с помощью данной клавиши вызывает выполнение однократного цикла сбора данных. Тем самым можно убедиться в наличии входного сигнала и использовать полученную осциллограмму для определения способа синхронизации.

**MODE**

Клавиша переключает режим синхронизации (запуска развертки) между автоматическим (Auto) и ждущим (Normal). Режим синхронизации определяет поведение прибора в отсутствие событий запуска. Текущий режим указан в панели информации.

"Auto"	Если условия запуска не выполнены, запуск развертки выполняется циклически через фиксированные интервалы времени. При возникновении реального события запуска оно получает преимущество. В данном режиме можно наблюдать сигнал до момента установки параметров запуска. Осциллограмма на экране будет несинхронизирована, и последующие осциллограммы не будут синхронизироваться по одной и той же точке сигнала.
"Normal"	Прибор захватывает сигнал только при возникновении реального события запуска, т.е. только при выполнении всех условий запуска. Если запуска не происходит, то новых данных не захватывается, и на экране отображается последняя захваченная осциллограмма. Если до этого захваченных осциллограмм не было, на экране ничего не отображается.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MODE`

**LEVEL**

Поворотная ручка изменяет пороговое напряжение запуска. Поворот ручки по часовой стрелке приводит к увеличению уровня запуска.

Если для выбранного типа запуска задается один уровень запуска, нажатие ручки устанавливает 50%-уровень от амплитуды сигнала.

Если для выбранного типа запуска задается два уровня запуска, например, в случае запуска по времени нарастания/спада, нажатие ручки служит для переключения между верхним и нижним уровнями.

Если включена синхронизация по В-событию, то ручка может использоваться для установки уровня как для А-, так и для В-события. Для привязки к событиям используется функция "Trigger Level" в меню "Trigger".

Команды ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>[:VALue]`

`TRIGger:A:FINDlevel`

`TRIGger:B:FINDlevel`

**SETUP**

Клавиша открывает меню "Trigger".

**SOURCE**

Клавиша открывает меню "Trigger Source" для А-запуска. Последовательно нажимайте клавишу для выбора требуемого источника. Клавиша подсвечивается цветом выбранного канала синхронизации. Выбранный источник запуска указан в панели информации.

**SLOPE**

Если для аналогового источника синхронизации выбран тип запуска "Edge", то клавиша SLOPE переключает фронт синхронизации. Текущее значение показано с помощью пиктограммы на панели информации.

Если включена синхронизация по В-событию, то клавиша может устанавливать фронт для обоих событий (А и В). Для настройки используется функция "Trigger Level" в меню "Trigger".

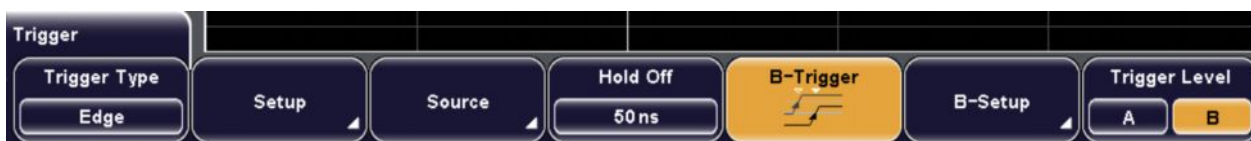
## 5.3.2 Параметры синхронизации

Параметры синхронизации состоят из основных настроек в меню "Trigger" и настроек для выбранного типа синхронизации. Для настройки синхронизации по В-событию используется отдельное меню.

- [Общие параметры запуска](#)
- [Меню Trigger Source](#)
- [Edge](#)
- [Width](#)
- [Video](#)
- [Pattern](#)
- [Runt](#)
- [Rise Time / Fall Time](#)
- [Protocol](#)
- [B-Setup](#)

### 5.3.2.1 Общие параметры запуска

Меню "Trigger" – это основное меню для всех типов синхронизации (запуска), оно ведет в другие специализированные для каждого типа запуска меню.



Для установки смещения запуска используется поворотная ручка POSITION для позиционирования по горизонтали, см. раздел ["POSITION"](#) в главе 4.3.1.

- [Trigger Type](#)
- [Setup](#)
- [Source](#)
- [Hold Off](#)
- [B-Trigger](#)
- [B-Setup](#)
- [Trigger Level](#)

#### Trigger Type (тип запуска)

Выбор типа запуска.

Подробности см. в следующих разделах:

- [глава 5.3.2.3 "Edge"](#)
- [глава 5.3.2.4 "Width"](#)
- [глава 5.3.2.5 "Video"](#)
- [глава 5.3.2.6 "Pattern"](#)
- [глава 5.3.2.8 "Rise Time / Fall Time"](#)
- [глава 5.3.2.9 "Protocol"](#)

Команда ДУ:

TRIGger:A:TYPE

**Setup** (настройка)

Открытие меню настроек выбранного типа запуска.

**Source** (источник)

Открытие меню "Trigger Source" для выбранного типа запуска.

См. главу 5.3.2.2 "Меню Trigger Source"

Команда ДУ:

TRIGger:A:SOURce

**Hold Off** (удержание)

Включение функции удержания и определение времени удержания. Следующее событие запуска произойдет только после окончания заданного времени удержания.

Время удержания запуска определяет промежуток времени, начиная от текущего запуска, по истечении которого будет распознан следующий запуск. Таким образом, возникновение последующего запуска зависит от предыдущего. Настройка удержания помогает добиться устойчивого запуска прибора при возникновении запуска по нежелательным событиям.

Команды ДУ:

TRIGger:A:HOLDoff:MODE

TRIGger:A:HOLDoff:TIME

**B-Trigger** (запуск по B-событию)

Включение или выключение второго события запуска по фронту после первого события запуска по фронту в запускающей последовательности. Запуск прибора будет производиться только при выполнении обоих условий запуска (A и B).

Если включена синхронизация по B-событию, то действие поворотной ручки LEVEL и клавиши SLOPE автоматически назначается B-событию. Назначение действий указанных органов управления может быть переключено с помощью функции "Trigger Level" в меню "Trigger".

Команда ДУ:

TRIGger:B:ENABle

**B-Setup** (настройка запуска по B-событию)

Открытие меню для конфигурирования синхронизации по B-событию. B-событие – это второе событие запуска по фронту, которое может быть связано с предшествующим событием запуска по фронту. Условия второго события запуска учитываются, когда выполнены условия главного события (A-события) запуска.

Описание меню см. в главе 5.3.2.9 "B-Setup".

**Trigger Level** (уровень запуска)

Назначение действия клавиши SLOPE и поворотной ручки LEVEL на передней панели событию запуска A или B. Функция действительна только при включенной синхронизации по B-событию. Клавиша SOURCE всегда настраивает источник запуска для A-события.

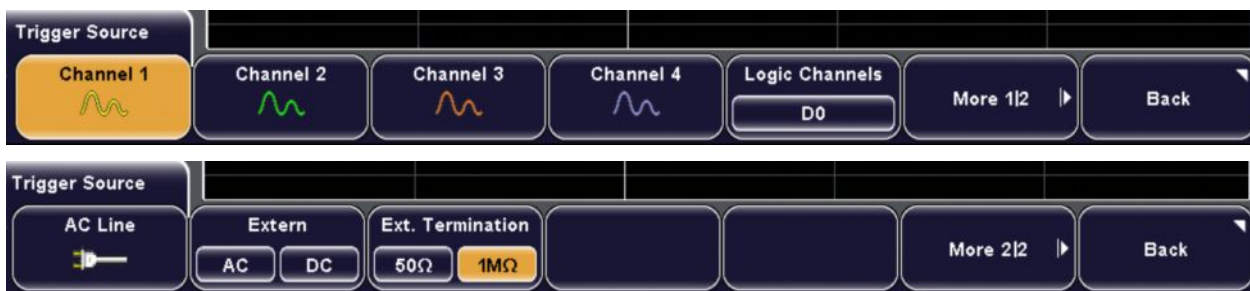
### 5.3.2.2 Меню Trigger Source

Доступ: Trigger SETUP > "Source"

Содержимое меню "Trigger Source" зависит от типа запуска.

## Справочная информация о синхронизации (запуске)

На приведенном ниже рисунке показано меню источников для запуска по длительности с установленной опцией смешанных сигналов R&S RTM-B1.



Команда ДУ: `TRIGger:A:SOURce`

**Channel N** (канал N)

Выбор одного из входных каналов в качестве источника запуска.

**Logic Channels** (логические каналы)

Выбор одного из цифровых каналов в качестве источника запуска при условии установленной опции смешанных сигналов R&S RTM-B1.

Логические каналы могут использоваться для запуска по фронту и по длительности, однако они недоступны при включенной синхронизации по В-событию.

**AC Line** (сеть питания)

Выбор напряжения сети питания осциллографа в качестве входа запуска по фронту. Прибор формирует сигнал запуска из напряжения питания.

**Extern** (внешний)

Установка в качестве источника запуска входа внешнего запуска на задней панели прибора. Выбор типа подаваемого сигнала: переменный AC или постоянный DC.

Команда ДУ:

`TRIGger:EXTErn:COUPLing`

**Ext. Termination** (внешнее согласование)

Регулировка входного импеданса входа внешнего запуска. Данная настройка доступна только для приборов с полосой пропускания 1 ГГц.

Команда ДУ:

`TRIGger:EXTErn:TERMination`

**5.3.2.3 Edge**

Запуск типа "Edge" (запуск по фронту) является самым простым и распространенным типом запуска. Он хорошо известен по работе с аналоговыми осциллографами и может быть использован для аналоговых и цифровых сигналов. Событие запуска возникает при пересечении сигналом источника запуска заданного значения порогового напряжения – уровня запуска – в определенном направлении.

При использовании функции AUTOSET также выбирается запуск по фронту.



- Slope
- Coupling
- LF Reject
- HF Reject
- Low-pass
- Hysteresis
  - └ Hysteresis A/B
  - └ Value

### Slope (перепад)

Установка фронта запуска.

"Rising"	Выбор запуска по переднему фронту, т.е. по возрастающему (положительному) изменению напряжения.
"Falling"	Выбор запуска по заднему фронту, т.е. по спадающему (отрицательному) изменению напряжения.
"Both"	Выбор запуска как по переднему, так и по заднему фронту.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:EDGE:SLOPe`

### Coupling (связь)

Установка типа связи для источника запуска.

"AC"	Связь по переменному току. В тракт прохождения сигнала запуска включается ФВЧ с частотой среза 5 Гц, который удаляет постоянную составляющую из сигнала запуска.
"DC"	Связь по постоянному току. Сигнал запуска не изменяется.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:EDGE:COUPling`

### LF Reject (подавление НЧ)

Установка связи запуска по высокой частоте. В тракт сигнала запуска включается ФВЧ с частотой среза 15 кГц, который удаляет низкие частоты из сигнала запуска. Данный режим используется только для сигналов с очень высокой частотой.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:EDGE:COUPling`

### HF Reject (подавление ВЧ)

Включение (или исключение) в тракт сигнала запуска дополнительного ФНЧ с частотой среза 5 кГц. Данный фильтр удаляет высокие частоты и доступен при связи по постоянному и переменному току.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:EDGE:FILTer:LPASs`

**Low-pass** (ФНЧ)

Включение (или исключение) в тракт сигнала запуска дополнительного ФНЧ с частотой среза 100 МГц. Данный фильтр удаляет высокие частоты и доступен при связи по постоянному и переменному току.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:EDGE:FILTer:NREJect`

**Hysteresis** (гистерезис)

Открытие меню "Hysteresis" (только на приборах с полосой пропускания 1 ГГц).

**Hysteresis A|B** (гистерезис A|B) ← **Hysteresis**

Установка диапазона гистерезиса в окрестности уровня запуска. Если в пределах заданного диапазона происходит дрожание сигнала и пересечение при этом уровня запуска, то события запуска не возникает. Таким образом, гистерезис помогает избежать нежелательных событий запуска, вызванных шумовыми флуктуациями в окрестности уровня запуска.

Автоматические, малые, средние и большие значения гистерезиса определяются масштабом по вертикали. На приборах с полосой пропускания 1 ГГц для гистерезиса можно также установить пользовательское значение.

Если установлены автоматические значения гистерезиса "Automatic", можно активировать индикацию гистерезиса с помощью функции "Display > Auxillary Cursors > Trigger Hyst.". Для малых, средних, больших и пользовательских значений гистерезиса всегда отображается строка для области гистерезиса.

Гистерезис может быть установлен для запуска по фронту. Для запуска по А- и В-событиям гистерезис может отличаться в случае разных источников запуска.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:HYSTeresis`

`TRIGger:B:HYSTeresis`

**Value** (значение) ← **Hysteresis**

Установка значения гистерезиса в случае выбора ручного ("Manual") режима ("Mode").

Данная настройка доступна только на приборах с полосой пропускания 1 ГГц.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>:HYSTeresis`

`TRIGger:B:LEVel:HYSTeresis`

**5.3.2.4 Width**

При запуске типа "Width" (по длительности) происходит сравнение длительности (ширины) импульса с заданным временным пределом. Функция запуска обнаруживает импульсы со значениями длительностей, совпадающими с заданным временем, короче или длиннее заданного времени, а также импульсы внутри или за пределами временных интервалов.

Длительность импульса измеряется по уровню запуска.



## Справочная информация о синхронизации (запуске)



- Comparison
- Polarity
- Time t
- Variation
- Time t1, Time t2
- Find level

**Comparison** (сравнение)

Установка способа сравнения измеренной длительности импульса с заданным пределом(-ами).

- "ti<t, ti>t" Длительность импульса меньше или больше опорного значения "Time t".
- "ti=t" Длительность импульса равна опорному значению "Time t" при интервале допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ .  
Если "Variation"  $\neq 0$ : установка длительности осуществляется в пределах диапазона  $t \pm \Delta t$ .
- "ti $\neq$ t" Длительность импульса не равна опорному значению "Time t" при интервале допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ .  
Если "Variation"  $\neq 0$ : установка длительности осуществляется за пределами диапазона  $t \pm \Delta t$ .
- "Inside, Outside" Запуск по импульсам внутри (Inside) или за пределами (Outside) диапазона, заданного значениями "Time t1" и "Time t2".  
Данный метод является альтернативой настройке диапазона с помощью параметров "Time t" и "Variation". Эти значения взаимосвязаны. При изменении значений t1 и t2 значения "Variation" и "Time t" подстраиваются соответствующим образом, и наоборот.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:WIDTh:RANGe`

**Polarity** (полярность)

Установка полярности импульса.

- "Pos." Импульс с положительной полярностью, длительность задается от нарастающего до спадающего участка.
- "Neg." Импульс с отрицательной полярностью, длительность задается от спадающего до нарастающего участка.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:WIDTh:POLarity`

**Time t** (время t)

Установка значения опорного времени, номинального значения для способов сравнения ti<t, ti>t, ti=t, ti $\neq$ t.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:WIDTh:WIDTh`



## Справочная информация о синхронизации (запуске)

**Variation** (вариация)

Установка допуска  $\Delta t$  относительно опорного значения "Time t", если установлен способ сравнения "ti=t" или "ti≠t". Запуск прибора будет осуществляться по импульсам внутри или за пределами диапазона  $ti \pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

TRIGger:A:WIDTh:DELTA

**Time t1** (время t1), **Time t2** (время t2)

Установка нижнего и верхнего пределов временного диапазона, если установлен способ сравнения "Inside" или "Outside". Значения "Time t" и "Variation" подстраиваются соответствующим образом.

**Find level** (поиск уровня)

Автоматическая установка уровня на значение  $0.5 * (MaxPeak - MinPeak)$ .

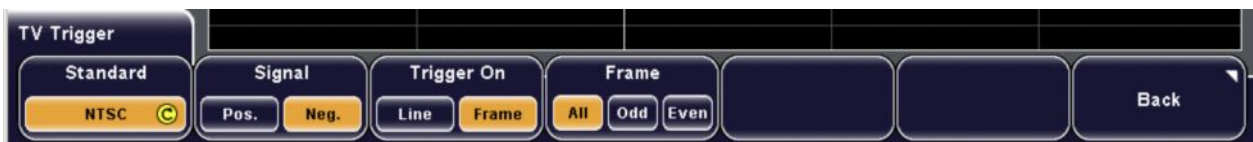
**5.3.2.5 Video**

Режим запуска по видеосигналу обеспечивает возможность синхронизации по видеосигналам телевизионных стандартов.

Запуск по ТВ- или видеосигналу используется для анализа аналоговых модулирующих видеосигналов. Можно синхронизироваться по модулирующим видеосигналам стандартной и высокой четкости, подключенных к аналоговому каналному входу или к внешнему входу запуска.

Уровень запуска определяется и устанавливается прибором автоматически.

Сначала выберите стандарт и полярность сигнала, затем выберите запуск по строкам или полям и введите индивидуальные настройки.



Большинство видеосигналов согласованы с импедансом 75 Ом. Входы каналов осциллографа R&S RTM имеют входные импедансы 50 Ом или 1 МОм. Необходимо выполнить согласования для точного воспроизведения амплитуды. Простая сквозная 75 Ом нагрузка вместе с 1 МОм входом осциллографа подходит для большинства приложений.

- [Standard](#)
- [Signal](#)
- [Trigger On](#)
- [Line](#)
- [All Lines](#)
- [Frame](#)

**Standard** (стандарт)

Выбор стандарта цветного телевидения.

Запуск может производиться по сигналам таких стандартов SDTV, как PAL, PAL-M, SECAM, NTSC и SDTV 576i (PAL и SECAM).

Стандарты HDTV (телевидения высокой четкости) индицируются по числу активных строк, системе развертки (р для прогрессивной развертки, i для чересстрочной развертки).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:TV:STANdard`

### Signal (сигнал)

Выбор полярности сигнала. Следует иметь в виду, что синхроимпульс имеет обратную полярность. При положительной модуляции видеосигнала синхроимпульсы будут отрицательными. При отрицательной модуляции видеосигнала синхроимпульсы будут положительными. Для запуска используются фронты синхроимпульсов, поэтому неправильная установка полярности может вызвать случайный запуск при прохождении видеoinформации.

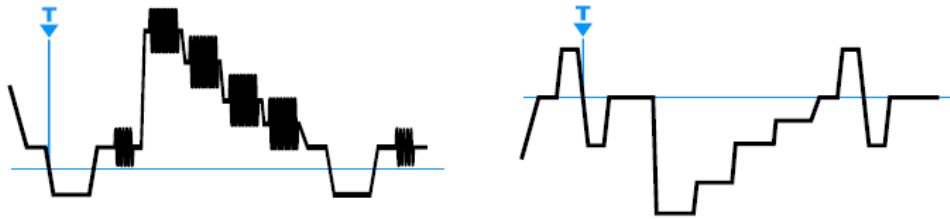


Рисунок 5-3 – Положительный видеосигнал с отрицательным двухуровневым синхроимпульсом (SDTV, слева) и отрицательный сигнал с положительным трехуровневым синхроимпульсом (HDTV, справа)

Команда ДУ:

`TRIGger:A:TV:POLarity`

### Trigger On (запуск по)

Переключение между запуском по началу строки или началу кадра (поля).

Значение "Line" (строка) позволяет выбрать запуск по всем строкам ("All Lines") или по конкретной строке ("Line").

Значение "Frame" (кадр) имеет различное действие в зависимости от выбранного стандарта сигнала:

- для стандартов с прогрессивной разверткой (HDTV 720p/1080p) прибор запускается по началу кадра.
- во всех остальных доступных стандартах используется чересстрочная развертка, и прибор запускается по началу поля. Можно выбрать тип поля, по которому осуществляется запуск, с помощью параметра "Frame".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:TV:FIELD`

### Line (строка)

Установка точного номера строки, если параметр "Trigger on" имеет значение "Line". При выполнении остальных условий запуска, запуск развертки осциллографа будет производиться точно в момент начала выбранной строки любого поля.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:TV:LINE`

### All Lines (все строки)

Осциллограф синхронизируется по началу всех строк видеосигнала, если параметр "Trigger on" имеет значение "Line".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:TV:FIELD`

**Frame** (кадр)

Осциллограф синхронизируется по началу полей видеосигналов (если выполнены остальные условия запуска).

- "All"            Запуск по всем кадрам (полям).  
 "Odd"            Запуск только по нечетным полукадрам.  
 "Even"            Запуск только по четным полукадрам.

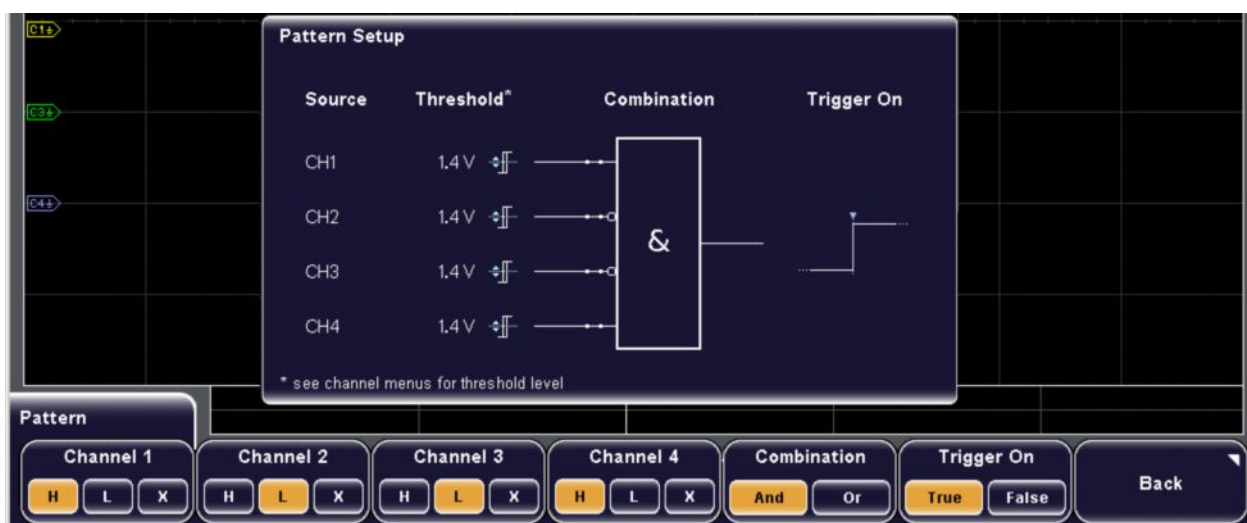
Команда ДУ:

TRIGger:A:TV:FIELD

**5.3.2.6 Pattern**

Запуск типа "Pattern" (по шаблону) является логическим запуском. Он позволяет использовать любые логические комбинации сигналов входных каналов и обеспечивает проверку функционирования цифровой логики. Также имеется возможность синхронизации по шаблонам параллельных шин.

Шаблон канала конфигурируется в меню "Source". Кроме того, для шаблона можно установить временные ограничения в меню "Setup".

**Pattern** (шаблон)

- Channel N
- Combination
- Trigger On

**Channel N** (канал N)

Выбор состояния для каждого из каналов. Используются следующие состояния:

- "H"            Высокое (High): напряжение сигнала выше, чем уровень запуска.  
 "L"            Низкое (Low): напряжение сигнала ниже, чем уровень запуска.

## Справочная информация о синхронизации (запуске)

"X" Безразличное: канал не влияет на запуск развертки прибора. Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1, то к аналоговым каналам добавляются цифровые каналы D0...D15. Если состояние "X" установлено для всех каналов, то синхронизация осциллографа производится только в автоматическом режиме.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:SOURce`

**Combination** (комбинация)

Установка логической комбинации запускающих состояний каналов.

"And" Требуемые состояния всех каналов должны появиться во входном сигнале одновременно.

"Or" По крайней мере, один канал должен иметь требуемое состояние.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:FUNCTion`

**Trigger On** (запуск по)

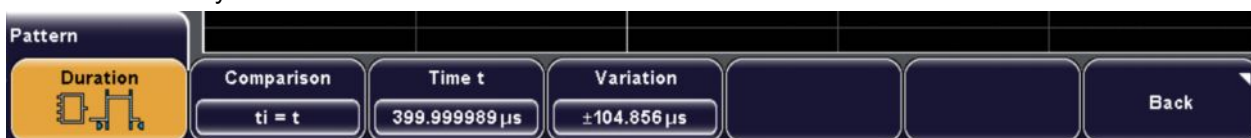
Установка момента запуска, зависящего от результата логической комбинации состояний каналов.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:CONDition`

**Временное ограничение**

В дополнение к параметрам шаблона и уровней запуска можно задать временное условие – продолжительность действия истинного или ложного результата условия шаблона.

**Duration** (длительность)

Включение или выключение временного ограничения на состояние шаблона.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:MODE`

**Comparison** (сравнение)

Установка способа сравнения длительности результирующего состояния шаблона с заданным временным пределом(-ами).

"ti<t, ti>t" Запуск производится, если состояние шаблона изменяется до или после истечения времени "Time t".

"ti=t" Запуск производится, если состояние шаблона изменяется точно во время "Time t" при интервале допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ . Если "Variation"  $\neq 0$ : установка запуска осуществляется в пределах диапазона  $t \pm \Delta t$ .

"ti $\neq$ t" Запуск производится, если длительность состояния шаблона не равно времени "Time t" при интервале допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ . Если "Variation"  $\neq 0$ : установка запуска осуществляется за пределами диапазона  $t \pm \Delta t$ .

## Справочная информация о синхронизации (запуске)

- "Inside, Outside" Запуск производится, если длительность состояния шаблона лежит внутри (Inside) или за пределами (Outside) диапазона, заданного значениями "Time t1" и "Time t2".  
Данный метод является альтернативой настройке диапазона с помощью параметров "Time t" и "Variation". Эти значения взаимосвязаны. При изменении значений t1 и t2 значения "Variation" и "Time t" подстраиваются соответствующим образом, и наоборот.
- "Timeout" Определение длительности истинности состояния шаблона. Запуск прибора происходит по времени "Time t".

Команды ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:WIDTh:RANGe`

`TRIGger:A:PATtern:MODE`

#### Time t (время t)

Установка значения опорного времени, номинальное значение для способов сравнения  $t_i < t$ ,  $t_i > t$ ,  $t_i = t$ ,  $t_i \neq t$  и Timeout

Команда ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:WIDTh[:WIDTh]`

#### Time t1 (время t1), Time t2 (время t2)

Установка нижнего и верхнего пределов временного диапазона, если установлен способ сравнения "Inside" или "Outside". Значения "Time t" и "Variation" подстраиваются соответствующим образом.

#### Variation (вариация)

Установка допуска  $\Delta t$  относительно опорного значения "Time t", если установлен способ сравнения " $t_i = t$ " или " $t_i \neq t$ ". Запуск прибора будет осуществляться по импульсам внутри или за пределами диапазона  $t_i \pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

`TRIGger:A:PATtern:WIDTh:DELTA`

### 5.3.2.7 Runt

Под рантом (runt) понимается импульс с амплитудой ниже обычного значения. Значение амплитуды импульса два раза подряд пересекает первый порог, не пересекая при этом второй. При использовании данного типа запуска, например, происходит детектирование логических, цифровых и аналоговых сигналов, амплитуда которых находится ниже установленного порогового значения, поскольку порты ввода/вывода находятся в неопределенном состоянии.



#### Polarity (полярность)

Отображение полярности импульса, т. е. направления перепада первого импульса.

"Positive" Выбор импульсов с положительной полярностью, ширина задается от нарастающего до спадающего фронта.

"Negative" Выбор импульсов с отрицательной полярностью, ширина задается от спадающего до нарастающего фронта.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:RUNT:POLarity`

**Upper level** (верхний уровень)

Установка верхнего уровня запуска.

Для того, чтобы установить значение с помощью поворотной ручки Level 50%, следует нажать ручку для переключения между верхним и нижним уровнем, а затем ее повернуть.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>:RUNT:UPPer`

**Lower level** (нижний уровень)

Установка нижнего порога напряжения.

Значение соответствует пороговому значению канала запуска.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>:RUNT:LOWer`

**5.3.2.8 Rise Time / Fall Time**

Запуск по времени нарастания, называемый также запуском по скорости нарастания напряжения или запуском по переходу, позволяет избирательно обнаруживать быстро или медленно нарастающие или спадающие фронты сигналов. Запуск осуществляется по фронтам, если время нарастания или спада от низкого до высокого уровня (или наоборот) короче или продолжительней заданного, или же лежит внутри или снаружи указанного временного диапазона. Происходит обнаружение скоростей нарастания, более быстрых, чем ожидаемые или допустимые, для того, чтобы исключить выбросы и прочие мешающие эффекты. Также происходит обнаружение очень медленных фронтов, нарушающих синхронизацию в импульсных последовательностях.

**Polarity** (полярность)

Установка перепада (фронта), время установления которого анализируется:

"Rising"            Запуск по времени нарастания

"Falling"            Запуск по времени спада

Команда ДУ:

`TRIGger:A:RISetime:SLOPe`

**Upper Level** (верхний уровень)

Установка верхнего порога напряжения. Когда сигнал пересекает данный уровень, в зависимости от выбранного перепада, запускается или прекращается измерение скорости нарастания напряжения.

Для того, чтобы установить значение с помощью поворотной ручки Level 50%, следует нажать ручку для переключения между верхним и нижним уровнем, а затем ее повернуть.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>:RISetime:UPPer`

**Lower Level** (нижний уровень)

Установка нижнего порога напряжения. Когда сигнал пересекает данный уровень, в зависимости от выбранного перепада, запускается или прекращается измерение скорости нарастания напряжения.

Значение соответствует пороговому значению канала запуска.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>:RISetime:LOWer`

**Comparison** (сравнение)

Выбор способа определения временного предела для скорости нарастания напряжения. Измерение времени запускается при пересечении сигналом первого уровня запуска – верхнего или нижнего уровня в зависимости от выбранного перепада – и прекращается, когда сигнал пересечет второй уровень.

"Greater than" больше чем	Запуск по времени установления, превышающему заданное время нарастания "Rise Time".
"Lower than" меньше чем	Запуск по времени установления, более короткому, чем заданное время нарастания "Rise Time".
"Equal" равно	Запуск по времени установления, лежащему внутри временного диапазона $Rise\ Time \pm Variation$ .
"Not equal" не равно	Запуск по времени установления, лежащему за пределами временного диапазона $Rise\ Time \pm Variation$ .

Команда ДУ:

`TRIGger:A:RISetime:RANGe`

**Rise Time** (время нарастания)

Для сравнений типа "Greater than" и "Lower than" данная настройка определяет пределы минимального и максимального времен установления, соответственно.

Для сравнений типа "Equal" и "Not equal" данная настройка определяет центр диапазона, который задается допуском "Variation".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:RISetime:TIME`

**Variation** (вариация)

Определение временного диапазона в окрестности заданного значения "Rise Time".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:RISetime:DELTA`

**5.3.2.9 Protocol**

Меню запуска "Protocol" (протокол) содержит параметры запуска для последовательной шины или интерфейса, сконфигурированного с помощью клавиши PROTOCOL. Для анализа протоколов требуются дополнительные опции.

Настройка протокола и параметры запуска описаны в [главе 13.4 "Анализ протоколов"](#).

Для запуска по сигналам параллельных шин следует использовать запуск по шаблону. См. [главу 5.3.2.6 "Pattern"](#).



### 5.3.2.9 B-Setup

В-событие запуска – это второе событие запуска по фронту, которое может быть связано с предшествующим событием запуска по фронту. Условия второго события запуска учитываются, когда выполнены условия главного события (А-события).



- [B-Source](#)
- [Slope](#)
- [Level](#)
- [Trigger On](#)
- [Time](#)
- [Events](#)
- [Hysteresis](#)
  - └ [Hysteresis A/B](#)
  - └ [Value](#)

#### **B-Source** (источник запуска по В-событию)

Выбор одного из входных каналов в качестве источника запускающего В-события. Необходимо последовательно нажимать данную функциональную клавишу до выбора требуемого источника.

Команда ДУ:

`TRIGger:B:SOURce`

#### **Slope** (перепад)

Установка фронта запуска для запускающего В-события.

- |            |   |
|------------|---|
| "Positive" | Выбор запуска по переднему фронту, т.е. по возрастающему (положительному) изменению напряжения. |
| "Negative" | Выбор запуска по заднему фронту, т.е. по спадающему (отрицательному) изменению напряжения.      |
| "Both"     | Выбор запуска как по переднему, так и по заднему фронту.  |

Команда ДУ:

`TRIGger:B:EDGE:SLOPe`

#### **Level** (уровень)

Установка уровня запуска для запускающего В-события.

Команда ДУ:

`TRIGger:B:EDGE:LEVel`

#### **Trigger On** (запуск по)

Установка дополнительного условия задержки для В-события: задержка времени или задержка события. В соответствии с этим выбором следует также установить параметры "Time" или "Events" для завершения описания условий запуска.

Команда ДУ:

`TRIGger:B:MODE`



**Time** (время)

Установка интервала времени после А-события, в течение которого прибор ожидает появления В-события.

Команда ДУ:

`TRIGger:B:DElay`

**Events** (события)

Установка количества В-событий, которые удовлетворяют всем условиям запуска по В-событию, но не вызывают запуска прибора. Запуск развертки осциллографа будет произведен по *n*-ному событию (последнему из указанного количества событий).

Команда ДУ:

`TRIGger:B:EVENT:COUNT`

**Hysteresis** (гистерезис)

Открытие меню "Hysteresis" (только на приборах с полосой пропускания 1 ГГц).

**Hysteresis A|B** (гистерезис A|B) ← **Hysteresis**

Установка диапазона гистерезиса в окрестности уровня запуска. Если в пределах заданного диапазона происходит дрожание сигнала и пересечение при этом уровня запуска, то события запуска не возникает. Таким образом, гистерезис помогает избежать нежелательных событий запуска, вызванных шумовыми флуктуациями в окрестности уровня запуска.

Автоматические, малые, средние и большие значения гистерезиса определяются масштабом по вертикали. На приборах с полосой пропускания 1 ГГц для гистерезиса можно также установить пользовательское значение.

Если установлены автоматические значения гистерезиса "Automatic", можно активировать индикацию гистерезиса с помощью функции "Display > Auxillary Cursors > Trigger Hyst.". Для малых, средних, больших и пользовательских значений гистерезиса всегда отображается строка для области гистерезиса.

Гистерезис может быть установлен для запуска по фронту. Для запуска по А- и В-событиям гистерезис может отличаться в случае разных источников запуска.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:HYSTeresis`

`TRIGger:B:HYSTeresis`

**Value** (значение) ← **Hysteresis**

Установка значения гистерезиса в случае выбора ручного ("Manual") режима ("Mode").

Данная настройка доступна только на приборах с полосой пропускания 1 ГГц.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:LEVel<n>:HYSTeresis`

`TRIGger:B:LEVel:HYSTeresis`

## 6 Отображение данных

В данной главе приведена информация об основных настройках и режимах отображения.

По умолчанию отображается диаграмма с временной разверткой по оси X и амплитудами сигналов по оси Y – функция  $Y(t)$  или временная диаграмма. Видимость элементов диаграммы и осциллограмм может быть настроена пользователем. Подробности см. в [главе 6.1 "Общие настройки отображения"](#).

Также пользователь может отображать и настраивать XY-диаграммы, позволяющие комбинировать уровни напряжений двух осциллограмм на одной диаграмме. Данный режим отображения описан в [главе 6.2, "XY-диаграмма"](#).

Более того, можно увеличивать масштаб отображения осциллограммы с целью более подробного анализа результатов. Режим масштабированного отображения описан в [главе 6.3 "Масштабирование"](#).

На диаграмме  $Y(t)$  и в режиме масштабирования можно устанавливать маркеры для обозначения интересующих мест осциллограммы. Подробности см. в [главе 6.4 "Маркеры"](#).

Помимо режимов масштабирования и XY-диаграммы, доступны следующие функциональные режимы:

- Результаты БПФ-анализа, см. [главу 10.1.2 "Настройка и использование БПФ вычислений"](#)
- тестирование по маске, см. [главу 10.2.4 "Работа с масками"](#)

### 6.1 Общие настройки отображения

Общие настройки отображения служат для настройки видимости элементов диаграммы и осциллограмм.

Следующие отдельные элементы диаграммы могут быть отображены или скрыты:

- Основные элементы диаграммы: координатная сетка и перекрестье
- Момент события запуска
- Канальные курсоры для отметки нулевого уровня и смещения постоянной составляющей

Также пользователь имеет возможность настройки способа отображения осциллограмм. Интенсивность и яркость отдельных элементов экрана может влиять на читаемость результатов. В зависимости от интересующего типа результатов, например, частоты появления, времени появления или амплитуды конкретного значения, могут потребоваться различные настройки, чтобы выделить на экране указанное свойство.

Отображение осциллограммы зависит от следующих критериев:

- Стиль отображения осциллограммы: пунктирная или сплошная линия
- Интенсивность: настройка оптимальной контрастности отображения  
Для улучшения контрастности соответствующих элементов отображения могут быть изменены три следующие настройки.
  - Интенсивность осциллограммы определяет уровень сигнала на диаграмме
  - Интенсивность фоновой подсветки определяет контрастность сигнала
  - Интенсивность координатной сетки влияет на читаемость сигнала

- Послесвечение определяет продолжительность отображения точки данных на диаграмме. Каждая новая точка данных остается видна на экране в течение заданного времени послесвечения или отображается бесконечно долго, до тех пор, пока не будет произведена смена времени послесвечения или его очистка.
- Цвет или яркость осциллограммы зависят от частоты появления значений. По умолчанию, чаще появляющиеся значения отображаются ярче, чем редко появляющиеся. В качестве альтернативного варианта, возможно преобразование уровня яркости в цветовую шкалу, т.е. с увеличением частоты появления происходит постепенное изменение цвета. Также имеется возможность инвертирования яркости отображения таким образом, чтобы редко появляющиеся значения отображались ярче, чем часто появляющиеся. Данная настройка, в сочетании с функцией послесвечения, помогает обнаруживать редко появляющиеся на осциллограмме значения.

## 6.1.1 Настройка отображения

### 6.1.1.1 Настройка элементов диаграммы

#### Отображение координатной сетки или перекрестья

1. Нажать "DISPLAY > Grid > Lines" для отображения координатной сетки.
2. Нажать "DISPLAY > Grid > Reticle" для отображения перекрестья.
3. Нажать "DISPLAY > Grid > Off" для удаления координатной сетки и перекрестья.

#### Отображение события запуска или канальных курсоров

Маркер события запуска и канальные курсоры являются вспомогательными курсорами. По умолчанию отображаются оба типа вспомогательных курсоров. Они помогают упростить оценку определенных результатов измерений.

1. Нажать "DISPLAY > Aux. Cursor > Trigger Event" для отображения курсора запуска.

Момент возникновения события запуска будет отмечен меткой-ромбом.

2. Нажать "DISPLAY > Aux. Cursor > Channel Cursors" для отображения канального курсора.

Отобразится пунктирная линия, указывающая нулевой уровень для отображаемого канала. При определении сдвига постоянной составляющей отобразится вторая вспомогательная линия. Интервал между этими двумя линиями равен сдвигу постоянной составляющей.

3. Нажать "DISPLAY > Aux. Cursor > Defaults" для возвращения настроек по умолчанию (отображение обоих курсоров).

### 6.1.1.2 Настройка отображения осциллограммы

Отображение осциллограммы зависит от следующих критериев:

- Интенсивность регулирует оптимальную контрастность отображения. См. подраздел "[Настройка интенсивности](#)" далее.
- Послесвечение определяет продолжительность отображения точки данных на диаграмме. См. подраздел "[Настройка послесвечения](#)" далее.
- Яркость и цвет сигналов зависят от частоты появления значения. См. подраздел "[Настройка яркости](#)" далее.

## Общие настройки отображения

- Осциллограмма в виде линий или точек. См. подраздел "[Установка стиля отображения осциллограммы](#)" далее.

**Настройка интенсивности**

Для улучшения контрастности отдельных элементов отображения могут быть изменены интенсивности осциллограмм, координатной сетки и подсветки.

1. Нажать "DISPLAY > Intensities".
2. Чтобы установить интенсивность осциллограммы:
  - а) Нажать "Waveform".
  - б) Ввести значение в процентах между 0 (не видно) и 100% (высокая интенсивность). Стандартное значение 50%. Для непосредственной регулировки интенсивности осциллограммы можно воспользоваться поворотной ручкой "INTENSITY" с левой стороны от экрана.
3. Чтобы установить интенсивность координатной сетки:
  - а) Нажать "Grid".
  - б) Ввести число в процентах между 0 и 100%. Стандартное значение 34%.
4. Чтобы установить интенсивность фоновой подсветки:
  - а) Нажать "Backlight".
  - б) Ввести значение в процентах между 10 и 100%. Стандартное значение 50%.

**Настройка послесвечения**

1. Для отображения в любой момент времени только текущего сигнала нажимать "DISPLAY > Intensities > Persistence" до выделения пункта "Off".
2. Для проведения автоматической установки оптимального значения послесвечения прибором нажимать "DISPLAY > Intensities > Persistence" до выделения пункта "Automatic".
3. Для настройки послесвечения вручную:
  - а) Нажимать "DISPLAY > Intensities > Persistence" до выделения пункта "Manual".
  - б) Нажать "DISPLAY > Intensities > Persist. Time" для задания времени послесвечения.
  - в) Ввести значение между 50 мс и 9,6 с или выбрать "Infinite" (бесконечно).

Каждая новая точка данных в области диаграммы остается на экране в течение заданного интервала времени. При выборе значения "Infinite" каждая информационная точка диаграммы остается на экране до тех пор, пока не будет изменена данная настройка или произведено обновление отображения.

4. Для обновления отображения нажать "DISPLAY > Intensities > Clear Persist."

**Настройка яркости**

Для лучшего различения редко и часто появляющихся значений к частоте появления значения можно применить цветовую шкалу. При использовании такой шкалы редко появляющиеся значения отображаются синим цветом, в то время как чаще появляющиеся – красным, а очень часто появляющиеся – желтым или белым. Значения с промежуточной частотой появления отображаются различными цветами.

## Общие настройки отображения

Также имеется возможность инвертирования яркости отображения таким образом, чтобы редко появляющиеся значения отображались ярче, чем часто появляющиеся.

1. Чтобы преобразовать уровень яркости в цветовую шкалу, нажмите "DISPLAY > Temperature Colors".
2. Чтобы инвертировать уровни яркости сигналов, нажмите "DISPLAY > Inverse Brightn.".

**Настройка стиля осциллограммы**

По умолчанию, отдельные точки данных соединяются линией. В альтернативном варианте отображаются только отдельные точки данных.

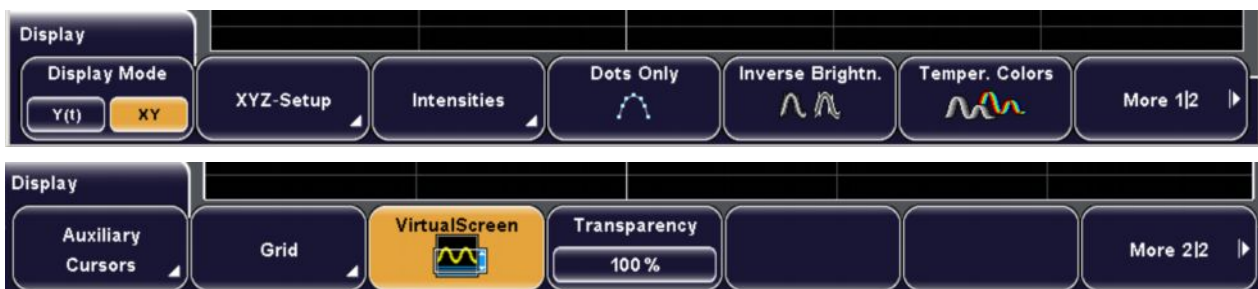


Интенсивность отображения линии может быть настроена посредством ручки "INTENSITY" с левой стороны от экрана.

- ▶ Нажать "DISPLAY > Dots Only" для отображения только отдельных точек данных.

**6.1.2 Меню Display**

Клавиша DISPLAY предоставляет доступ к функциям настройки отображения.



- Display Mode
- XYZ Setup
- Intensities
  - └ Waveform
  - └ Backlight
  - └ Grid
  - └ Persistence
  - └ Persist. Time
  - └ Clear Persist
- Dots Only
- Inverse Brightn
- Temper. Colors
- Aux. Cursors
  - └ Trigger Event
  - └ Channel Cursors
  - └ Trigger Hyst
  - └ Defaults
- Grid
- VirtualScreen

**Display Mode** (режим отображения)

Переключение между режимами отображения диаграммы.

"Y(t)"	Стандартная временная диаграмма с временной разверткой по оси X и амплитудами сигналов по оси Y.
"XY-diagram"	Использование XY-диаграмм позволяет объединять уровни напряжений двух осциллограмм на одной диаграмме. При этом вместо временной развертки по оси X используется амплитуда второго сигнала. Это позволяет, например, производить измерения фазовых сдвигов. Кроме того, можно задать интенсивность XY-диаграммы на основании дополнительного источника сигнала Z. Наряду с XY-диаграммой, Y(t)-диаграммы сигналов источников отображаются в отдельных окнах. Для прибора R&S RTM1054 также имеется возможность задания по оси Y двух источников сигналов для сравнения.

Команда ДУ:

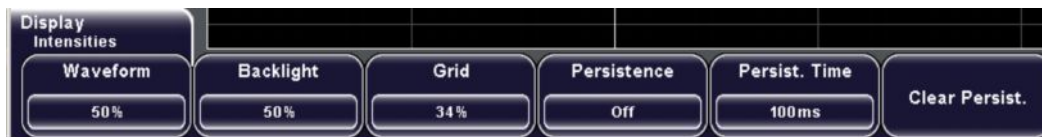
DISPlay:MODE

**XYZ Setup** (настройка XYZ)

См. главу 6.2.2 "Меню XYZ Setup"

**Intensities** (интенсивности)

Доступ к функциям задания интенсивности различных элементов отображения.

**Waveform** (осциллограмма) ← **Intensities**

Данное значение определяет интенсивность линии осциллограммы на диаграмме. Диапазон вводимых значений: от 0 (слабо видно) до 100% (высокая интенсивность). Для непосредственной регулировки интенсивности осциллограммы используется ручка "INTENSITY" с левой стороны от экрана. Стандартное значение 50%.

Команда ДУ:

DISPlay:INTensity:WAVeform

**Backlight** (фоновая подсветка) ← **Intensities**

Задание в процентах интенсивности фоновой подсветки отображения. Диапазон вводимых значений: от 10% до 100%. Стандартное значение 50%.

Команда ДУ:

DISPlay:INTensity:BACKlight

**Grid** (координатная сетка) ← **Intensities**

Задание в процентах интенсивности координатной сетки на экране. Диапазон вводимых значений: от 0% до 100%. Стандартное значение 34%.

Команда ДУ:

DISPlay:INTensity:GRID

**Persistence** (послесвечение) ← **Intensities**

Установка параметров функции послесвечения осциллограммы на экране.

"Off"	Функция послесвечения выключена
"Automatic"	Автоматическая установка прибором оптимального времени послесвечения
"Manual"	Пользовательские настройки послесвечения, устанавливаемые настройкой "Persist. Time".

Команды ДУ:

```
DISPlay:PERsistence:STATe
```

```
DISPlay:PERsistence:TIME: AUTO
```

**Persist. Time** (время послесвечения) ← **Intensities**

Установка пользовательских настроек послесвечения при выборе режима "Manual". Каждая новая информационная точка остается на экране в течение заданного в этой настройке времени послесвечения. Диапазон допустимых значений: от 50 мс до 9,6 с или "Infinite" (бесконечно). При выборе значения "Infinite" каждая новая информационная точка остается на экране до тех пор, пока не будет изменена данная настройка или произведено обновление отображения.

Команды ДУ:

```
DISPlay:PERsistence:TIME
```

```
DISPlay:PERsistence:INFinite
```

**Clear Persist.** (очистить послесвечение) ← **Intensities**

Обновление отображения на экране.

Команда ДУ:

```
DISPlay: PERsistence: CLEar
```

**Dots Only** (только точки)

При включенной опции отображаются только отдельные точки данных. При выключении опции отдельные информационные точки соединяются линиями. Задание интенсивности линий производится с помощью ручки "INTENSITY" слева от экрана.

Команда ДУ:

```
DISPlay:STYLe
```

**Inverse Brightn.** (инверсия яркости)

Инвертирование уровня яркости сигналов. По умолчанию, чаще появляющиеся значения отображаются ярче, чем редко появляющиеся. Посредством данной настройки производится инвертирование такого режима отображения. Редко появляющиеся значения начинают отображаться ярче, чем часто появляющиеся. Рекомендуется использовать данную настройку в сочетании с функцией послесвечения для детектирования редко появляющихся на осциллограмме значений.

Команда ДУ:

```
DISPlay:PALette (INVerse, IFColor)
```





### Temper. Colors (теплота цвета)

Теплота цвета: Преобразование уровня яркости отображения сигналов в цветовую шкалу, т.е. постепенное изменение цвета в широком цветовом спектре с увеличением частоты появления.

По умолчанию, редко появляющиеся значения отображаются синим цветом, в то время как чаще появляющиеся – красным, а очень часто появляющиеся – желтым или белым. Значения с промежуточной частотой появления отображаются различными цветами. Результатом является более высокая контрастность, которая обеспечивает лучшее восприятие отдельных элементов осциллограммы.

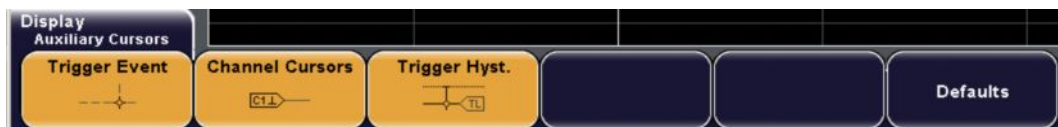
**Примечание** – При инвертировании яркости отображения происходит изменение цветов.

Команда ДУ:

DISPlay:PALETTE (NORMal, FColor)

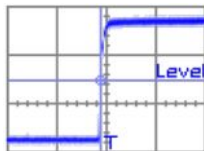
### Aux. Cursors (вспомогательные курсоры)

Доступ к функциям отображения вспомогательных курсоров. Подсвеченные функции являются активными.



#### Trigger Event (событие запуска) ← Aux. Cursors

Отображение или скрытие момента запуска. Пересечение уровня и времени запуска указывается в виде ромбика.

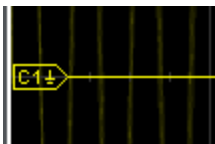


Смещение указывается относительно опорной точки и отображается в заголовке. При изменении уровня или позиции запуска временно появляется линия для указания измененного значения.

При включенном запуске по В-событию, запуск происходит в результате возникновения А-события с последующим возникновением В-события. Момент запуска отображается тем же цветом, что и источник запускающего В-события.

#### Channel Cursors (канальные курсоры) ← Aux. Cursors

Включение или выключение курсора активного канала. Канальный курсор представляет собой пунктирную линию, указывающую нулевой уровень для канала. Данная линия временно отображается при изменении масштаба по оси Y, после чего автоматически исчезает.



При определении сдвига постоянной составляющей отобразится вторая вспомогательная линия. Интервал между этими двумя линиями равен сдвигу постоянной составляющей.



**Trigger Hyst.** (гистерезис запуска) ← **Aux. Cursors**

Отображение или скрытие величины гистерезиса в окрестности уровня запуска при изменении уровня запуска или гистерезиса. Использование гистерезиса предотвращает возникновение нежелательных запускающих событий, вызываемых шумовыми колебаниями в окрестности уровня запуска.

См. также подраздел "[Hysteresis A|B](#)" в главе 5.3.2.3.

**Defaults** (стандартные значения) ← **Aux. Cursors**

Восстановление стандартных настроек курсора, т.е. отображение обоих вспомогательных курсоров.

**Grid** (координатная сетка)

Задание вида отображения координатной сетки.



"Lines" Отображение координатной сетки в виде горизонтальных и вертикальных линий.

"Reticle" Отображение перекрестья вместо координатной сетки.

"Off" Скрытие координатной сетки с экрана.

Команда ДУ:

`DISPlay:GRID:STYLE`

**VirtualScreen** (виртуальный экран)

Включение или выключение виртуального экрана.

Если функция включена, то отображаются 8 из 20 делений виртуального экрана. Для выбора отображаемых делений нажать и вращать поворотную ручку "Intensity / Virtual screen", расположенную у левой границы экрана.

Если функция выключена, то доступно всего лишь 8 делений, все из которых отображаются на экране.

Команды ДУ:

`DISPlay:VSCreen:ENABle`

`DISPlay:VSCreen:POSition`

**Transparency** (прозрачность)

Установка уровня прозрачности окон результатов, которые накладываются на осциллограммы, например, окна со статистическими результатами или результатами измерения цифровым вольтметром.

Команда ДУ:

`DISPlay:DIALog:TRANsparency`

## 6.2 XY-диаграммы

Использование XY-диаграмм позволяет объединять уровни напряжений двух осциллограмм на одной диаграмме. При этом вместо временной развертки по оси X используется амплитуда второго сигнала. Это позволяет, например, производить измерения фазовых сдвигов. В случае гармонических сигналов итоговые XY-

диаграммы являются фигурами Лиссажу. XY-диаграммы также могут быть использованы для отображения квадратурного (IQ) представления сигнала.

Также имеется возможность задания по оси Y двух источников сигналов для сравнения.

Интенсивность XY-осциллограммы может быть установлена на заданный уровень или динамически модулирована посредством дополнительного источника сигнала. В последнем случае амплитуды исходного сигнала определяют интенсивность отображаемой осциллограммы. Подробнее см. главу 6.2.1.2 "Настройка интенсивности XY-осциллограммы".

Наряду с XY-диаграммой, временные диаграммы источников сигнала отображаются в отдельных окнах.



Рисунок 6-1 – XYZ-отображение

### 6.2.1 Настройка XY-диаграмм

Использование XY-диаграммы позволяет объединять уровни напряжения двух осциллограмм в одной диаграмме. Дополнительный источник сигнала может быть использован для определения интенсивности XY-осциллограммы.

### 6.2.1.1 Настройка XY-диаграммы

#### Переключение отображения на XY-диаграмму и обратно

- ▶ Нажимать "DISPLAY > Display Mode" до выбора требуемого режима.

#### Настройка XY-диаграммы

Предварительное условие: режим "Display Mode" установлен в значение "XY".

1. Выбрать "DISPLAY > XYZ Setup > Source X" для задания сигнала, который будет использоваться в качестве источника по оси X. Нажимать "Source X" до тех пор, пока не будет выделен требуемый канал.
2. Выбрать "DISPLAY > XYZ Setup > Source Y1" для задания сигнала, который будет использоваться в качестве источника (первого) по оси Y. Нажимать "Source Y1" до тех пор, пока не будет выделен требуемый канал.
3. Дополнительно, выбрать "DISPLAY > XYZ Setup > Source Y2" для задания сигнала, который будет использоваться в качестве второго источника по оси Y. Нажимать "Source Y2" до тех пор, пока не будет выделен требуемый канал.

XY-диаграмма будет отображена в основном окне. Для отображения временных диаграмм X, Y1, Y2, и Z откроются дополнительные окна, если задан источник сигнала.

### 6.2.1.2 Настройка интенсивности XY-осциллограммы

Интенсивность XY-диаграммы может быть задана в виде постоянного значения или согласно амплитуде дополнительного источника сигнала Z.

- Постоянная интенсивность: см. подраздел [Установка интенсивности XY-осциллограммы на заданное значение](#)
- Интенсивность XY-осциллограммы динамически модулируется источником сигнала Z. Чем выше уровень сигнала Z, тем ярче отображается осциллограмма: см. подраздел [Настройка модулируемой сигналом интенсивности XY-осциллограммы](#).
- Интенсивность XY-осциллограммы задается пороговым значением: если значение сигнала Z ниже выбранного порога, соответствующая точка x/y не отображается. Если значение сигнала Z выше порога, точка x/y отображается с заданным уровнем интенсивности: см. подраздел [Настройка интенсивности XY-осциллограммы посредством задания порогового значения](#)

#### Установка интенсивности XY-осциллограммы на заданное значение

Предварительное условие: режим "Display Mode" установлен в значение "XY", проведена настройка XY-диаграммы.

1. Нажать "DISPLAY > XYZ Setup > Z Setup".
2. Для выключения функции управления интенсивностью по источнику Z нажимать левую функциональную клавишу "Source Z" до выделения пункта "OFF".
3. Нажать "DISPLAY > Intensities > Trace" для задания уровня интенсивности осциллограммы.
4. Ввести значение в процентах между 0 (не видно) и 100% (высокая интенсивность). Стандартное значение 50%.



Для прямой регулировки интенсивности осциллограммы независимо от того, какое меню в данный момент отображается, может быть использована ручка "INTENSITY", расположенная с левой стороны от экрана.

### Настройка модулируемой сигналом интенсивности XY-осциллограммы

Предварительное условие: режим "Display Mode" установлен в значение "XY", проведена настройка XY-диаграммы.

1. Нажать "DISPLAY > XYZ Setup > Z Setup".
2. Для включения управления интенсивностью по источнику Z нажимать левую функциональную клавишу "Source Z" до выделения пункта "ON".
3. Для выбора источника сигнала, определяющего интенсивность осциллограммы, нажимать вторую функциональную клавишу "Source Z" до тех пор, пока не будет выбран требуемый канал.
4. Для выбора управления интенсивностью посредством модуляции нажимать "Z-Intensity" до выделения пункта "Modulation".

### Настройка интенсивности XY-осциллограммы посредством задания порогового значения

Предварительное условие: режим "Display Mode" установлен в значение "XY", проведена настройка XY-диаграммы.

1. Нажать "DISPLAY > XYZ Setup > Z Setup".
2. Для включения управления интенсивностью по источнику Z нажимать левую функциональную клавишу "Source Z" до выделения пункта "ON".
3. Для выбора источника сигнала, определяющего интенсивность осциллограммы, нажимать вторую функциональную клавишу "Source Z" до тех пор, пока не будет выбран требуемый канал.
4. Для выбора управления интенсивностью посредством задания порогового значения нажимать "Z-Intensity" до выделения пункта "ON | OFF".
5. Нажать "Threshold" и ввести требуемое значение для задания порогового значения.

## 6.2.2 Меню XYZ Setup

Настройка XY-диаграмм осуществляется в подменю основного меню "Display".

Доступ: DISPLAY > "XYZ Setup"



#### Source X (источник X)

Задание источника, заменяющего обычную временную развертку по оси X для отображения на XY-диаграмме. В качестве источника может быть выбран любой аналоговый канал.

Функция доступна в приборе R&S RTM1054.

Команда ДУ:

DISPlay:XY:XSource

**Source Y1** (источник Y1)

Задание источника (первого) по оси Y для отображения на XY-диаграмме. В качестве источника может быть выбран любой аналоговый канал.

Функция доступна в приборе R&S RTM1054.

Команда ДУ:

DISPlay: XY: Y1Source

**Source Y2** (источник Y2)

Задание дополнительного второго источника по оси Y для отображения на XY-диаграмме. В качестве источника может быть выбран любой аналоговый канал.

Функция доступна в приборе R&S RTM1054.

Команда ДУ:

DISPlay: XY: Y2Source

**X-CH1 Y-CH2**

Задание канала 1, заменяющего обычную временную развертку по оси X для отображения на XY-диаграмме и установка канала 2 для оси Y.

Функция доступна в приборе R&S RTM1052.

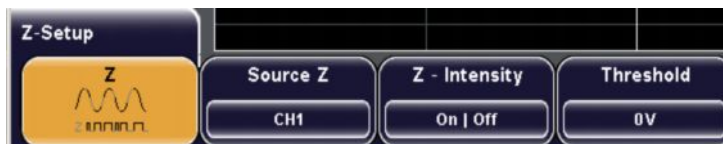
**X-CH2 Y-CH1**

Задание канала 2, заменяющего обычную временную развертку по оси X для отображения на XY-диаграмме и установка канала 1 для оси Y.

Функция доступна в приборе R&S RTM1052.

**Z Setup** (настройка Z)

Интенсивность отображаемой на XY-диаграмме осциллограммы может быть установлена на заданный уровень или динамически модулирована посредством дополнительного источника сигнала Z. В последнем случае амплитуды источника сигнала определяют интенсивность осциллограммы.

**Z ← Z Setup**

Включение или выключение управления интенсивностью осциллограммы посредством дополнительного источника сигнала. При выключенной опции интенсивность определяется значением, установленным в общей настройке кривой "Intensity".

Команда ДУ:

DISPlay: XY: ZMODE

**Source Z** (источник Z) ← **Z Setup**

Задание источника, который будет использоваться для определения интенсивности осциллограммы. В качестве источника может быть выбран любой аналоговый канал. Многократное нажатие функциональной клавиши осуществляет прокрутку по списку доступных источников.

Команда ДУ:

DISPlay: XY: ZSource

**Z-Intensity** (интенсивность Z) ← **Z Setup**

Переключение между режимами интенсивности.

"Modulation"	Модулированная интенсивность; непрерывное модулирование интенсивности сигналом выбранного источника "Source Z".
"On   Off"	Интенсивность определяется пороговым значением "Threshold". Если значение сигнала Z находится ниже выбранного порога, соответствующая X/Y-точка будет отображена с низкой интенсивностью. Если значение сигнал Z находится выше выбранного порога, X/Y-точка отобразится с заданным уровнем интенсивности.

Команда ДУ:

`DISPlay:XY:ZMODE`

**Threshold** (порог) ← **Z Setup**

Задание порогового значения для интенсивности с двухпозиционной модуляцией, при "Z-Intensity" установленном в положение "ON | OFF".

Команда ДУ:

`DISPlay:XY:ZTHReshold`

## 6.3 Масштабирование

Масштабирование используется для проведения более подробного анализа результатов измерений. Область масштабирования и ее позиция может быть сконфигурирована числовым методом или с помощью поворотных ручек.



### Использование маркеров

Маркеры могут быть использованы для быстрого масштабирования интересующей области отображения, см. раздел "[Масштабирование по позициям маркеров](#)".

### 6.3.1 Отображение масштабированной области

При запуске отображения масштабированной области происходит отображение двух окон: исходного окна временной диаграммы сверху и окна масштабированной области снизу. Область по временной оси, которую необходимо увеличить, определяется областью масштабирования, указываемой белыми линиями на исходной диаграмме Y(t).



Стандартные параметры канала отображаются на информационной панели над исходным окном  $Y(t)$  (см. общую информацию об отображении, приведенную в кратком руководстве по эксплуатации).

Дополнительно, на информационной панели, находящейся над окном масштабирования, отображаются параметры области масштабирования. Представлена следующая информация:

Z	Zoom Time Base, т.е. масштаб по временной оси для окна масштабирования в секундах на деление; определяет ширину масштабированной области, отображаемой в окне масштабирования (10 делений * деление шкалы) <a href="#">TIMebase:ZOOM:SCALE?</a>
Tz	Zoom Time, т.е. смещение момента запуска относительно опорной точки 0 с в окне масштабирования; определяет положение масштабированной области <a href="#">TIMebase:ZOOM:TIME?</a>
	Частота дискретизации для окна масштабирования <a href="#">ACQuire:SRATe:ZOOM?</a>

Нажатие поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL перемещает фокуса ввода между окном  $Y(t)$  (Time Control), область масштабирования (Zoom Control) и окном масштабирования. Текущая выбранная область экрана подсвечивается и отображается на информационной панели окна масштабирования. В зависимости от произведенного выбора, функции поворотных ручек SCALE и POSITION могут меняться.



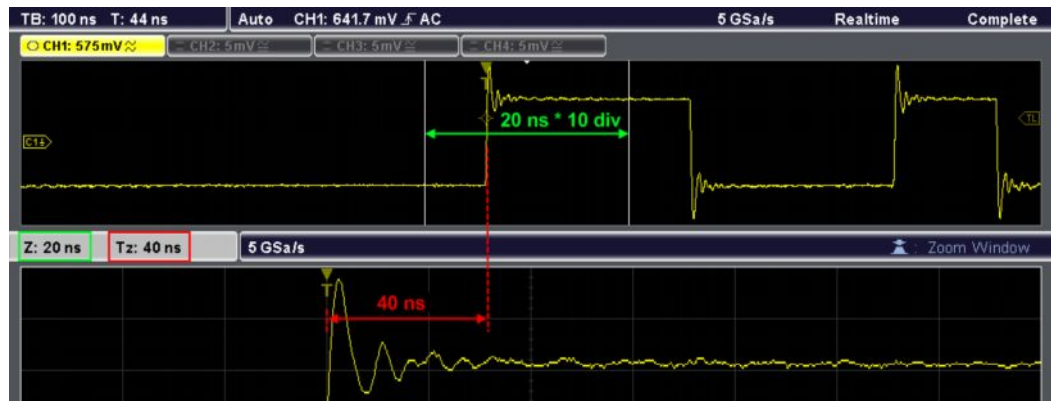


Рисунок 6-2 – Ширина и положение области масштабирования

При выключении отображения масштабированной области восстанавливается предыдущее отображение.

### 6.3.2 Масштабирование для изучения подробностей

Область масштабирования и ее позиция может быть сконфигурирована числовым методом или с помощью поворотных ручек.

#### Отображение масштабированной области

- ▶ Нажать клавишу ZOOM.

Клавиша подсветится, и отобразятся два окна: исходное окно временной диаграммы сверху и окно масштабированной диаграммы снизу.

#### Выключение отображения масштабированной области

- ▶ Повторно нажать клавишу ZOOM или нажать функциональную клавишу "Zoom Off" в меню "Zoom" для закрытия окна масштабирования.

Клавиша ZOOM больше не подсвечивается, восстанавливается предыдущее отображение.

#### Конфигурирование области масштабирования числовым методом

1. Нажать функциональную клавишу "Zoom Time Base" для задания масштаба по временной оси в секундах на деление на масштабированной диаграмме. Шкала указывается в параметре "Z" на информационной панели над масштабированной диаграммой и определяет ширину области масштабирования, отображаемой на масштабированной диаграмме (10 делений \* деление шкалы).
2. Нажать функциональную клавишу "Zoom Time" для задания смещения момента запуска относительно опорной точки 0 с на масштабируемой диаграмме. Смещение указывается в параметре "Tz" на информационной панели, находящейся над окном масштабирования, и определяет положение области масштабирования.

Область масштабирования выделяется белыми линиями в исходном окне Y(t). В окне масштабирования производится более подробное отображение данных заданной области масштабирования.

### Конфигурирование области масштабирования с помощью поворотных ручек

Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для перемещения фокуса ввода между окном  $Y(t)$  (Time Control), областью масштабирования (Zoom Control) и окном масштабирования. Текущая выбранная область экрана подсвечивается и отображается на информационной панели окна масштабирования. В зависимости от произведенного выбора, функции поворотных ручек SCALE и POSITION могут меняться.

1. Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора функции "Zoom Control" или "Zoom Window".

Функции поворотных ручек одинаковы для обоих элементов; однако, для очень больших масштабных коэффициентов, прокрутка посредством функции "Zoom Window" может оказаться быстрее.

2. Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL против часовой стрелки для увеличения области масштабирования или по часовой стрелке для ее уменьшения.

Масштабированная диаграмма и параметр "Z" (Zoom Time Base) на находящейся сверху информационной панели будут адаптированы соответствующим образом.

3. Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL против часовой стрелки для перемещения области масштабирования налево или против часовой стрелки для ее перемещения направо.

Масштабированная диаграмма и параметр "Tz" (Zoom Time) на находящейся сверху информационной панели будут адаптированы соответствующим образом.

В окне масштабирования будет произведено более подробное отображение данных области масштабирования, заданной по исходной временной оси.

### Конфигурирование исходной диаграммы $Y(t)$

1. Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора функции "Time Control" исходного окна  $Y(t)$ .
2. Нажать клавишу "Main Time Base" для задания масштаба по временной оси в исходном окне  $Y(t)$  в секундах на деление. Также можно вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL.
3. Нажать "Trigger Offset" для задания смещения момента запуска относительно опорной точки 0 с в исходном окне  $Y(t)$ . Также можно вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL.

Обратите внимание, что при изменении смещения в исходном окне также изменяется смещение в окне масштабирования (Zoom Time).

### 6.3.3 Меню Zoom

Клавиша ZOOM предоставляет доступ к функциям настройки отображения масштабированной области.



- [Main Time Base](#)
- [Zoom Time Base](#)
- [Trigger Offset](#)
- [Zoom Time](#)
- [Zoom Off](#)

**Main Time Base** (основная временная ось)

Задание масштаба по временной оси в (исходном) окне  $Y(t)$  в секундах на деление шкалы. Масштаб указывается в параметре "TB" на информационной панели, находящейся над окном.

**Примечание** – При выбранной функции "Time Control" подстройка масштаба по исходной временной оси осуществляется посредством поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL.

См. также описание ручки "SCALE", раздел ["Конфигурирование исходной диаграммы  \$Y\(t\)\$ "](#) и [рисунок 10-2](#).

Команда ДУ:

`TIMEbase:SCALE`

**Zoom Time Base** (временная ось масштабирования)

Задание масштаба по временной оси для окна масштабирования в секундах на деление. Масштаб определяет ширину области масштабирования, отображаемой в окне масштабирования (10 делений \* деление шкалы).

Область масштабирования указывается белыми линиями в исходном окне  $Y(t)$ .

Команда ДУ:

`TIMEbase:ZOOM:SCALE`

**Trigger Offset** (смещение запуска)

Задание позиции по горизонтали момента запуска относительно опорной точки – нулевой точки координатной сетки. Данное значение известно также как смещение запуска и указывается в параметре "T" на информационной панели, находящейся над окном.

Опорная точка устанавливается с помощью параметра SETUP >"Time Reference".

**Примечание** – При отображении окна масштабирования или вычисления БПФ, а также при выбранной функции "Time Control", время запуска может быть подстроено посредством поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL.

См. также:

- ["POSITION"](#)
- ["Time Reference"](#)
- ["Конфигурирование исходной диаграммы  \$Y\(t\)\$ "](#)

Команда ДУ:

`TIMEbase:POSition`

**Zoom Time** (время масштабирования)

Задание смещения момента запуска относительно опорной точки 0 с в окне масштабирования. Смещение определяет позицию области масштабирования, отображаемой в окне масштабирования.

Команда ДУ:

`TIMEbase:ZOOM:TIME`

**Zoom Off** (выключение масштабирования)

Закрытие окна масштабирования и возвращение к предыдущему режиму отображения.

Команда ДУ:

`TIMebase : ZOOM : STATE`

## 6.4 Использование маркеров

Маркеры позволяют отмечать определенные точки на экране, например, передний или задний фронт или непредвиденное значение сигнала, или результат поиска. Маркеры также могут быть использованы для указания интересующей области масштабирования и для быстрого перемещения по точкам осциллограммы.

Доступны два типа маркеров:

- Маркеры-временные метки могут использоваться если не включен режим поиска. Они могут устанавливаться вручную в любую позицию осциллограммы. Эти маркеры обозначаются синими вертикальными линиями. Можно установить до 8 маркеров-временных меток. Эти маркеры описаны в данной главе.
- Если активен режим поиска, можно установить маркеры поиска на выбранные результаты поиска. Эти маркеры обозначаются пурпурными флажками результатов поиска. Маркеры результатов поиска описаны в [главе 12.1 "Условия и результаты поиска"](#).

### 6.4.1 Использование маркеров-временных меток

Маркеры-временные метки отображаются на экране в виде цветных линий. Если маркеры включены, но не видны на экране (например, на отображении масштабированной области), они обозначаются стрелками с левой или правой стороны экрана.

См. также: подраздел "[Использование маркеров в результатах поиска](#)" в главе 12.2.

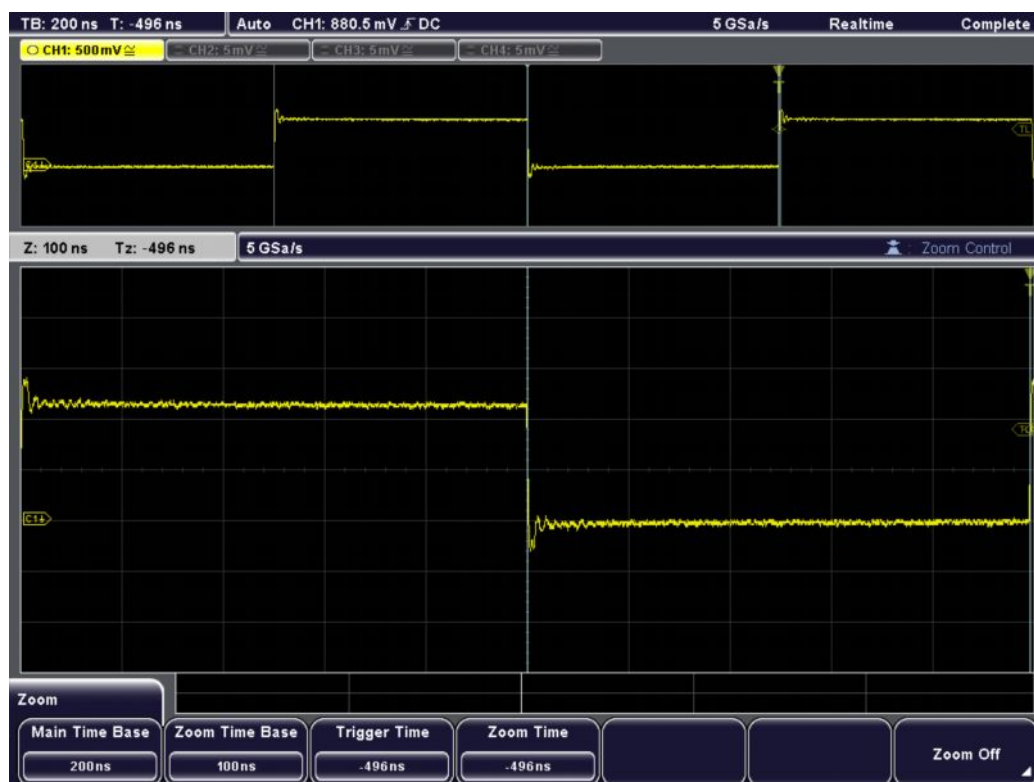


Рисунок 6-3 – Отображение масштабированной области с помощью маркеров

### Установка маркера

1. Вращением поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL переместить позицию для маркера в опорную точку, обычно, в центре экрана.
2. Нажать клавишу SET CLEAR для установки нового маркера в опорной позиции.

### Выбор маркера

При выборе маркера происходит его автоматическое перемещение на опорную точку отображения.

1. Нажать клавишу NEXT для перемещения следующего маркера (направо) на опорную точку отображения или области масштабирования.
2. Нажать клавишу PREV для перемещения предыдущего маркера (налево) на опорную точку отображения или области масштабирования.

### Удаление маркера

1. Выбрать маркер, который необходимо удалить, посредством клавиш NEXT или PREV.
2. Нажать клавишу SET CLEAR для удаления маркера с опорной позиции.

### Масштабирование по позициям маркеров

1. Установите маркер на отображении как описано выше.
2. Нажатием клавиши ZOOM включите функцию масштабирования, если она еще не активирована.

Линии маркеров отобразятся как в исходном окне, так и в окне масштабирования.

3. Посредством клавиш NEXT или PREV выбрать маркер, указывающий область, которую необходимо масштабировать.

Центральная точка области масштабирования переместится на маркер (см. [рисунок 6-3](#)).

4. При необходимости отрегулируйте положение области масштабирования в окрестности маркера, как описано в пункте "[Конфигурирование области масштабирования с помощью поворотных ручек](#)" в главе 6.3.2.

## 6.4.2 Справочная информация о маркерах

Клавиши маркеров используются для обоих типов маркеров, маркеров-временных меток и маркеров результатов поиска.

Для получения более подробной информации об установке и перемещении маркеров см.

- [главу 6.4.1 "Использование маркеров-временных меток"](#).
- подраздел "[Использование маркеров в результатах поиска](#)" в главе 12.2.

- NEXT
- PREV
- SET CLEAR

### NEXT

Перемещение следующего маркера (направо) к опорной точке отображения или области масштабирования. Если включен режим поиска, клавиша осуществляет навигацию по маркерам результатов поиска.

**Примечание** – При наличии справа доступного, но еще не отображаемого на экране маркера, с правой стороны экрана будет отображаться красная стрелка.

Команда ДУ:

`TSTamp: NEXT` (только для маркеров-временных меток)

### PREV

Перемещение предыдущего маркера (налево) к опорной точке отображения или области масштабирования. Если включен режим поиска, клавиша осуществляет навигацию по маркерам результатов поиска.

**Примечание** – При наличии слева доступного, но еще не отображаемого на экране маркера, с левой стороны экрана будет отображаться красная стрелка.

Команда ДУ:

`TSTamp: PREVIOUS`

### SET CLEAR

Установка нового маркера на опорную точку отображения или удаление существующего маркера с опорной точки. Для перемещения маркера на опорную точку используются клавиши NEXT и PREV.

В окне результатов поиска маркер устанавливается или удаляется из результатов поиска, выбранных в таблице событий "Event Table".

## 7 Опорные осциллограммы

Опорные осциллограммы представляют собой данные об осциллограмме, сохраненные во внутренней памяти. В приборе доступны четыре ячейки внутренней памяти для хранения опорных осциллограмм: RE1 - RE4. Эти опорные осциллограммы могут быть отображены на экране.

Опорные осциллограммы могут быть сохранены в или загружены из любого устройства хранения данных – внутренней памяти или внешнего USB-флэш накопителя. Используется формат файлов .TRF. Файлы TRF содержат двоичные данные осциллограмм и настройки прибора, и пользователь может также восстанавливать настройки при загрузке опорной кривой. Если файл TRF сохраняется во внутреннюю память, объем данных об осциллограмме ограничен значением 256 кбайт (без настроек и данных заголовка).

Подробнее о форматах файлов см. главу 17.2.4.1 "Форматы файлов осциллограмм".

Сохраненные опорные осциллограммы можно копировать на другое устройство хранения с помощью функций экспорта/импорта. С помощью экспорта/импорта пользователь также может изменить формат целевого файла и преобразовать данные. Чтобы скопировать сохраненную опорную осциллограмму, используйте функцию FILE > "Import/Export References". См. также: глава 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных".

Более того, осциллограммы можно напрямую сохранять на USB флэш-накопитель функцией FILE > "Waveforms", не создавая предварительно опорной осциллограммы. См.: глава 17.2.4 "Осциллограммы".

### 7.1 Использование опорных осциллограмм

В качестве опорных осциллограмм могут быть сохранены любые активные осциллограммы – каналные, расчетные, а также другие опорные осциллограммы – или же могут быть загружены предварительно сохраненные опорные осциллограммы.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве опорных также можно сохранить блоки цифровых каналов.



Для каждой выбранной опорной осциллограммы имеются обычные настройки позиционирования по вертикали, а также, в отличие от других типов осциллограмм, отдельные настройки масштаба и позиционирования по горизонтали.

Текущий масштаб отображается на метке опорной осциллограммы.

#### 7.1.1 Отображение опорной осциллограммы

Опорная осциллограмма отображается или на основании сохраненных во внутреннюю память данных, или исходя из действительной или загруженной из файла опорной осциллограммы. Посредством клавиши "Visible" осциллограмма может быть скрыта и снова отображена.

1. Нажать клавишу REF для отображения меню "Reference".
2. Нажать функциональную клавишу "Reference" и выбрать ячейку памяти.



## Использование опорных осциллограмм

Если опорная осциллограмма ранее уже загружалась в выбранную ячейку памяти, произойдет ее отображение.

3. Выбрать данные, которые будут использоваться в качестве опорных, произведя одно из следующих действий:
    - Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать одну из действительных осциллограмм, после чего нажать клавишу "Update".
    - Загрузить ранее сохраненную опорную осциллограмму.  
См. также: подраздел ["Загрузка опорных осциллограмм и настроек"](#).
- Выбранные данные будут записаны в указанное запоминающее устройство и отображены на экране.
4. Нажать функциональную клавишу "Visible" для скрытия и отображения опорной осциллограммы.

### 7.1.2 Сохранение и загрузка опорных осциллограмм

При необходимости иметь более четырех опорных осциллограмм или сохранить опорную осциллограмму для других измерений ее можно сохранять в прибор и загружать обратно. Также можно выполнить импорт и экспорт опорных осциллограмм.

#### Сохранение опорных осциллограмм

1. Нажать клавишу REF для отображения меню "Reference"
2. Нажать функциональную клавишу "Save".
3. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать осциллограмму, данные которой будут сохранены в качестве опорных. Могут быть сохранены данные всех активных осциллограмм.
4. Нажать функциональную клавишу "Storage" и задать настройки памяти.  
См. подраздел ["Выбор каталога хранения данных"](#) в главе 17.
5. Нажать функциональную клавишу "File Name" и ввести имя целевого файла.  
См. подраздел ["Ввод нового имени файла или каталога"](#) в главе 17.
6. Нажать функциональную клавишу "Save".



Чтобы скопировать сохраненную опорную осциллограмму, используйте функцию FILE > "Import/Export References". Описание процедуры импорта/экспорта см. в [главе 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#).

#### Загрузка опорных осциллограмм и их настроек

1. Нажать клавишу REF.
2. Нажать функциональную клавишу "Load".
3. Нажать функциональную клавишу "Reference" и выбрать номер опорной осциллограммы, которую необходимо загрузить.
4. Нажать функциональную клавишу "Load".  
Откроется диспетчер файлов.

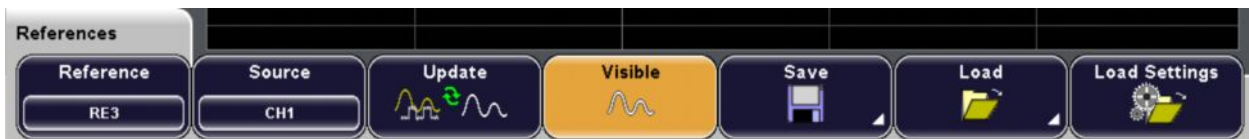
## Справочная информация о клавише REF

5. Выбрать устройство хранения и файл, содержащий опорные данные. Для навигации по каталогам используйте ручку NAVIGATION. Для смены каталога следует переместиться на имя другого каталога и нажать поворотную ручку или функциональную клавишу "Change Directory".
6. Нажать функциональную клавишу "Load".  
Сохраненные опорные данные будут загружены в прибор R&S RTM.
7. При необходимости загрузки настроек, использующихся при построении опорной осциллограммы:
  - а) В меню "Reference" или "Load" нажать функциональную клавишу "Reference" и выбрать номер осциллограммы, в который будут загружены настройки.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Load Settings".  
Функция "Load Settings" доступна, только если ранее в память уже была загружена осциллограмма (загрузить настройки до этого момента нельзя).

## 7.2 Справочная информация о клавише REF

Клавиша REF обеспечивает доступ к функциям работы с опорными осциллограммами.

Для получения подробной информации о работе с этими функциями см. [главу 9.1 "Использование опорных осциллограмм"](#).



- Reference
- Source
- Update
- Visible
- Save
- Load
  - └ Reference
  - └ Load
- Load Settings

### Reference (опорная осциллограмма)

Выбор одной из четырех ячеек внутренней памяти, предназначенных для сохранения опорных осциллограмм.

См. также [главу 7.1 "Использование опорных осциллограмм"](#).

### Source (источник)

Задание источника опорной осциллограммы. Может быть выбрана текущая осциллограмма любого активного канала, расчетная или опорная осциллограмма.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве опорных также можно сохранить блоки цифровых каналов.

Команды ДУ:

`REFCurve<m>:SOURce`

`REFCurve<m>:SOURce:CATalog?`

#### **Update** (обновить)

Сохранение осциллограммы, заданной в качестве источника "Source" в виде опорной осциллограммы. Опорная осциллограмма сохраняется до обновления или загрузки другой осциллограммы в качестве опорной.

См. также [главу 7.1.1 "Отображение опорной осциллограммы"](#).

Команда ДУ:

`REFCurve<m>:UPDate`

#### **Visible** (показать)

Отображение или скрытие выбранной опорной осциллограммы.

Команда ДУ:

`REFCurve<m>:STATe`

#### **Save** (сохранить)

Открытие меню "Save" с основными функциям сохранения системы уравнений.

См. раздел ["Меню Save"](#).

Команда ДУ:

`REFCurve<m>:SAVE`

#### **Load** (загрузить)

Функции для загрузки опорных данных.

#### **Reference** (опорная осциллограмма) ← **Load**

Выбор одной из четырех ячеек внутренней памяти, предназначенных для сохранения опорных осциллограмм.

См. также [главу 7.1 "Использование опорных осциллограмм"](#).

#### **Load (загрузить)** ← **Load**

Открытие меню "Load" и диспетчера файлов для выбора загружаемого файла опорной осциллограммы.

См. подраздел ["Меню Load"](#) в главе 17.

Команда ДУ:

`REFCurve<m>:LOAD`

#### **Load Settings** (загрузить настройки)

Загрузка настроек прибора, которые использовались для построения сохраненной опорной осциллограммы. Настройки доступны только в случае, если файл был сохранен во внутренней памяти / INT/REFERENCE и не записывался на внешний носитель (USB-накопитель).

Команда ДУ:

`REFCurve<m>:LOAD:STATe`

## 8 Измерения

Доступны следующие виды измерений:

- **CURSOR:** Курсорные измерения для определения результатов конкретных измерений в текущей позиции курсора на активной осциллограмме; результаты измерений отображаются в таблице результатов
- **QUICK MEAS:** незамедлительное проведение базовых измерений по выбранному каналу в автоматическом режиме; результаты измерений отображаются непосредственно на осциллограмме и в таблице результатов
- **MEAS:** настройка и одновременное проведение до 4-х измерений амплитуды и времени или числа импульсов в автоматическом режиме; выполняются для активного канала, опорной или расчетной осциллограмм. Результаты измерений отображаются в таблице результатов, цвет выводимых результатов соответствует цвету исходной осциллограммы. Эти измерения могут производиться совместно с измерениями "Quick Meas".

Используйте под отображение осциллограммы всю высоту экрана для обеспечения лучшей разрешающей способности по вертикали и для получения более точных результатов измерения.

### 8.1 Курсорные измерения

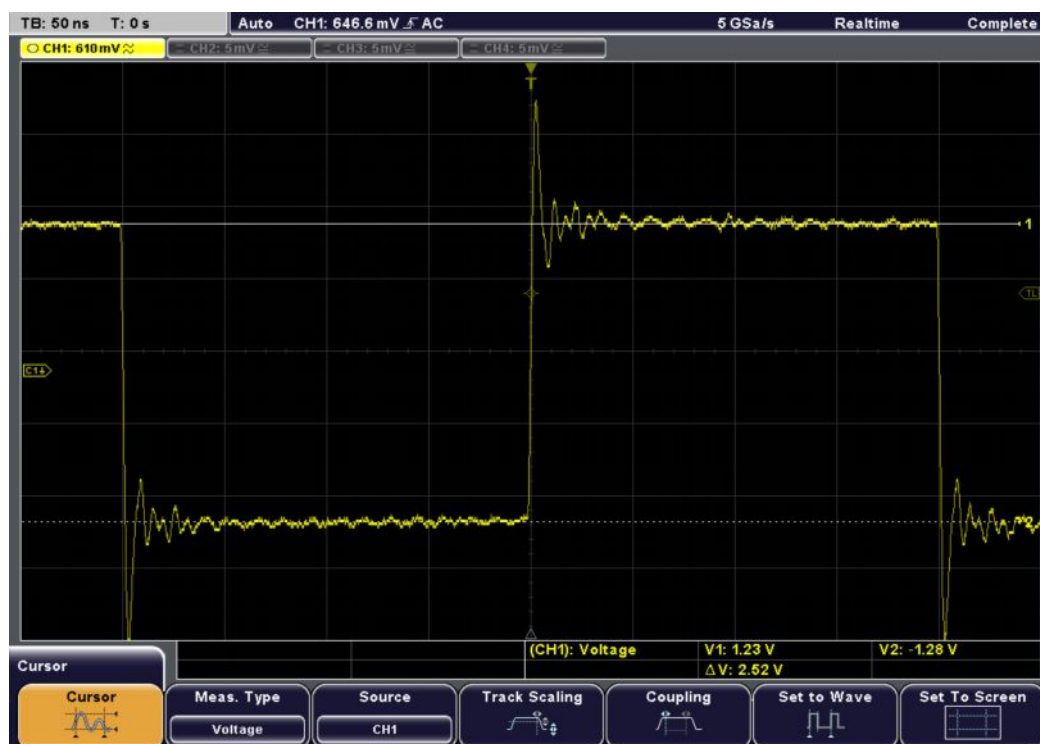
С помощью клавиши CURSOR можно определить результаты конкретных измерений в текущих позициях курсоров для различных осциллограмм. Установка курсоров на требуемую позицию производится посредством поворотной ручки NAVIGATION. Также имеется возможность установки курсоров на типовые позиции осциллограммы по нажатию клавиши.

Имеется возможность измерения на любом активном канале, расчетной или опорной осциллограмме, а также на результирующей осциллограмме БПФ-анализа и на XY-осциллограммах.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), то для временных и счетных курсорных измерений доступны активные цифровые каналы, а также могут быть определены битовые значения блоков.

#### 8.1.1 Типы и результаты курсорных измерений

Курсорные измерения основаны на автоматических измерениях. Курсорные измерения ограничены позициями курсоров или частью осциллограммы между курсорами, в то время как при автоматических измерениях учитывается вся отображаемая осциллограмма. Таким образом, используя курсоры, можно сфокусироваться на измерении только интересующей части осциллограммы. Результаты курсорных измерений отображаются в правой части таблицы результатов.



Для курсорных измерений в канале, на расчетной и опорной осциллограммах доступны различные типы измерений, например, пиковое, среднеквадратическое, среднее значения, количество импульсов. Курсорные измерения также могут выполняться для результатов БПФ-анализа. С их помощью определяются частоты и уровни (и их разность) в позициях курсоров.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), то в активных цифровых каналах могут выполняться временные и счетные измерения, а также могут быть определены битовые значения блоков.

Доступны следующие типы курсорных измерений:

- Voltage
- Time
- Voltage & Time
- Ratio X
- Ratio Y
- Count
- Peak Values
- RMS, Mean,  $\sigma$
- Duty Ratio
- Burst Width
- Rise Time
- V-Marker
- Crest factor

#### **Voltage** (напряжение)

Измерение напряжений по двум позициям курсоров и разности этих двух значений.

Результаты измерения: V1, V2,  $\Delta V$

**Time** (время)

Измерение интервала времени от момента запуска до позиции каждого курсора, интервала времени между двумя позициями курсоров и частоты, рассчитываемой на основании этого интервала ( $1/t$ ).

Результаты измерения:  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $\Delta t$ ,  $1/t$

**Voltage & Time** (напряжение и время)

Совместное курсорное измерение напряжения "Voltage" и времени "Time".

Устанавливаются две горизонтальные и две вертикальные курсорные линии, и измеряются напряжения и интервалы времени от момента запуска до позиции каждого курсора, а также разности значений напряжений и времени.

Результаты измерения:  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $\Delta t$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $\Delta V$

**Ratio X** (отношение по X)

Измерение посредством трех курсоров соотношения (например, коэффициента заполнения) между значениями первого и второго, а также первого и третьего курсоров по оси X:

$$(x_2 - x_1) / (x_3 - x_1)$$

Соотношение отображается в виде значения с плавающей запятой, в процентах, градусах и в радианах.

Результаты измерения: abs, %, °, π

**Ratio Y** (отношение по Y)

Измерение посредством трех курсоров соотношения (например, выброса) между позициями первого и второго, а также первого и третьего курсоров по оси Y:

$$(y_2 - y_1) / (y_3 - y_1)$$

Соотношение отображается в виде значения с плавающей запятой и в процентах.

Результаты измерения: abs, %

**Count** (счет)

Подсчет переходов сигнала посредством трех курсоров. Временная развертка определяется позициями первых двух курсоров, третий курсор определяет пороговое значение. В результате производится подсчет количества положительных и отрицательных перепадов, а также положительных и отрицательных импульсов.

Результаты измерения:  $\Pi$ ,  $\Upsilon$ ,  $\downarrow$ ,  $\uparrow$

**Peak Values** (пиковые значения)

Измерение максимального и минимального значения между позициями двух курсоров, а также абсолютной разности между двумя пиковыми значениями (размаха напряжения):

$$V_{pp} = |(V_{p+}) - (V_{p-})|$$

Результаты измерения:  $V_{p+}$ ,  $V_{p-}$ ,  $V_{pp}$

**RMS, Mean,  $\sigma$**  (СКЗ, среднее, СКО)

Измерение среднеквадратического значения (RMS или СКЗ), среднего значения и среднеквадратического отклонения результатов измерений между позициями двух курсоров.

Результаты измерения: Mean, RMS,  $\sigma$

**Duty Ratio** (коэффициент заполнения)

Измерение положительного и отрицательного коэффициентов заполнения.

Коэффициент заполнения – это отношение длительности положительного (высокого активного) или отрицательного (низкого активного) импульса к периоду прямоугольного сигнала. Для измерения необходим, как минимум, один полный период сигнала между курсором 1 и курсором 2. Длительность импульса и период измеряются курсором 3.

Результаты измерения: Dty+, Dty- (в %)

**Burst Width** (длительность импульса)

Измерение длительности пакетного (импульсного) сигнала. Два вертикальных курсора отмечают начало и конец пакетного сигнала. Горизонтальные курсоры задают пороговое значение, в качестве результата возвращается время между первым и последним фронтом пакетного сигнала.

Результаты измерения: BstW

**Rise Time** (время нарастания)

Измерение времени нарастания и спада крайнего слева фронта области осциллограммы между верхним и нижним опорными уровнями. Опорные уровни устанавливаются в меню автоматических измерений Auto Measure: MEAS > "Reference Level".

См. также: [Reference Level: Upper, Middle, Lower Levels](#).

Результаты измерения: tr, tf

**V-Marker** (V-маркер)

Измерение значений осциллограммы по позициям двух маркеров. Кроме того, отображается разность между двумя значениями по осям X и Y.

Результаты измерения: V1, V2, Δt, ΔV

**Crest factor** (коэффициент амплитуды)

Коэффициент амплитуды (пик-фактор) или отношение пикового напряжения к среднему. Вычисляется путем деления максимального значения осциллограммы  $V_{P+}$  на ее среднеквадратическое значение RMS. Измеренное значение отображается в таблице результатов параметром "Crest".

$$Crest = \frac{V_{P+}}{RMS}$$

## 8.1.2 Проведение курсорных измерений

При нажатии клавиши CURSOR происходит включение курсоров в соответствии с последними настройками.

### Конфигурирование курсорных измерений

1. Нажать клавишу CURSOR.  
Произойдет включение курсоров в соответствии с последними настройками.
2. Нажать функциональную клавишу "Meas. Type" для выбора типа проводимого измерения. Отображаемые в таблице результатов данные определяются выбранным типом измерения.  
См. также подраздел "[Meas.Type](#)" далее.



3. Нажать функциональную клавишу "Source" для выбора осциллограммы, по которой будут производиться измерения.  
Источником может служить любая активная осциллограмма, в зависимости от выбранного типа измерения.
4. Перемещать курсоры для получения требуемых результатов измерения.  
См. также раздел ["Изменение позиций курсоров"](#).  
Будет производиться измерение по позициям курсоров. Результаты измерений отображаются в таблице результатов.

### Изменение позиций курсоров

Отображаемые при курсорных измерениях результаты зависят от текущих позиций курсоров. Для получения результатов измерения по определенному временному интервалу или определенным точкам сигнала следует соответствующим образом перемещать курсоры.

1. Нажать поворотную ручку NAVIGATION для выбора первого курсора. Если до нажатия ручки меню выбора было открыто, произойдет его закрытие.  
**Совет** – При исчезновении курсоров с экрана или при необходимости их тщательного позиционирования на видимой области отображения, нажать "Set To Screen" в меню "Cursor" для установки курсоров на позиции по умолчанию.
2. Вращать поворотную ручку NAVIGATION для изменения позиции выбранной линии курсора.
3. Повторно нажать поворотную ручку для выбора следующей линии курсора и вращать ее для настройки позиции курсора.
4. Для упрощения позиционирования курсоров используются следующие функции:
  - "Track Scaling" для настройки позиции курсора при изменении масштаба по вертикальной или горизонтальной оси
  - "Coupling" для сохранения интервала между двумя линиями курсоров при перемещении одного из курсоров
  - "Set to Wave" для установки линий курсора на характерные позиции осциллограммы на основании проводимых в фоновом режиме автоматических измерений

См. также [главу 8.1.3 "Меню Cursor"](#).

Результаты измерений, отображаемые в таблице результатов, будут обновлены.

### Выключение режима курсорных измерений

1. Нажать клавишу CURSOR.
2. Нажать функциональную клавишу "Cursor".  
Функциональная клавиша "Cursor" погаснет, прекратится проведение измерений, исчезнут линии курсора, результаты измерения из таблицы результатов будут удалены.

## 8.1.3 Меню Cursor

При нажатии клавиши CURSOR произойдет открытие меню "Cursor" для проведения настройки ручных измерений.

См. также [главу 8.1.2 "Проведение курсорных измерений"](#).



- Cursor
- Meas.Type
- Source
- Track Scaling
- Coupling
- Set to Wave
- Set To Screen
- Prev. peak
- Next peak
- NAVIGATION

#### Cursor (курсор)

Запуск и прекращение выбранного курсорного измерения.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:STATe`

#### Meas.Type (тип измерения)

Выбор типа курсорного измерения. Отображаемые в таблице результатов данные зависят от выбранного типа измерения.

Список всех типов курсорных измерений и их описание см. в [главе 8.3.1.1 "Типы измерений"](#).

В зависимости от типа измерений предоставляются два или три курсора, которые могут быть установлены на требуемую позицию с помощью поворотной ручки NAVIGATION. См. также раздел ["Изменение позиции курсоров"](#).

Установка типов измерений не поддерживается для курсорных измерений на результатах БПФ-анализа.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:FUNction`

#### Source (источник)

Задание в качестве источника для проведения курсорного измерения активного канала, расчетной или опорной осциллограммы.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), то для измерений временных интервалов, отношения по X, количества импульсов, коэффициента заполнения и длительности пакетного сигнала также доступны цифровые каналы D0...D15, а блоки D0...D7 и D8...D15 могут использоваться для измерений V-маркером. Доступность источников зависит от выбранного типа измерений.

Настройка источника не поддерживается для курсорных измерений на результатах БПФ-анализа и в режиме XY.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:SOURce`

#### **Track Scaling** (отслеживание масштаба)

При включенной функции "Track Scaling" производится подстройка линий курсора при изменении масштаба по вертикальной или горизонтальной оси. При этом позиции линий курсоров относительно осциллограммы остаются неизменными.

При выключенной функции позиции линий курсоров остаются неизменными при изменении масштаба.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:TRACking:SCALe[:STATe]`

#### **Coupling** (связь)

При включенной функции устанавливается связь между курсорами, и они перемещаются вместе. Нажатием клавиши NAVIGATION выбирается перемещаемый курсор (один или оба).

При выключенной функции клавиша NAVIGATION служит переключателем отдельных курсорных линий.

Команды ДУ:

`CURSor<m>:XCoupling`

`CURSor<m>:YCOupling`

#### **Set to Wave** (установка на сигнал)

Автоматическая настройка курсорных линий: производится установка курсоров на характерные позиции осциллограммы, в зависимости от выбранного типа измерения. Например, при измерении напряжения производится установка горизонтальных линий курсоров на максимальное и минимальное значения осциллограммы. При измерении времени производится установка вертикальных линий курсоров на фронты двух последовательных положительных или отрицательных импульсов.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:SWAVe`

#### **Set To Screen** (установка на экран)

Установка курсоров на их начальные позиции. Функция полезна при исчезновении курсоров с экрана или при необходимости их перемещения на большие расстояния.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:SSCReen`

#### **Prev. peak** (предыдущий пик)

Только в режиме БПФ-анализа: установка выбранного курсора на предыдущий (слева) пик уровня.

Для выбора курсора нажать ручку NAVIGATION.

Команда ДУ:

`CURSor<m>:SPPeak`

**Next peak** (следующий пик)

Только в режиме БПФ-анализа: установка выбранного курсора на следующий (справа) пик уровня.

Для выбора курсора нажать ручку NAVIGATION.

Команда ДУ:

```
CURSor<m>:SNPeak
```

**NAVIGATION** (навигация)

Выбор курсора: нажать поворотную ручку NAVIGATION для выбора курсорной линии. При этом открытое меню будет закрыто. Повторным нажатием ручки выбирается необходимая курсорная линия или, если включена функция связи Coupling, пара связанных курсорных линий.

Перемещение выбранного курсора: вращать поворотную ручку для изменения положения выбранной курсорной линии.

Команды ДУ:

```
CURSor<m>:X1Position
```

```
CURSor<m>:X2Position
```

```
CURSor<m>:X3Position
```

```
CURSor<m>:Y1Position
```

```
CURSor<m>:Y2Position
```

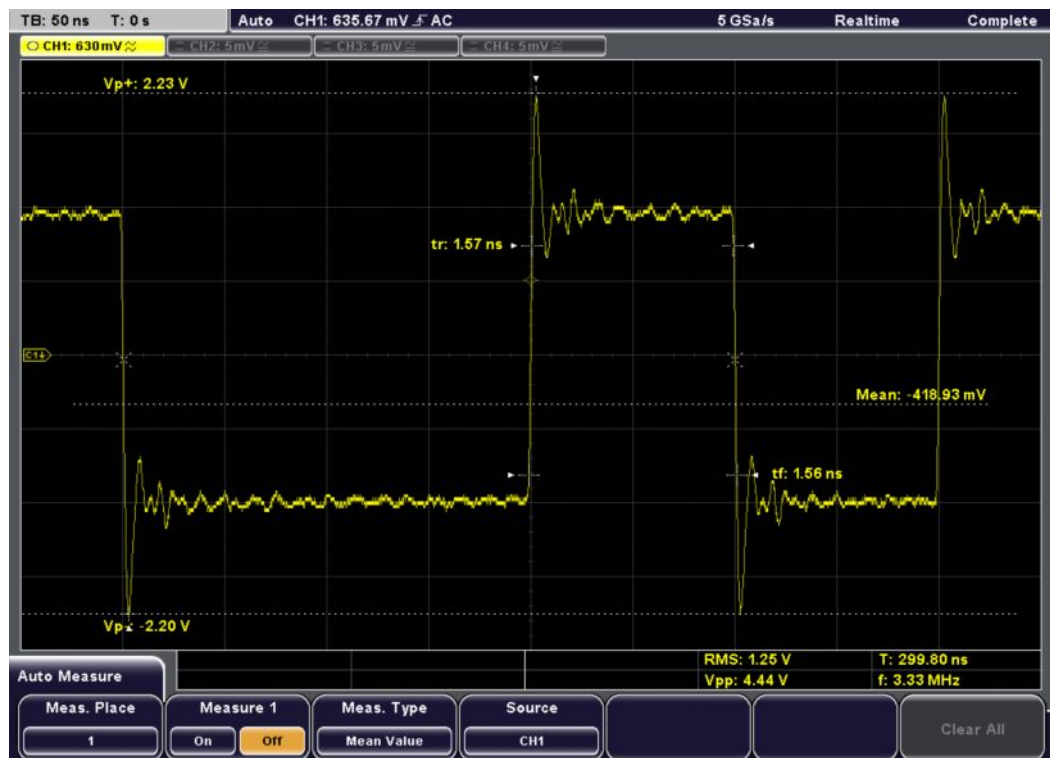
```
CURSor<m>:Y3Position
```

## 8.2 Быстрые измерения

В режиме быстрых измерений производятся все доступные на данный момент автоматические измерения для выбранного канала. Проведение настройки измерений при этом недоступно. Результаты измерений отображаются и непрерывно обновляются или непосредственно на осциллограмме (WF), или в правой части таблицы результатов (T).

Если прибор обнаруживает периодичность сигнала, функция быстрых измерений измеряет первый период и отображает результаты измерения. Если периодичность не обнаружена, измерение выполняется по всей осциллограмме.

- ▶ Нажать клавишу QUICK MEAS для включения режима быстрых измерений.



Для отображаемой области осциллограммы определяются следующие результаты измерений:

Обозначение	Описание	Индикация
Vp+	Значение максимума (положительного пикового значения)	WF
Vp-	Значение минимума (отрицательного пикового значения)	WF
tr	Время нарастания первого переднего фронта	WF
Mean	Среднее значение	WF
tf	Время спада первого заднего фронта	WF
RMS	Среднеквадратическое значение	T
Vpp	Интервал между максимумами (размах напряжения)	T
T	Период	T
f	Частота	T

При проведении быстрых измерений происходит автоматическое выключение режима измерения по курсорам, а также меню настройки опорных и расчетных осциллограмм. Перед выбором этих функций выключите режим быстрых измерений. В режиме быстрых измерений все каналы, кроме выбранного выключаются.

- ▶ Повторно нажать клавишу QUICK MEAS для выключения режима быстрых измерений и удаления результатов измерений.

Команды ДУ:

- MEASurement<m>:ALL[:STATE]
- MEASurement<m>:AON
- MEASurement<m>:AOFF
- MEASurement<m>:AREsult?

## 8.3 Автоматические измерения

Использование клавиши MEAS позволяет производить настройку до 4-х измерений амплитуды и времени или режима счета импульсов в активном канале, для опорной или расчетной осциллограмм.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), то для временных и счетных курсорных измерений доступны активные цифровые каналы.

- [Типы и результаты измерений](#)
- [Конфигурирование и проведение автоматических измерений](#)
- [Меню Auto Measure \(клавиша MEAS\)](#)

### 8.3.1 Типы и результаты измерений

- [Типы измерений](#)
- [Результаты измерений](#)
- [Статистика](#)

#### 8.3.1.1 Типы измерений

Осциллограф R&S RTM поддерживает множество автоматических измерений:

- [Mean Value](#)
- [RMS Value](#)
- [Mean Cycle](#)
- [RMS Cycle](#)
- [Peak Peak](#)
- [Peak +](#)
- [Peak -](#)
- [Frequency](#)
- [Period](#)
- [Amplitude](#)
- [Crest factor](#)
- [Top Level](#)
- [Base Level](#)
- [Pulse Width \(positive pulse\)](#)
- [Pos. Overshoot](#)
- [Neg. Overshoot](#)
- [Pulse Width \(negative pulse\)](#)
- [Duty Cycle +](#)
- [Duty Cycle -](#)
- [Rise Time](#)
- [Fall Time](#)
- [σ-Std. Dev. Wave](#)

- $\sigma$ -Std. Dev. Cycle
- Delay
- Phase
- Burst Width
- Count positive pulses
- Count negative pulses
- Count rising edges
- Count falling edges
- Trigger Freq
- Trigger Period
- Trigger B Freq
- Trigger B Period

**Mean Value** (среднее значение)

Определение среднего значения по всей отображаемой осциллограмме. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Mean".

**RMS Value** (СКЗ)

Измерение среднеквадратического значения (СКЗ или RMS) напряжения по всей отображаемой осциллограмме. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "RMS".

**Mean Cycle** (среднее периода)

Измерение среднего значения периода сигнала, отображаемого крайним слева. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "MnCy"..

**RMS Cycle** (СКЗ периода)

Измерение среднеквадратического значения (СКЗ или RMS) напряжения по периоду сигнала, отображаемого крайним слева. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "RMSCy".

**Peak Peak** (размах)

Измерение размаха напряжения в отображаемой области осциллограммы. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Vpp".

**Peak +** (пик +)

Измерение максимального значения в отображаемой области осциллограммы. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Vp+".

**Peak -** (пик -)

Измерение минимального значения в отображаемой области осциллограммы. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Vp-".

**Frequency** (частота)

Измерение частоты сигнала. Вычисление результата измерения производится на основании длительности крайнего периода сигнала слева в пределах отображаемой области осциллограммы. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "f".

**Period** (период)

Измерение длительности крайнего периода сигнала слева в пределах отображаемой области осциллограммы. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "T".



**Amplitude** (амплитуда)

Измерение амплитуды прямоугольного сигнала. Для этого производится вычисление разницы потенциалов между высоким и низким уровнями ("Vbase" и "Vtop"). Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "VAmp".

**Crest factor** (коэффициент амплитуды)

Коэффициент амплитуды (пик-фактор) или отношение пикового напряжения к среднему. Вычисляется путем деления максимального значения осциллограммы  $V_{P+}$  на ее среднеквадратическое значение RMS. Измеренное значение отображается в таблице результатов параметром "Crest".

$$Crest = \frac{V_{P+}}{RMS}$$

**Top Level** (высокий уровень)

Измерение среднего значения высокого уровня прямоугольного сигнала. Для этого производится вычисление среднего значения отклонений (без учета выброса). Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Vtop".

**Base Level** (низкий уровень)

Измерение среднего значения низкого уровня прямоугольного сигнала. Для этого производится вычисление среднего значения отклонений (без учета выброса). Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Vbase".

**Pulse Width** (длительность импульса) (**положительный импульс**)

П: Измерение длительности положительного импульса. Положительный импульс состоит из нарастающего фронта, за которым следует спадающий фронт. Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "tП".

**Pos. Overshoot** (положительный выброс)

Положительный выброс прямоугольного сигнала, который вычисляется по измеренным значениям Top Level, Peak + и Amplitude. Измеренное значение выброса отображается в таблице результатов как "+Ovr".

$$+Ovr = \frac{V_{top} - V_{P+}}{V_{Amp}} \cdot 100\%$$

**Neg. Overshoot** (отрицательный выброс)

Отрицательный выброс прямоугольного сигнала, который вычисляется по измеренным значениям Min, Low и Amplitude. Измеренное значение выброса отображается в таблице результатов как "-Ovr".

$$-Ovr = \frac{V_{base} - V_{P-}}{V_{Amp}} \cdot 100\%$$

**Pulse Width** (длительность импульса) (отрицательный импульс)

**┐**: Измерение длительности отрицательного импульса. Отрицательный импульс состоит из спадающего фронта, за которым следует нарастающий фронт. Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "t┐".

**Duty Cycle +** (положительный коэффициент заполнения)

Измерение положительного коэффициента заполнения. При этом доля положительного полупериода в периоде сигнала измеряется и ставится в соответствие периоду сигнала. Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала.

Результатом измерения является значение, выражаемое в процентах от полного периода сигнала и отображаемое в таблице результатов как "Dty+".

**Duty Cycle -** (отрицательный коэффициент заполнения)

Измерение отрицательного коэффициента заполнения. При этом доля отрицательного полупериода в периоде сигнала измеряется и ставится в соответствие периоду сигнала. Для проведения измерения требуется отображение, по крайней мере, одного полного периода сигнала.

Результатом измерения является значение, выражаемое в процентах от периода сигнала и отображаемое в таблице результатов как "Dty-".

**Rise Time** (время нарастания)

Измерение времени нарастания крайнего слева переднего (нарастающего) фронта в отображаемой области осциллограммы. Время нарастания определяется как время, за которое уровень сигнала возрастает с нижнего опорного уровня до верхнего опорного уровня (верхний "Upper Level" и нижний "Lower Level" опорные уровни задаются в меню "Reference Level"). Измеренное значение отображается в таблице результатов как "tr".

См. также подраздел ["Reference Level: Upper, Middle, Lower Levels"](#).

**Fall Time** (время спада)

Измерение времени спада крайнего слева заднего (спадающего) фронта в отображаемой области осциллограммы. Время спада определяется как время, за которое уровень сигнала уменьшится с верхнего опорного уровня до нижнего опорного уровня (верхний "Upper Level" и нижний "Lower Level" опорные уровни задаются в меню "Reference Level"). Измеренное значение отображается в таблице результатов как "tf".

**σ-Std. Dev. Wave** (СКО сигнала)

Измерение среднеквадратического отклонения (СКО) сигнала.

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{N_{Eval} - 1} \sum_{i=1}^{N_{Eval}} (x(i) - X_{Mean})^2}$$

$X_{Mean}$  = среднее значение

$x(i)$  = значение отсчета измеренного сигнала

$N_{Eval}$  = количество отсчетов сигнала

**σ-Std. Dev. Cycle** (СКО периода)

Измерение среднеквадратического отклонения (СКО) одного периода сигнала (как правило, первого, крайнего слева периода сигнала).

**Delay** (задержка)

Измерение временной разности на центральном опорном уровне между двумя перепадами одного или различных сигналов. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Delay".

Выбор источников и перепадов производится в меню [Delay Setup](#).

Установка центрального опорного уровня производится в меню [Reference Level](#).

**Phase** (фаза)

Измерение разности фаз между двумя сигналами (временная разность/период\*360) на центральном опорном уровне. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Phase".

Выбор сигнала производится в меню [Phase Setup](#).

Установка центрального опорного уровня производится в меню [Reference Level](#).

**Burst Width** (длительность импульса)

Длительность одного пакетного (импульсного) сигнала, измеренная от первого до последнего фронта по центральному опорному уровню. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "Bst".

Установка центрального опорного уровня производится в меню [Reference Level](#).

**Count positive pulses** (подсчет положительных импульсов)

Count  $\uparrow$ : Подсчет количества положительных импульсов в отображаемой области осциллограммы. Положительный импульс состоит из нарастающего фронта, за которым следует спадающий фронт. Определяется среднее значение сигнала. При прохождении сигнала через среднее значение производится учет фронта. Импульс будет учтен при детектировании обоих фронтов. Количество положительных импульсов отображается в таблице результатов как "Cnt  $\uparrow$ ".

**Count negative pulses** (подсчет отрицательных импульсов)

Count  $\downarrow$ : Подсчет количества отрицательных импульсов в отображаемой области осциллограммы. Отрицательный импульс состоит из спадающего фронта, за которым следует нарастающий фронт. Определяется среднее значение сигнала. При прохождении сигнала через среднее значение производится учет фронта. Импульс будет учтен при детектировании обоих фронтов. Количество отрицательных импульсов отображается в таблице результатов как "Cnt  $\downarrow$ ".

**Count rising edges** (подсчет нарастающих фронтов)

Count  $\uparrow$ : Подсчет количества переходов сигнала из низкого уровня в высокий в отображаемой области осциллограммы. Определяется среднее значение сигнала. При прохождении сигнала через среднее значение производится учет нарастающего фронта. Количество переходов отображается в таблице результатов как "Cnt  $\uparrow$ ".

**Count falling edges** (подсчет спадающих фронтов)

Count  $\downarrow$ : Подсчет количества переходов сигнала из высокого уровня в низкий в отображаемой области осциллограммы. Определяется среднее значение сигнала. При прохождении сигнала через среднее значение производится учет спадающего фронта. Количество переходов отображается в таблице результатов как "Cnt  $\downarrow$ ".

**Trigger Freq.** (частота сигнала запуска)

Измерение частоты запускающего сигнала А-типа на основании его периода. Измеренное значение отображается в таблице результатов как "f(Tr)".

**Trigger Period** (период сигнала запуска)

Измерение периода запускающего сигнала А-типа (аппаратный счетчик).  
Измеренное значение отображается в таблице результатов как "T(Tr)".

**Trigger B Freq.** (частота В сигнала запуска)

Измерение частоты запускающего сигнала В-типа на основании его периода.  
Измеренное значение отображается в таблице результатов как "f(TrB)".

**Trigger B Period** (период В сигнала запуска)

Измерение периода запускающего сигнала В-типа. Измеренное значение  
отображается в таблице результатов как "T(TrB)".

### 8.3.1.2 Результаты измерений

Результаты автоматического измерения отображаются в таблице результатов под диаграммой. Цвет отображения результатов измерения в левой части таблицы результатов соответствует цвету сигнала источника. При невозможности вычисления результатов измерения для выбранного метода измерения, например, при отсутствии полного периода сигнала, необходимого для проведения расчетов, отображается символ "?".



Команда ДУ:

MEASurement<m>:RESult[:ACTual]?

### 8.3.1.3 Статистика

Для каждого активного измерения может быть включен режим статистического оценивания результатов измерений. Возвращаются текущее, минимальное и максимальное значения, среднее значение и СКО, а также количество измеренных сигналов.

Конфигурирование настроек см. в разделе "Statistic" далее.

Type	Actual	Minimum	Maximum	Average	Deviation	Wave count
1: Frequency	1.00k	1.00k	1.00k	1.00k	57.23m	114
2: Mean Value	567.06m	565.00m	567.24m	566.23m	618.00μ	114
3: Period	996.10μ	996.10μ	996.30μ	996.28μ	53.50n	115

Statistic		f: 1.00 kHz	Mean: 567.06 mV			
Statistic		T: 996.30 μs				
Meas. Place	Statistic	Average No.	Reset	Reset All	Clear All	Back
1	On Off	32				

Команды ДУ:

- MEASurement<m>:RESult[:ACTual]?
- MEASurement<m>:RESult:AVG?
- MEASurement<m>:RESult:STDDev?
- MEASurement<m>:RESult:NPEak?
- MEASurement<m>:RESult:PPEak?
- MEASurement<m>:RESult:WFMCOUNT?
- MEASurement<m>:STATistics:VALue:ALL?
- MEASurement<m>:STATistics:VALue<n>?

Команды ДУ для экспорта статистических результатов:

- EXPort:MEASurement<m>:STATistics:NAME
- EXPort:MEASurement<m>:STATistics:SAVE
- EXPort:MEASurement<m>:STATistics:ALL:NAME
- EXPort:MEASurement<m>:STATistics:ALL:SAVE

## 8.3.2 Конфигурирование и проведение автоматических измерений

**Конфигурирование и активация автоматических измерений**

1. Нажать клавишу MEAS.
2. Нажать функциональную клавишу "Meas. Place" для выбора одной из четырех позиций измерения.
3. Нажать функциональную клавишу "Meas. Type" для выбора типа проводимого измерения. Отображаемые в таблице результатов данные определяются выбранным типом измерения.

См. также подраздел "Meas. Type".

## Автоматические измерения

4. Нажать функциональную клавишу "Source" для выбора осциллограммы, по которой будут производиться измерения.  
Источником может служить любой активный сигнал, в зависимости от типа измерения.
5. Для измерения время нарастания, время спада, задержки и фазы нажать функциональную клавишу "Reference Level" и установить опорные уровни в процентах от высокого уровня сигнала.  
См. также подраздел ["Reference Level: Upper, Middle, Lower Levels"](#).
6. Для проведения измерения нажимать функциональную клавишу "Measure 1-4" до выделения пункта "On".  
Будет произведено выбранное измерение. Результаты измерения отобразятся в таблице результатов.

**Проведение настройки автоматических измерений**

1. Нажать клавишу MEAS.
2. Нажать функциональную клавишу "Meas. Place" для выбора одной из четырех позиций измерения.
3. Нажимать функциональную клавишу "Measure 1-4" до выделения пункта "On".

**Прекращение автоматических измерений**

1. Нажать клавишу MEAS.
2. Нажать функциональную клавишу "Meas. Place" для выбора прекращаемого измерения.
3. Нажимать функциональную клавишу "Measure 1-4" до выделения пункта "Off".
4. При необходимости проведения одновременного сброса или прекращения всех автоматических измерений нажать функциональную клавишу "Clear All" в меню "Auto measure".

Проведение измерений будет прекращено. Результаты измерений будут удалены из таблицы результатов.

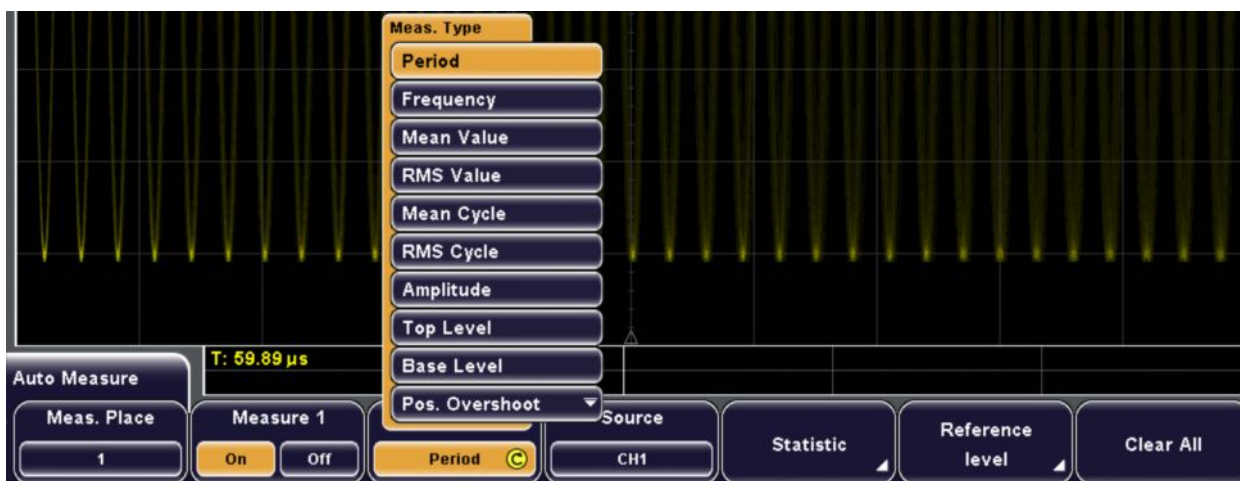
**Использование статистики**

1. Нажать клавишу MEAS.
2. Настроить не менее одного измерения в соответствии с описанием в разделе ["Конфигурирование и активация автоматических измерений"](#).
3. Нажать функциональную клавишу "Statistic".
4. Нажать функциональную клавишу "Meas. Place" для выбора измерения, для которого необходимо получить статистические результаты.
5. Нажимать функциональную клавишу "Statistic" до выделения пункта "On".
6. Нажать функциональную клавишу "Average No." и ввести количество измеренных сигналов, которые будут использоваться для вычисления среднего значения и СКО.

### 8.3.3 Меню Auto Measure (клавиша MEAS)

При нажатии клавиши MEAS произойдет открытие меню "Auto Measure" для настройки автоматических измерений.

Для получения подробной информации см. главу 8.3 "Автоматические измерения".



- Meas. Place
- Measure 1-4
- Meas. Type
  - Source
  - Statistic
    - └ Meas. Place
    - └ Statistic
    - └ No. of Averages
    - └ Reset, Reset All
    - └ Clear All
- Reference Level: Upper, Middle, Lower Levels
- Clear All
- Delay Setup
- Phase Setup

**Meas. Place** (место под измерение)

Выбор одного из четырех доступных измерений для настройки или запуска.

**Measure 1-4** (измерение 1...4)

Запуск или прекращение выбранного измерения (1-4).

Команда ДУ:

`MEASurement<m>[:ENABLE]`

**Meas. Type** (тип измерения)

Задание типа измерения, производимого по выбранному источнику. Отображаемые в таблице результатов данные зависят от выбранного типа измерения.

Список всех типов автоматических измерений и их описание см. в главе 8.3.1 "Типы и результаты измерений".

Команды ДУ:

`MEASurement<m>:MAIN`

`MEASurement<m>:RESult[:ACTual]?`



**Source** (источник)

Выбор одного из активных сигналов, опорной или расчетной осциллограмм в качестве источника для проведения выбранного измерения. Доступные источники зависят от выбранного типа измерения.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), то для временных и счетных курсорных измерений доступны активные цифровые каналы.

Команда ДУ:

`MEASurement<m>:SOURce`

**Statistic** (статистика)

Открытие подменю для включения и конфигурирования до четырех статистических параметров.

**Meas. Place** (место под измерение) ← **Statistic**

Выбор измерения, для которого настраивается статистическое оценивание.

**Statistic** (статистика) ← **Statistic**

Включение или выключение статистического оценивания для выбранного измерения (1-4).

Команда ДУ:

`MEASurement<m>:STATistics[:ENABLE]`

**No. of Averages** (количество усреднений) ← **Statistic**

Установка количества измеренных сигналов, используемых для вычисления среднего значения и СКО. Максимальное значение 1000.

Команда ДУ:

`MEASurement<m>:STATistics:WEIGHT`

**Reset** (сброс), **Reset All** (сбросить все) ← **Statistic**

Удаление статистических результатов для текущего измерения или для всех измерений, соответственно, и запуск нового статистического оценивания при выполняющемся сборе данных.

Команда ДУ:

`MEASurement<m>:STATistics:RESet`

**Clear All** (очистить все) ← **Statistic**

Сброс и прекращение проведения всех активных статистических измерений.

**Reference Level: Upper, Middle, Lower Levels**

(опорный уровень: верхний, средний, нижний)

Установка нижнего и верхнего опорных уровней для измерения времени нарастания и времени спада (курсорные и автоматические измерения), а также центрального опорного уровня, используемого для измерений фазы и задержки. Уровни задаются в процентах от высокого уровня сигнала. Данные настройки действуют для всех измерений.

Команды ДУ:

```
REFLevel:RELative:MODE
REFLevel:RELative:LOWer
REFLevel:RELative:MIDDLE
REFLevel:RELative:UPPer
```

**Clear All** (очистить все)

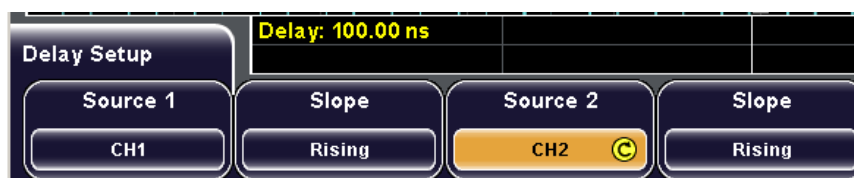
Сброс и прекращение проведения всех четырех измерений.

Команда ДУ:

```
MEASurement<m>:AOFF
```

**Delay Setup** (настройка задержки)

Настройка измерения (временной) задержки, при котором измеряется временная разность между двумя фронтами одного или разных сигналов.



"Source 1, Source 2" Выбор одного из активных каналов, расчетной или опорной осциллограмм для каждого измерительного источника.

"Slope" Выбор нарастающего или спадающего фронта для каждого измерительного источника.

Команды ДУ:

```
MEASurement<m>:SOURce
MEASurement<m>:DELay:SLOPe
```

**Phase Setup** (настройка фазы)

Настройка измерения фазы, при котором измеряется разность фаз между двумя сигналами.

"Source 1, Source 2" Выбор одного из активных каналов, расчетной или опорной осциллограмм для каждого измерительного источника.

Команда ДУ:

```
MEASurement<m>:SOURce
```

## 9 Математические операции

Расчетные (математически полученные) осциллограммы строятся на основании расчетных данных. Каждая расчетная осциллограмма задается своим уравнением. Имеется возможность настройки и сохранения до пяти уравнений (MA1 – MA5), отображаться могут четыре из них (MA1 – MA4).

Каждое уравнение состоит из одного или двух операндов и оператора. Операндом может быть входной канал, постоянное значение или расчетная осциллограмма с более низким номером, чем номер операнда. Например, в уравнении MA3 в качестве операндов могут использоваться результаты MA2 и MA1.

Каждое уравнение, а также система всех заданных уравнений могут иметь метку.


Система уравнений может быть сохранена или загружена с любого устройства хранения данных – внутренней памяти или внешнего USB-носителя. Используется формат файла .FML, размер файла составляет 526 байт. Также имеется возможность копирования сохраненных систем уравнений на другое устройство хранения данных с помощью команды FILE > "Import/Export Equation Sets". См. также: [глава 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#).

### 9.1 Конфигурирование и использование расчетных осциллограмм

Конфигурирование расчетных осциллограмм производится посредством редактора "Equation Set Editor". Каждое уравнение для построения расчетной осциллограммы задается и отображается по отдельности. Имеется возможность сохранения и загрузки настроек всех пяти расчетных осциллограмм в виде системы уравнений "Equation Set".

#### 9.1.1 Отображение расчетных осциллограмм

Для каждой из расчетных осциллограмм MA1 - MA4 можно задать уравнение, а также определить, будут ли они отображаться. Осциллограмма MA5 всегда остается невидимой.

1. Нажать клавишу MATH для вызова меню "Mathematics".
2. Нажать функциональную клавишу "Equation" и выбрать расчетный канал, содержащий уравнение для отображения.  
Для проверки настроек уравнения для каждого канала:
  - а) Нажать функциональную клавишу "Edit Equations". Откроется редактор "Equation Set Editor", в котором отображаются настройки для каждого расчетного канала. Текущие отображаемые каналы обозначаются символом .
  - б) Нажать функциональную клавишу "Back" для выхода из редактора.
3. Нажимать функциональную клавишу "Visible" до выделения пункта "On".

Будет найдено решение выбранного уравнения и отображение полученных результатов на дополнительной (расчетной) осциллограмме на экране. При необходимости, посредством поворотной ручки SCALE функционального блока VERTICAL изменить масштаб расчетной осциллограммы по вертикальной оси для повышения качества отображения.

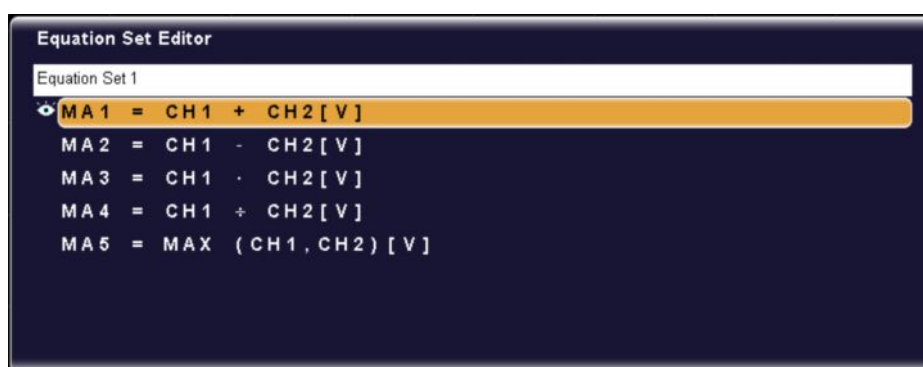
## Конфигурирование и использование расчетных осциллограмм

Если в редакторе не содержится требуемого уравнения, следует изменить текущую систему уравнений или загрузить соответствующую сохраненную ранее систему. См. также разделы "[Задание уравнения](#)" и "[Загрузка системы уравнений](#)".

### 9.1.2 Редактирование уравнений и систем уравнений

Каждой расчетной осциллограмме присваивается определенное уравнение. Математическая операция определяется оператором и выполняется посредством операндов. Операторами являются один или два действительных канала, одна или две расчетные осциллограммы или постоянное значение.

Совокупность пяти расчетных осциллограмм представляет собой систему уравнений, которая может быть сохранена и загружена.



#### Задание уравнения

1. Нажать "MATH > Edit Equations" для открытия редактора "Equation Set Editor" с текущими настройками системы уравнений.
2. Нажать функциональную клавишу "Equation" и выбрать уравнение, которое нужно задать.
3. Нажать функциональную клавишу "Operator" для выбора оператора уравнения. См. также подраздел "[Operator](#)" далее.
4. Нажать функциональную клавишу "Operand1". См. также подраздел "[Operand 1](#)" далее.
5. Если для задания уравнения требуется второй операнд, нажать функциональную клавишу "Operand2" и определить его.
6. Если в качестве одного из операндов задана константа, определить ее значение:
  - а) Нажать функциональную клавишу "Operand1" или "Operand2" для выбора постоянного значения для соответствующего операнда.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Edit Constant" для задания значения.
  - в) Нажать функциональную клавишу "Constant" и выбрать предустановленное постоянное значение или одно из 10 доступных пользовательских постоянных значений.

## Конфигурирование и использование расчетных осциллограмм

- г) При выборе пользовательской константы, задать ее значение:
    - Нажать функциональную клавишу "Value" и ввести числовое значение.
    - Нажать функциональную клавишу "Decimal Point" для установки позиции десятичной точки в числовом значении.
    - Нажать функциональную клавишу "Prefix" для задания СИ-префикса единицы измерения. См. также подраздел "Prefix" далее.
    - Нажать функциональную клавишу "Unit" для задания единиц измерения вводимого значения. См. также подраздел "Unit" далее.
  - д) Нажать функциональную клавишу "Save" для сохранения пользовательской константы.
7. Нажать функциональную клавишу "Unit" для задания единиц измерения результатов вычисления. См. также подраздел "Unit" далее.
  8. Дополнительно, нажать функциональную клавишу "Equation Label" для задания названия уравнения. Метка с названием отображается на функциональной клавише "Equation" и в редакторе "Equation Set Editor".

**Редактирование системы уравнений**

1. Нажать "MATH > Edit Equations" для открытия редактора "Equation Set Editor".
2. Нажать функциональную клавишу "Equation" для выбора первого задаваемого уравнения. Оно присваивается первой расчетной осциллограмме (MA1).
3. Задать уравнение.  
См. подраздел "Задание уравнения" ранее.
4. Повторить пункты 3 и 4 для задания всех пяти уравнений системы.
5. Нажать функциональную клавишу "Back" для выхода из редактора и возвращения в главное меню "Mathematics".
6. Для каждого уравнения MA1 - MA4 определить, будет оно отображаться или нет:
  - а) Нажать функциональную клавишу "Equation" для выбора уравнения.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Visible" для включения или выключения отображения расчетной осциллограммы.
7. Дополнительно, нажать функциональную клавишу "Eq. Set Label" для задания названия системы уравнений. Метка с названием отображается в редакторе "Equation Set Editor".

**9.1.3 Сохранение и загрузка систем уравнений**

При необходимости использования более пяти расчетных диаграмм имеется возможность сохранения систем уравнений на локальное или внешнее запоминающее устройство. Таким образом, настройки расчетов могут быть сохранены для использования в последующих измерениях.



Чтобы скопировать сохраненные системы уравнений на другое устройство хранения данных, используйте функцию FILE > "Equation Sets".. Описание процедуры импорта/экспорта см. в [главе 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#).

**Сохранение текущей системы уравнений**

1. Нажать клавишу MATH для вызова меню "Mathematics".
2. Нажать функциональную клавишу "Save".

## Справочная информация о расчетных осциллограммах

3. Выбрать запоминающее устройства функциональной клавишей "Storage", а также имя файла функциональной клавишей "File name".  
См. главу 17.2.1.1 "Конфигурирование мест хранения данных".
4. Дополнительно можно добавить комментарий к системе уравнений посредством функциональной клавиши "Comment".
5. Нажать функциональную клавишу "Save".  
Система уравнений будет задана и сохранена.

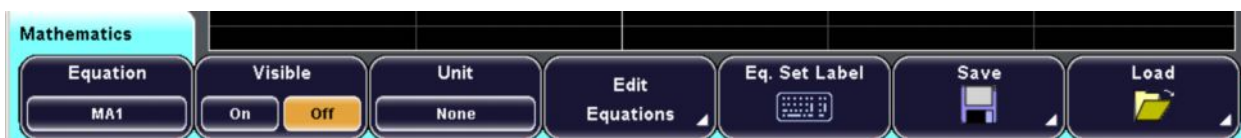
**Загрузка системы уравнений**

1. Нажать "MATH > Load".  
Будет вызван диспетчер файлов.
2. При необходимости можно переключиться на содержащее требуемый файл запоминающее устройство, нажав клавишу "Storage".
3. Выбрать файл, содержащий системы уравнений. Для навигации по каталогам используйте ручку NAVIGATION. Для смены каталога следует переместиться на имя другого каталога и нажать поворотную ручку или клавишу "Change dir.".
4. Нажать функциональную клавишу "Load".  
Сохраненные системы уравнений будут загружены в прибор R&S RTM.

## 9.2 Справочная информация о расчетных осциллограммах

Клавиша MATH обеспечивает доступ к функциям настройки и отображения расчетных данных.

Для получения подробной информации о работе с этими функциями обратитесь к главе 9.1 "Конфигурирование и использование расчетных осциллограмм".



- Equation
- Visible
- Unit
- Edit Equations
  - └ Equation
  - └ Operator
  - └ Operand 1
  - └ Operand 2
  - └ Edit Constant
    - └ Constant
    - └ Value
    - └ Decimal Point
    - └ Prefix
    - └ Unit
    - └ Save
  - └ Equation Label
- Eq. Set Label

- [Save](#)
- [Load](#)

**Equation** (уравнение)

Выбор одного из пяти расчетных каналов.

**Visible** (показать)

Функция определяет, будет ли отображаться на экране выбранный расчетный канал.

**Примечание** – Канал МА5 не может быть отображен, он всегда невидим.

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:STATe`

**Unit** (единицы измерений)

Задание единиц измерения результатов вычисления. Выбранная размерность влияет только на отображаемые единицы измерения, а не на величину этих значений.

Доступны следующие единицы измерения:

- V (Вольт, В)
- A (Ампер, А)
- $\Omega$  (Ом)
- S (Сименс, См)
- V/A (Вольт/Ампер, В/А)
- W (Ватт, активная мощность, Вт)
- VA (Вольт-ампер, полная мощность, ВА)
- VAR (Вольт-ампер, реактивная мощность, ВАр)
- Vs (Вольт-секунда, Вc = Вебер, Вб, единица магнитного потока)
- V/s (Вольт/с, В/с)
- dB (децибел, дБ)
- dBm (дБ на 1 мВт, дБмВт)
- dBV (дБ на 1 В, дБВ)
- dB $\mu$ V (дБ на 1 мкВ, дБмкВ)
- s (секунда, с)
- 1/s, Hz (Герц, Гц)
- s/DIV (с/дел)
- F (Фарад, Ф)
- H (Генри, Гн)
- % (процент)
- ° (градус)
- $\pi$  (пи)
- Pa (Паскаль, Па)
- m (метр)
- g (ускорение)
- °C (градусы Цельсия)
- K (Кельвин, К)
- °F (градусы Фаренгейта)
- N (Ньютон, Н)
- J (Джоуль, Дж)
- C (Кулон, Кл)

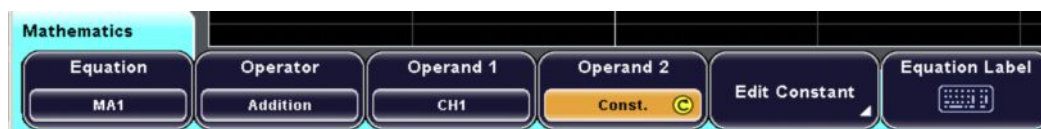


## Справочная информация о расчетных осциллограммах

- Wb (Вебер, Вб)
- T (Тесла, Тл)
- (dez) (десятичное число)
- (bin) (двоичное число)
- (hex) (шестнадцатеричное число)
- (oct) (восьмеричное число)
- DIV (деление шкалы координатной сетки)
- px (пиксель)
- Bit (бит)
- Bit/s (бит/с)
- Byte (байт)
- Bd (бод)
- Sa (отсчеты)
- Sa/sec. (отчетов в секунду, отсч./с)
- сус (цикл, период)
- Trc. (кривая)
- Sa/X (отсчет/X)
- $\lceil$  Rising edge (нарастающий фронт)
- $\lfloor$  Falling edge (спадающий фронт)
- $\sqcup$  Positive impulse (положительный импульс)
- $\sqcap$  Negative impulse (отрицательный импульс)
- Ev. (события)
- Symb. (символы)
- Sy./s (символов в секунду, символ/с)
- Wfm. (осциллограммы)

**Edit Equations** (редактирование уравнений)

Доступ к функциям конфигурирования вычислений для расчетных каналов.



Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>[:EXPRession] [:DEFine]`

**Equation** (уравнение) ← **Edit Equations**

Выбор одного из пяти расчетных каналов.

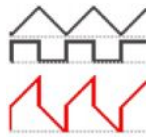
**Operator** (оператор) ← **Edit Equations**

Задание операции, производимой над определенными операндами в расчетном канале.

## Справочная информация о расчетных осциллограммах

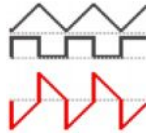
"Addition"  
(сложение)

$Op1 + Op2$   
Сложение двух операндов.



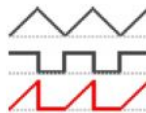
"Subtraction"  
(вычитание)

$Op1 - Op2$   
Вычитание второго операнда из первого.



"Multiplication"  
(умножение)

$Op1 * Op2$   
Умножение двух операндов.

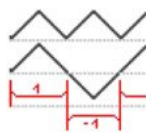


"Division"  
(деление)

$Op1 / Op2$   
Деление первого операнда на второй.

При малых значениях амплитуд второго операнда происходит быстрое увеличение результата вычисления. При пересечении вторым операндом нулевого значения результат вычисления будет находиться в диапазоне от  $+\infty$  до  $-\infty$ . В таком случае, при проведении расчета вместо значения 0 В используется значение, представленное в младшем разряде (LSB) второго операнда. (Например, 1/256 для 8-битного значения).

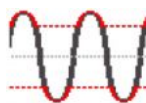
Пересечение операндом нулевого уровня может быть ограничено посредством оператора "Maximum". Такое ограничение приводит к уменьшению диапазонов результатов вычислений и обеспечению лучшей разрешающей способности.



"Maximum"  
(максимум)

Maximum ( $Op1, Op2$ )  
Сравнение амплитуд обоих операндов и отображение максимального значения амплитуды. Результату вычисления присваивается математический знак первого операнда. Данная операция используется совместно с операциями "Reciprocal" или "Division" для ограничения минимальных значений амплитуд операндов.

**Пример:** Первый операнд является униполярным синусоидальным сигналом со значением  $V_{pp} = 3$  В. Второй операнд является постоянным значением 1 В. Результат вычисления при этом всегда больше 1 В или меньше -1 В.



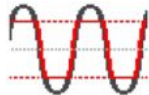
## Справочная информация о расчетных осциллограммах

"Minimum"  
(минимум)

Minimum (Op1, Op2)

Сравнение амплитуд обоих операндов и отображение минимального значения амплитуды. Результату вычисления присваивается математический знак первого операнда. Данная операция используется совместно с операциями "Reciprocal" или "Division" для ограничения минимальных значений амплитуд операндов.

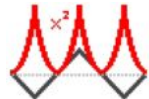
**Пример:** Первый операнд является расчетной осциллограммой, находящейся в диапазоне +/-10 В. Второй операнд является постоянным значением 1 В. Результат вычисления при этом всегда меньше 1 В или больше -1 В.



"Square"  
(квадрат)

Op1 \* Op1

Возведение операнда в квадрат. Если в операнде содержатся отрицательные значения, которые были отсечены, то при проведении расчета эти значения станут положительными.



"Square Root"  
(квадратный  
корень)

Square Root (Op1)

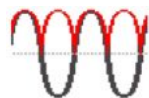
Извлечение квадратного корня из операнда. Необходимо учесть, что извлечение квадратного корня из отрицательного числа невозможно. Результат вычисления будет усечен.



"Abs. Value"  
(абс. значение)

|Op1|

Вычисление абсолютного значения операнда. Все отрицательные значения инвертируются. Положительные значения остаются неизменными. Если в операнде содержатся отрицательные значения, которые были отсечены, то при проведении расчета эти значения станут положительными.



"Pos. Wave"  
(положит.  
полуволна)

Max (Op1, 0)

Выделение из операнда положительных точек. Для всех отрицательных значений результат вычисления равен нулю. Положительные значения остаются неизменными.

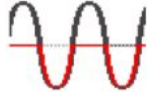


## Справочная информация о расчетных осциллограммах

"Neg. Wave"  
(отриц.  
полуволна)

Min (Op1, 0)

Выделение из операнда отрицательных точек. Для всех положительных значений результат вычисления равен нулю. Отрицательные значения остаются неизменными.



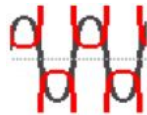
"Reciprocal"  
(обратное  
значение)

1V / Op1

Деление постоянного значения 1 В на значение операнда.

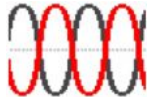
При малых значениях амплитуд операнда происходит быстрое увеличение результата вычисления. При пересечении операндом нулевого значения результат вычисления будет находиться в диапазоне от  $+\infty$  до  $-\infty$ . В таком случае, при проведении расчета вместо значения 0 В используется значение, представленное в младшем разряде (LSB) операнда. (Например, 1/256 для 8-битного значения)

Пересечение операндом нулевого уровня может быть ограничено посредством оператора "Maximum". Такое ограничение приводит к уменьшению диапазонов результатов вычислений и обеспечению лучшей разрешающей способности.



"Inverse"  
(инверсия)

Инвертирование всех значений напряжения операнда, т.е. зеркальное отображение всех значений относительно нулевого уровня. Таким образом, положительное смещение напряжения становится отрицательным. Если амплитуда операнда усекается, то при проведении расчета усеченные значения инвертируются.

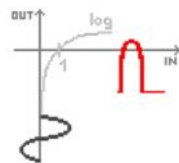


"Common Log."  
(десятичный  
логарифм)

log (Op1)

Вычисление из операнда логарифма по основанию 10.

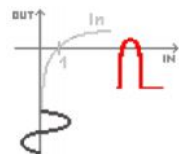
Необходимо учесть, что вычисление логарифма из отрицательного числа невозможно. Результат вычисления будет усечен.



"Natural Log."  
(натуральный  
логарифм)

ln (Op1)

Вычисление из операнда логарифма по основанию e (число Эйлера). Необходимо учесть, что вычисление логарифма из отрицательного числа невозможно. Результат вычисления будет усечен.



## Справочная информация о расчетных осциллограммах

"Integral"  
(интеграл)

Вычисление определенного интеграла операнда.

Проведение расчета проиллюстрировано на рисунке. Интегрирование начинается в точке "a" и включает в себя область под осциллограммой. Точка "b" указывает текущее вычисленное значение. Функция интегрирования достигает своего максимума по окончании положительного полупериода. Из-за того, что в примере используется униполярный операнд, расчетная осциллограмма достигает нулевого значения по окончании отрицательного полупериода.

Для измерения площади выделенной области осциллограммы используйте V-маркер. См. также подраздел "[Meas.Type](#)".

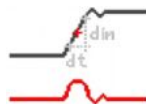


"Derivative"  
(производная)

$f'(Op1)$

Производная определяется тангенсом угла наклона касательной в точке графика функции и является индикатором порядка изменения значения операнда во времени. Чем выше порядок изменения, тем больше результат вычисления производной.

Для проведения расчетов используется аппроксимация по методу секущих, на основании текущего вычисленного значения и значения в окрестности 0,1 деления шкалы. По этой причине разрешающая способность по оси времени является конечно малой. Следовательно, для корректного отображения требуемой области необходимо масштабировать входной сигнал.



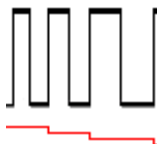
"Period"  
(период)

Из всех значений периода одной осциллограммы формируется трек и отображается на экране с корреляцией по времени к осциллограмме.



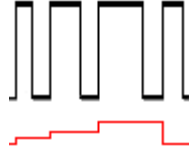
"Frequency"  
(период)

Из всех значений частоты одной осциллограммы формируется трек и отображается на экране с корреляцией по времени к осциллограмме.



## Справочная информация о расчетных осциллограммах

"Duty Cycle+/-" (коэффициент заполнения +/-) Из всех положительных или отрицательных значений коэффициента заполнения одной осциллограммы формируется трек и отображается на экране с корреляцией по времени к осциллограмме.



"Pulse Width+/-" (длительность импульса +/-) Из всех положительных или отрицательных значений длительности импульса одной осциллограммы формируется трек и отображается на экране с корреляцией по времени к осциллограмме.

"IIR low pass" (БИХ- ФНЧ) IIR **L** (Op1,fg=Op2)  
Выделение низкочастотной составляющей первого операнда ("Operand 1"). Частота среза задается константой "Operand 2". Компоненты сигнала с частотами выше частоты среза значительно ослабляются.

"IIR high pass" (БИХ- ФВЧ) IIR **H** (Op1,fg=Op2)  
Выделение высокочастотной составляющей первого операнда ("Operand 1"). Частота среза задается константой "Operand 2". Компоненты сигнала с частотами ниже частоты среза значительно ослабляются.

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>[:EXPRession] [:DEFine]`

#### Operand 1 (операнд 1) ← Edit Equations

Задание первого операнда для проведения расчета. Источником может служить любой активный канал, постоянное значение или расчетные осциллограммы с номером ниже задаваемого.

"CH1 | CH2 | CH3 | CH4" Осциллограмма активного канала

"Const." Постоянное значение

"MA1 | MA2 | MA3 | MA4" Расчетная осциллограмма. Доступны только осциллограммы с более низким номером.

#### Operand 2 (операнд 2) ← Edit Equations

Задание второго операнда для проведения расчета (при необходимости). Источником может служить любой активный канал, постоянное значение или расчетные осциллограммы с номером ниже задаваемого..

"CH1 | CH2 | CH3 | CH4" Осциллограмма активного канала

"Const." Постоянное значение

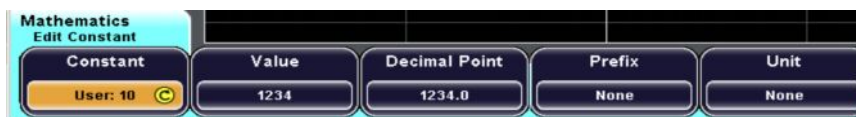
"MA1 | MA2 | MA3 | MA4" Расчетная осциллограмма. Доступны только осциллограммы с более низким номером.

#### Edit Constant (правка константы) ← Edit Equations

Доступ к функциям определения постоянного значения, которое будет использоваться при проведении расчета. Кроме того, могут быть заданы десятичное значение, единицы измерения и СИ-префикс.

## Справочная информация о расчетных осциллограммах

Данная функциональная клавиша доступна только при выборе параметра "Constant" в качестве одного из операндов.

**Constant** (константа) ← **Edit Constant** ← **Edit Equations**

Задание предопределенных или определяемых пользователем постоянных значений для проведения расчета.

Могут быть выбраны или представленные ниже предопределенные постоянные значения, или одно из 10 пользовательских постоянных значений.

- Пи
- 2\* Пи
- 1/2\* Пи
- e

**Value** (значение) ← **Edit Constant** ← **Edit Equations**

Задание определяемого пользователем постоянного значения. Данная функция доступна только при выборе одного из пользовательских постоянных значений посредством функциональной клавиши "Constant".

**Decimal Point** (десятичная точка) ← **Edit Constant** ← **Edit Equations**

Установка позиции десятичной точки в определяемом пользователем постоянном значении.

**Prefix** (префикс) ← **Edit Constant** ← **Edit Equations**

Задание СИ-префикса единицы измерения определяемого пользователем постоянного значения. Доступны следующие префиксы:

- Не задано
- m (милли,  $10^{-3}$ )
- $\mu$  (микро,  $10^{-6}$ )
- n (нано,  $10^{-9}$ )
- p (пико,  $10^{-12}$ )
- f (фемто,  $10^{-15}$ )
- a (атто,  $10^{-18}$ )
- z (zepto,  $10^{-21}$ )
- y (йокто,  $10^{-24}$ )
- K (кило,  $10^3$ )
- M (мега,  $10^6$ )
- G (гига,  $10^9$ )
- T (тера,  $10^{12}$ )
- P (пета,  $10^{15}$ )
- E (экса,  $10^{18}$ )
- Z (зетта,  $10^{21}$ )
- Y (йотта,  $10^{24}$ )

**Unit** (единицы измерения) ← **Edit Constant** ← **Edit Equations**

Задание единиц измерения пользовательского постоянного значения. Выбранная размерность влияет только на отображаемые единицы измерения, а не на величину этих значений.

Список доступных единиц измерения см. в подразделе "Unit" ранее.



**Save** (сохранить) ← **Edit Constant** ← **Edit Equations**

Сохранение заданной постоянной величины в уравнение расчетной осциллограммы.

**Equation Label** (метка уравнения) ← **Edit Equations**

Определение метки названия для текущего уравнения.

**Eq. Set Label** (метка системы уравнений)

Определение метки названия для системы уравнений.

**Save** (сохранить)

Открытие меню "Save" с основными функциям сохранения системы уравнений.

См. раздел "[Меню Save](#)" в главе 17.2.1.3.

**Load** (загрузить)

Открытие меню "Load" и диспетчера файлов для выбора файла системы уравнений.

См. раздел "[Меню Load](#)" в главе 17.2.1.3.

## 10 Анализ спектра

В приборе R&S RTM представлено два способа проведения анализа спектра:

- Базовая функция БПФ-анализа, входящая в состав встроенного ПО.
- Опция анализа спектра R&S RTM-K18, поддерживаемая аппаратными средствами и обеспечивающая широкий спектр функций анализа, таких как спектрограмма, маркеры, опорные маркеры, курсорные и автоматические измерения.

### 10.1 Базовая функция БПФ-анализа

Кроме зависимостей сигнала от времени и сигнала от сигнала возможно отображение на экране частот сигнала, вычисленных с помощью БПФ-анализа. Режим БПФ-анализа настраивается и активируется с помощью клавиши FFT. Анализ всегда подвергается последний по времени активированный сигнальный канал, однако при необходимости источник канала может быть изменен.

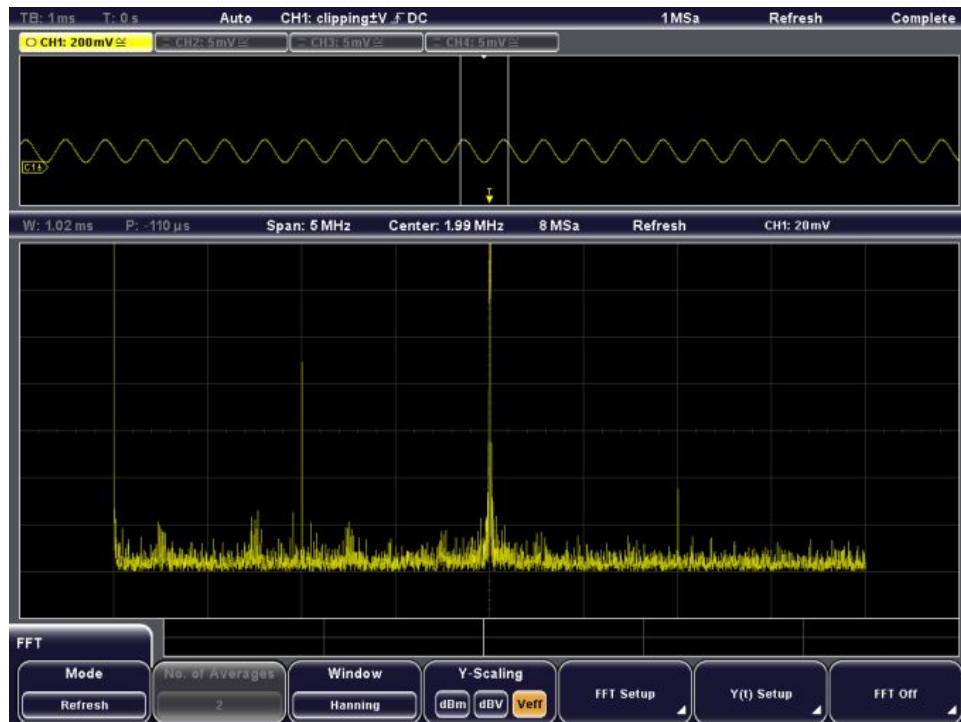
Для отображения БПФ может быть настроен ряд параметров, включая временную развертку, масштаб и арифметические операции над сигналом. Настроить БПФ можно числовым способом с помощью функциональных клавиш или графически с помощью поворотных ручек.

С помощью курсорных измерений может быть выполнено измерение частоты и уровня на отображении БПФ. Автоматические измерения недоступны.

#### 10.1.1 Отображение БПФ на экране

При активации отображения БПФ на экране появятся два окна: верхнее – зависимость сигнала от времени, нижнее – результат БПФ-анализа.

## Базовая функция БПФ-анализа



Отображение может быть ограничено результатами для заданного временного интервала и для определенного частотного диапазона. Временной интервал обозначается с помощью белых вертикальных линий (см. также [рисунок 10-1](#)).



Выбор между окном временной зависимости  $Y(t)$  (Time Control), временного интервала БПФ (Time Section) и частотным диапазоном БПФ (FFT Control) осуществляется нажатием поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL. Текущий выбранный элемент на экране подсвечивается и отображается в информационной панели. В зависимости от выбора могут изменяться функции поворотных ручек SCALE и POSITION.

Обычные параметры канала отображаются в информационной панели над окном временной зависимости (см. краткое руководство по эксплуатации)

Кроме того, отдельные параметры БПФ индицируются в информационной панели над окном БПФ. На панель выводится следующая информация:

W: 450 $\mu$ s	P: -118 $\mu$ s	Span: 10 MHz	Center: 2.5 MHz	12.5 MSa/s	Envelope	CH1: 20 mV	Time Control
1	2	3	4	5	6	7	8

	Описание	Настройка
1	Величина временного интервала, в котором рассчитывается БПФ	YT-Window
2	Положение временного интервала	Position
3	Величина отображаемого частотного диапазона	Span
4	Центр отображаемого частотного диапазона	Center
5	Частота дискретизации вычислений БПФ	

	Описание	Настройка
6	Режим вывода результатов БПФ	Waveform Arithmetic
7	Источник сигнала и коэффициент вертикального масштабирования	CH1...CH4 / Y-Scale / Y-Scaling
8	Фокус поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL	Нажать SCALE

## 10.1.2 Конфигурирование и использование вычислений БПФ

- [Настройка БПФ-анализа](#)
- [Конфигурирование диаграмм](#)
- [Измерения в окне БПФ](#)

### 10.1.2.1 Настройка БПФ-анализа

#### Отображение диаграммы БПФ

- ▶ Нажать клавишу FFT.

Клавиша подсветится, и на экран будет выведено два окна: зависимость амплитуды сигнала от времени (сверху), результаты БПФ-анализа (снизу).

#### Выключение отображения БПФ

- ▶ Поддерживается два варианта выключения отображения БПФ:
  - Если открыто главное меню "FFT", один раз нажать клавишу FFT. Если открыто меню "FFT Setup" или "Y(t) Setup", два раза нажать клавишу FFT.
  - Нажать "FFT off" в главном меню "FFT".

Подсветка клавиши FFT выключится, и на экране будет восстановлено отображение во временной области.

#### Общие настройки отображения БПФ

1. Нажать клавишу FFT для активации отображения БПФ и открытия меню "FFT".
2. Если необходимо, нажать одну из клавиш CH1...CH4 для изменения источника сигнала, который анализируется с помощью БПФ.
3. Нажать функциональную клавишу "Waveform Arithmetic" для выбора режима вычисления БПФ и отображения результатов на экране. В меню арифметических операций над осциллограммой задается или регулярное обновление значений, или значения предыдущего спектра включаются в расчеты и отображение результатов. Дополнительную информацию см. в разделе "[Wfm. Arithmetic](#)" далее.
4. Если выбран режим усреднения "Average", нажать функциональную клавишу "No. of Averages" для определения количества спектров, учитываемых при расчете.
5. Нажать функциональную клавишу "Window" для выбора функции, на которую будут умножаться входные значения. Если входные значения должны использоваться неизменными, то применяется прямоугольное окно "Rectangle". Для вырезания шума используется колоколообразное окно.

Дополнительную информацию см. в разделе "Window" далее.

6. Нажать функциональную клавишу "Y-Scaling" для выбора логарифмического или линейного масштаба по оси Y в окне БПФ (см. раздел "Y-Scaling").
7. Задать настройки БПФ окна как описано в разделе "Конфигурирование БПФ-окна числовым способом".
8. Задать настройки окна зависимости сигнала от времени как описано в разделе "Конфигурирование окна Y(t) числовым способом". Данные настройки идентичны общим настройкам запуска и масштабирования, задаваемым для канала (см. также главу 4.2.2 "Настройка сигнального входа вручную").

### 10.1.2.2 Конфигурирование диаграмм

#### Конфигурирование БПФ-окна числовым способом

Помимо конфигурирования БПФ-окна числовым способом с помощью функциональных клавиш, можно использовать поворотные ручки для изменения настроек графическим способом, см. раздел "Конфигурирование диаграммы БПФ графическим способом".

1. Нажать функциональную клавишу "FFT-Setup" в меню "FFT".
2. Задать временной интервал, в котором рассчитывается БПФ и для которого отображается результат БПФ. Интервал определяется длительностью и положением (см. рисунок 10-1).
  - а) Нажать клавишу "YT-Window" для задания временного интервала.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Position" для задания положения временного интервала. Положение задается как сдвиг центра интервала относительно опорной точки 0 с.

Временной интервал обозначается в окне зависимости Y(t) с помощью белых линий. Длительность (W) и положение (P) отображаются в информационной панели под окном зависимости Y(t).

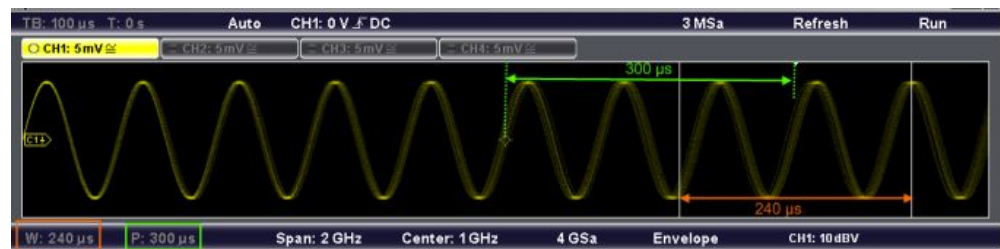


Рисунок 10-1 – Длительность и положение временного интервала для расчета БПФ

3. Нажать функциональную клавишу "Y-Scale" для задания масштабирования амплитуд БПФ.
4. Задать частотный диапазон, отображаемый в БПФ окне. Диапазон задается в пределах от (Center - Span/2) до (Center + Span/2). Дополнительную информацию см. в подразделах "Span" и "Center" далее.
  - а) Нажать функциональную клавишу "Span" для задания величины частотного диапазона.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Center" для задания центральной частоты диапазона.

### Конфигурирование диаграммы БПФ графическим способом

1. Задать временной интервал, в котором рассчитывается БПФ и для которого отображается результат БПФ.

Интервал определяется длительностью и положением (см. [рисунок 10-1](#)).

- а) Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора временного интервала БПФ (будут подсвечены настройки "W"/"P").
- б) Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для задания длительности временного интервала. Поворот против часовой стрелки – увеличение интервала, по часовой стрелке – уменьшение.
- в) Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL для задания положения временного интервала. Поворот против часовой стрелки – сдвиг начального времени влево, по часовой стрелке – вправо

2. Задать частотный диапазон, отображаемый на диаграмме БПФ. Диапазон задается в пределах от  $(Center - Span/2)$  до  $(Center + Span/2)$ .  
Дополнительную информацию см. в подразделах "[Span](#)" и "[Center](#)" далее.

- а) Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора частотного диапазона БПФ (будут подсвечены настройки "Span"/"Center").
- б) Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для задания величины частотного диапазона. Поворот против часовой стрелки – увеличение диапазона, по часовой стрелке – уменьшение.
- в) Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL для задания центральной частоты частотного диапазона. Поворот против часовой стрелки – сдвиг центральной частоты влево, по часовой стрелке – вправо.
- г) Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока VERTICAL для задания масштаба амплитуды БПФ. Поворот против часовой стрелки – уменьшение амплитуды, по часовой стрелке – увеличение.

### Конфигурирование окна $Y(t)$ числовым способом

Помимо конфигурирования окна зависимости  $Y(t)$  числовым способом с помощью функциональных клавиш, можно использовать поворотные ручки для изменения настроек графическим способом, см. раздел "[Конфигурирование окна  \$Y\(t\)\$  графическим способом](#)" далее.

1. Нажать функциональную клавишу "Y(t)-Setup" в меню "FFT".
2. Нажать функциональную клавишу "Y-Scale" для задания масштабирования амплитуд сигнала в окне зависимости  $Y(t)$ .
3. Нажать функциональную клавишу "Y-Position" для задания вертикального положения временной оси в окне зависимости  $Y(t)$  в делениях.
4. Нажать функциональную клавишу "Main Time Base" для задания масштабирования временной оси в окне зависимости  $Y(t)$  в секундах на деление  
Обратите внимание, что при изменении масштаба по главной оси времени длительность временного интервала БПФ также изменяется.
5. Нажать функциональную клавишу "Trigger Offset" для задания сдвига начальной точки относительно опорной точки 0 с.

Обратите внимание, что при изменении начального времени положение временного интервала БПФ также изменяется.

Коэффициент масштабирования временной оси (TB) и начального времени (T) отображается в информационной панели под окном зависимости  $Y(t)$ .

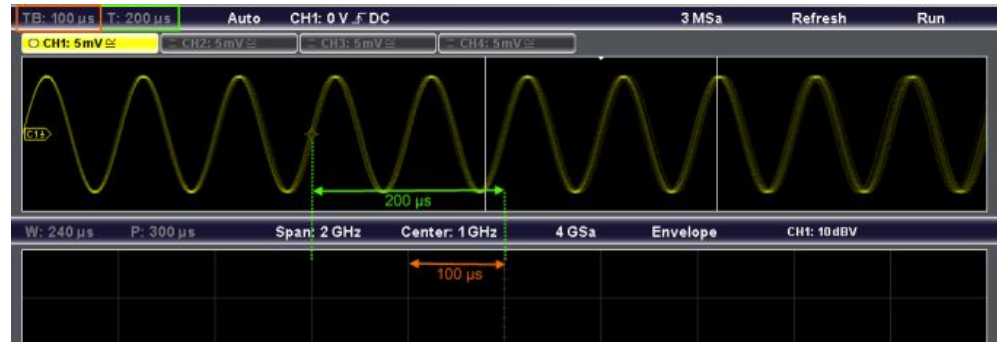


Рисунок 10-2 – Временная ось (в делениях) и начальное время в окне зависимости  $Y(t)$

### Конфигурирование окна $Y(t)$ графическим способом

1. Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора окна зависимости  $Y(t)$  (будут подсвечены настройки "TB"/"T").
2. Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока VERTICAL для задания масштабирования амплитуд сигнала в окне  $Y(t)$ . Поворот против часовой стрелки – уменьшение амплитуды, по часовой стрелке – увеличение.
3. Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока VERTICAL для задания вертикального положения оси времени в окне  $Y(t)$ . Поворот против часовой стрелки – перемещение временной оси вниз, по часовой стрелке – перемещение вверх.
4. Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для задания масштабирования временной оси в окне  $Y(t)$ . Поворот против часовой стрелки – увеличение масштаба, по часовой стрелке – уменьшение масштаба (и, следовательно, растягивание осциллограммы).  
Обратите внимание, что при изменении масштаба по главной оси времени длительность временного интервала БПФ также изменяется.
5. Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL для задания сдвига начальной точки относительно опорной точки 0 с. Поворот против часовой стрелки – перемещение начальной точки влево, по часовой стрелке – перемещение вправо.  
Обратите внимание, что при изменении начального времени положение временного интервала БПФ также изменяется.

#### 10.1.2.3 Измерения в окне БПФ

В режиме БПФ-анализа возможно проведение курсорных измерений. Автоматические измерения недоступны.

1. Нажать FFT, после чего настроить и сконфигурировать диаграмму БПФ.
2. Нажать CURSOR.



3. В меню "Cursor" установить курсорные линии на требуемые позиции:
  - Для установки выбранной курсорной линии на пиковые уровни используйте функции "Prev. Peak" и "Next Peak".  
См. также: [глава 8.1.3 "Меню Cursor"](#).
  - Вращайте поворотную ручку NAVIGATION для смещения курсорной линии.
  - Нажмите поворотную ручку NAVIGATION для переключения курсорной линии.

Результаты измерения частоты и уровня показаны в таблице с результатами.



### 10.1.3 Справочная информация о клавише FFT

Клавиша FFT включает режим БПФ и предоставляет доступ к меню FFT.



См. также:

- [глава 10.1.2 "Конфигурирование и использование вычислений БПФ"](#)
- [глава 10.1.1 "Отображение БПФ на экране"](#)
- FFT
- Wfm. Arithmetic
- No. of Averages
- Window
  - └ Hanning
  - └ Hamming
  - └ Blackman
  - └ Flat top
  - └ Rectangle
- Y-Scaling
- FFT-Setup
  - └ Span
  - └ Center
  - └ Y-Scale
  - └ YT-Window
  - └ Position
  - └ Points
- Y(t)-Setup
  - └ Y-Scale
  - └ Y-Position
  - └ Main Time Base

- L Trigger Offset
- L Show Channels

- FFT Off

### FFT (БПФ)

Клавиша FFT включает или выключает функции анализа спектра:

- Если установлена опция R&S RTM-K18, клавиша FFT включает режим анализа спектра.
- Если опция не установлена, клавиша FFT включает базовую функцию БПФ-анализа для последнего выбранного канала.

В активном состоянии кнопка FFT подсвечена.

Для выключения режима анализа спектра нажимайте клавишу FFT до тех пор, пока не отобразится осциллограмма во временной области.

Команда ДУ:

`CALC:MATH:EXPR "FFTMAG (CHx) ";` см. также `CALCulate:MATH<m>[:EXPRession][:DEFine]`.

### Wfm. Arithmetic (арифметические операции с осциллограммами)

Функция задает режим арифметических вычислений БПФ и отображения результатов.

"None"

БПФ выполняется без какого-либо дополнительного взвешивания и постобработки первоначально полученных данных. Новые входные данные подвергаются первичной обработке и выводятся на экран, и, следовательно, замещают собой предыдущие сохраненные и отображенные данные.



"Envelope"

Помимо нормального спектра, производится отдельное сохранение максимальных колебаний, обновляющихся для каждого нового спектра. Максимальные значения отображаются вместе с новыми полученными значениями и формируют огибающую. Огибающая показывает диапазон всех полученных значений кривой БПФ. При изменении любых параметров сигнала огибающая сбрасывается.



"Average"

Вычисляется среднее из нескольких спектров. Количество спектров, используемых для усреднения, задается с помощью поворотной ручки или функциональной клавиши "No. of Averages". Данный режим полезен для подавления шума.



Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:ARITHmetics`

### No. of Averages (количество усреднений)

Функция задает количество спектров, используемых для усреднения.

Данная функция доступна, только если выбран режим "Average".

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:FFT:AVERage:COUNT`

#### **Window** (окно)

Функции окна умножаются на входные данные и, таким образом, формируется отображение БПФ.

Если на границах интервала измерения появляются разрывы, алгоритм интерпретирует их как внезапный перепад, что может исказить результат. Для колоколообразных функций граничные значения умножаются на малые величины и таким образом меньше влияют на результат.

Команды ДУ:

БПФ-анализ: `CALCulate:MATH<m>:FFT:WINDow:TYPE`

Анализ спектра: `SPECTrum:FREQuency:WINDow:TYPE`

#### **Hanning** (окно Хэннинга) ← **Window**

Окно Хэннинга является колоколообразным. В отличие от окна Хэмминга, значения на границах интервала измерения равны нулю. Таким образом, снижается уровень шума внутри спектра и ширина спектральных линий увеличивается. Данное окно используется для точного измерения амплитуд периодических сигналов.



#### **Hamming** (окно Хэмминга) ← **Window**

Окно Хэмминга является колоколообразным. Его значения на границах интервала измерения не равны нулю. Таким образом, уровень шума внутри спектра выше, чем для окон Хэннинга или Блэкмана, но меньше, чем для прямоугольного окна. Ширина спектральных линий меньше, чем для других колоколообразных функций. Данное окно используется для точного измерения амплитуд периодических сигналов.



#### **Blackman** (окно Блэкмана) ← **Window**

Окно Блэкмана является колоколообразным и имеет наиболее резкий спад из всех доступных функций. Его значения на границах интервала измерения равны нулю. Амплитуды при использовании окна Блэкмана могут быть измерены с высокой точностью. Однако определение частот крайне затруднительно. Данное окно используется для точного измерения амплитуд периодических сигналов.

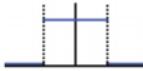


#### **Flat top** (плоская вершина) ← **Window**

Окно с плоской вершиной обеспечивает малую погрешность измерения амплитуды, но имеет плохое разрешение по частоте. Данное окно предпочтительно использовать для проведения точных измерений однотональных сигналов и амплитуд гармонических составляющих.

**Rectangle** (прямоугольное) ← **Window**

Прямоугольное окно умножает все точки на единицу. Результат обеспечивает высокую точность определения частот за счет тонких спектральных линий, но при этом возрастает уровень шума. Данную функцию предпочтительно использовать вместе с измерением импульсной характеристики, у которой начальные и конечные значения равны нулю.

**Y-Scaling** (масштаб по Y)

Определение масштаба по оси Y. Отображенные значения действительны для сопротивления нагрузки 50 Ом. Для достижения этого условия можно использовать внутренний нагрузочный резистор или же внешний резистор может быть подключен параллельно к входу с высоким сопротивлением.

"dBm"                    логарифмический масштаб; относительно 1 мВт

"dBV"                    логарифмический масштаб; относительно 1 В (эфф.)

"Veff"                    линейный масштаб; среднеквадратическое значение напряжения

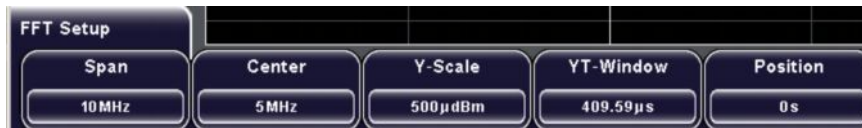
Команды ДУ:

БПФ-анализ: `CALCulate:MATH<m>:FFT:MAGNitude:SCALE`

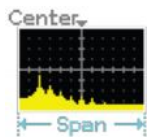
Анализ спектра: `SPECTrum:FREQuency:MAGNitude:SCALE`

**FFT-Setup** (настройка БПФ)

Определение настроек окна БПФ. Отображение может быть ограничено результатами для заданного временного интервала и для определенного частотного диапазона.

**Span** (полоса обзора) ← **FFT-Setup**

Полоса обзора частот задается в герцах (Гц) и определяет ширину отображаемого частотного диапазона, который задается в пределах от (Center - Span/2) до (Center + Span/2). Положение диапазона задается с помощью функции "Center".



**Примечание** – Если выбран частотный диапазон БПФ (подсвечен пункт "Span"/"Center"), ширина полосы обзора может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL.

Команды ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:FFT:SPAN`

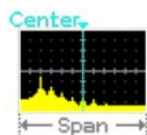
`CALCulate:MATH<m>:FFT:FULLspan`

`CALCulate:MATH<m>:FFT:START`

`CALCulate:MATH<m>:FFT:STOP`

**Center (центр) ← FFT-Setup**

Определение положения отображаемой частотной области, которое определяется в пределах от  $(Center - Span/2)$  до  $(Center + Span/2)$ . Ширина области задается с помощью функции "Span".



**Примечание** – Если выбран частотный диапазон БПФ (подсвечен пункт "Span"/"Center"), величина диапазона может быть настроена с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL.

Команды ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:FFT:CFrequency`

`CALCulate:MATH<m>:FFT:START`

`CALCulate:MATH<m>:FFT:STOP`

**Y-Scale (масштаб по Y) ← FFT-Setup**

Изменение вертикального масштаба БПФ отображения (в В/дБмВт) на деление.

**Примечание** – Если выбран частотный диапазон БПФ (подсвечен пункт "Span"/"Center"), шкала оси Y может быть задана с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока VERTICAL.

См. также подраздел ["SCALE, Y-Scale"](#) ранее.

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:SCALE`

**YT-Window (YT-окно) ← FFT-Setup**

Определение длительности временного интервала из окна зависимости  $Y(t)$ , для которого вычисляется БПФ. Интервал обозначается белыми линиями в окне  $Y(t)$ . Значение обозначается как "W" в информационной панели над окном БПФ.

**Примечание** – Если выбран временной интервал БПФ (подсвечен пункт "W"/"P"), длительность может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL.

См. также [рисунок 10-1](#).

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:FFT:TIME:RANGe`

**Position (положение) ← FFT-Setup**

Определение положения временного интервала из окна зависимости  $Y(t)$ , для которого рассчитывается БПФ. Значение обозначается как "P" в информационной панели над окном БПФ.

**Примечание** – Если выбран временной интервал БПФ (подсвечен пункт "W"/"P"), положение может быть настроено с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL.

См. также [рисунок 10-1](#).

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:FFT:TIME:POSition`

**Points (точки) ← FFT-Setup**

Определение количества отсчетов, используемых при вычислении БПФ.

## Базовая функция БПФ-анализа

Значение изменяется с шагом  $2^n$  от 2048 ( $2^{11}$ ) до 65536 ( $2^{16}$ ).

Команда ДУ:

`CALCulate:MATH<m>:FFT:BANDwidth[:RESolution]:RATIo`

### Y(t)-Setup (настройка Y(t))

Определение настроек для окна зависимости сигнала от времени.



### Y-Scale (масштаб по Y) ← Y(t)-Setup

Изменение вертикального масштаба окна зависимости Y(t) (масштабирование канала).

**Примечание** – Если выбрано окно зависимости Y(t) (обозначено белыми границами), шкала оси Y может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока VERTICAL.

См. подраздел "SCALE, Y-Scale" ранее.

Команды ДУ:

БПФ-анализ: `CHANnel<m>:SCALE`

Анализ спектра: `SPECTrum:FREQuency:SCALE`

### Y-Position (положение по Y) ← Y(t)-Setup

Определение вертикального положения оси времени в окне Y(t), в делениях.

**Примечание** – Если выбрано окно зависимости Y(t) (обозначено белыми границами), положение по оси Y может быть настроено с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока VERTICAL.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:POSition7`

### Main Time Base (временная ось) ← Y(t)-Setup

Определение масштаба временной оси в (исходном) окне Y(t) в секундах на деление. Масштаб обозначается меткой "TB" в информационной панели над окном.

**Примечание** – Если выбран режим "Time Control", главная временная ось может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL.

См. также подразделы "SCALE", "Конфигурирование исходной диаграммы Y(t)" и рисунок 10-2.

Команда ДУ:

`TIMebase:SCALE`

### Trigger Offset (смещение запуска) ← Y(t)-Setup

Определение горизонтального положения точки запуска по отношению к опорной точке – нулевой точке сетки. Данное значение обозначается меткой "T" в информационной панели выше окна.

Опорная точка задается в SETUP >"Time Reference".

**Примечание** – Если выбран режим "Time Control", и на экране отображается окно БПФ или масштабированная область, начальное время может быть настроено с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL.

См. также:

- "POSITION" в главе 4.3.1
- "Time Reference" в главе 18.2
- "Конфигурирование исходной диаграммы Y(t)" в главе 6.3.2

Команда ДУ:

`TIMEbase:POSition`

**Show Channels** (показать каналы) ← **Y(t)-Setup**

Отображение всех активных каналов в окне Y(t). По умолчанию отображается только выбранный канал, используемый для вычислений БПФ.

**FFT Off** (выкл. БПФ)

Функция закрывает окно БПФ и восстанавливает на экране предыдущее отображение.

## 10.2 Анализ спектра (опция R&S RTM-K18)

Настройки анализа спектра доступны только при установленной опции R&S RTM-K18. Опция анализа спектра позволяет анализировать частотно-зависимые события.

Также эта опция позволяет отобразить спектрограмму, иллюстрирующую изменения спектра с течением времени.

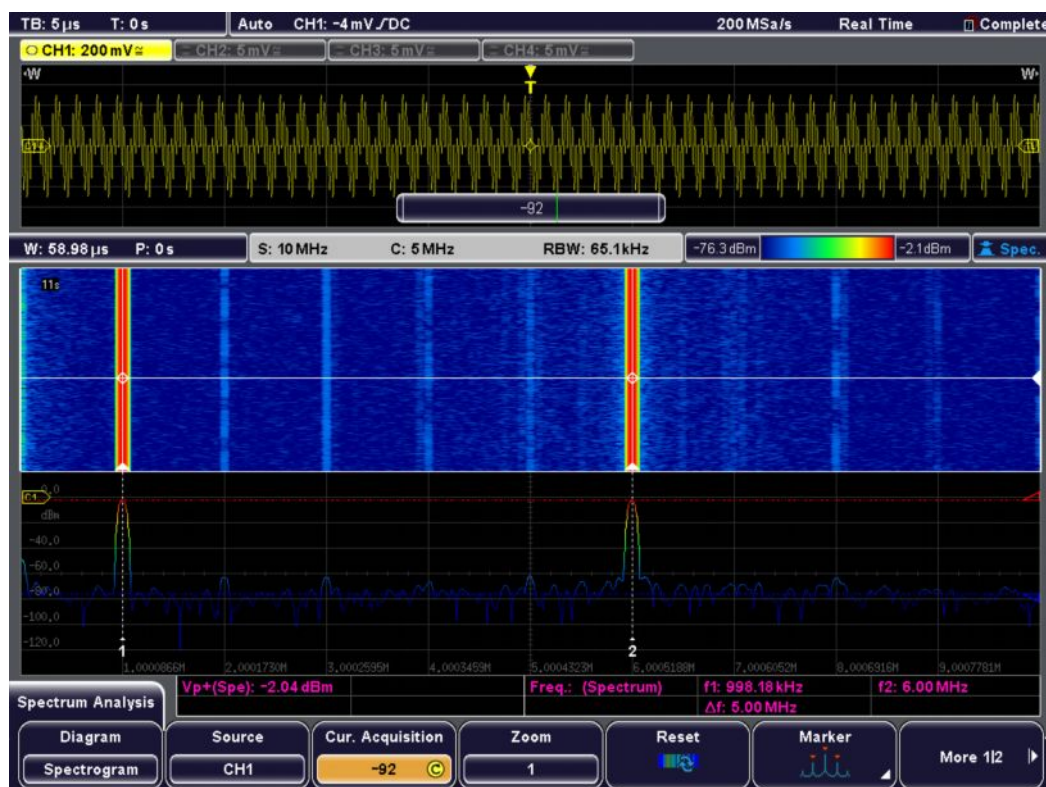
Кроме того, поддерживается возможность задания различных критериев для поиска пиков и отображения результатов на диаграмме в частотной области.

### 10.2.1 Отображение результатов анализа спектра

При активации отображения результатов анализа спектра на экране появятся три окна: верхнее – зависимость сигнала от времени, среднее – спектрограмма, нижнее – результат частотного анализа.



## Анализ спектра (опция R&amp;S RTM-K18)



На **спектрограмме** отображается зависимость частоты от времени. Наиболее старый спектр отображается сверху, тогда как текущий спектр – снизу. Для упрощения интерпретации амплитуд можно воспользоваться функцией цветовой маркировки. По умолчанию для отображения используются цвета радуги, при этом уровень собственных шумов отображается синим цветом. Наивысшие уровни амплитуды отображаются красным цветом. Если установлена опция архива и сегментированной памяти R&S RTM-K15, пользователь может просматривать сохраненные спектры. Маркеры спектрограммы показывают время сбора данных и делают возможным вывод соответствующих осциллограмм во временной и частотной областях на экран прибора. Отображаемый спектр отмечается на спектрограмме белой линией. Все функции анализа прибора R&S RTM доступны и могут быть использованы для анализа загруженных осциллограмм в частотной области.

В отличие от базовой функции БПФ-анализа, пользователь может выбрать исходную осциллограмму, используемую при анализе спектра, а также провести анализ опорной и расчетной осциллограмм.

Отображение каждой диаграммы может быть включено или выключено по отдельности путем ее выбора с помощью функциональной клавиши "Diagram" и включения/выключения нажатием поворотной ручки NAVIGATION.

Анализ спектра может быть ограничен результатами для заданного временного интервала и для определенного частотного диапазона. Временной интервал обозначается белыми линиями на диаграмме во временной области.



Выбор между диаграммой во временной области, спектрограммой, временным интервалом БПФ (Time Section) и частотным диапазоном БПФ (FFT Control) осуществляется нажатием поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL. Текущий выбранный элемент на экране подсвечивается и отображается в информационной панели. В зависимости от выбора функции поворотных ручек SCALE и POSITION могут изменяться.

## Анализ спектра (опция R&amp;S RTM-K18)

Обычные параметры канала отображаются в информационной панели над окном временной зависимости (см. краткое руководство по эксплуатации)

Кроме того, отдельные параметры спектра индицируются в информационной панели над окном отображения спектра. На панель выводится следующая информация:



	Описание	Настройка
1	Величина временного интервала, в котором рассчитывается БПФ	YT-Window
2	Положение временного интервала	Position
3	Величина отображаемого частотного диапазона	Span
4	Центр отображаемого частотного диапазона	Center
5	Полоса разрешения	RBW
6	Минимальный уровень выбранной шкалы цветов	Display > Minimum
7	Связь цветов и уровней для выбранной шкалы цветов	Display > Spectr. Color / Freq.Dom.Color
8	Максимальный уровень выбранной шкалы цветов	Display > Maximum
9	Фокус поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL	Нажать SCALE

## 10.2.2 Отображение и конфигурирование диаграмм с результатами анализа спектра

### Отображение диаграмм с результатами анализа спектра

- ▶ Нажать клавишу FFT или TOOLS и выбрать "Spectrum Analysis".

Клавиша FFT будет подсвечена, и отобразятся три окна: верхнее – зависимость сигнала от времени, среднее – спектрограмма, нижнее – осциллограмма в частотной области.

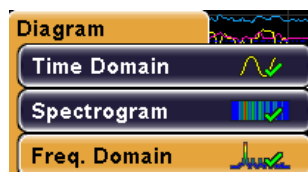
### Выключение отображения результатов анализа спектра

- ▶ Если открыто главное меню "Spectrum Analysis", один раз нажать клавишу FFT. Если открыто подменю, например меню "Marker", два раза нажать клавишу FFT.

Подсветка клавиши FFT выключится, и на экране будет отображена осциллограмма во временной области.

### Включение/выключение отображения диаграммы

1. Нажать "Diagram" и выбрать диаграмму, которую требуется включить/выключить. Рядом с именем выбранной диаграммы появится зеленая метка.



2. Нажать поворотную ручку NAVIGATION для включения/выключения отображения выбранного окна диаграммы.

### Конфигурирование окна с результатами анализа спектра числовым способом

Помимо конфигурирования окна с результатами анализа спектра числовым способом с помощью функциональных клавиш, можно использовать поворотные ручки для изменения настроек графическим способом, см. раздел ["Конфигурирование диаграммы с результатами анализа спектра графическим способом"](#) далее.

1. В меню "Spectrum Analysis" нажать "More 1|2" и затем "Freq. Domain".
2. Задать временной интервал, в котором рассчитывается спектр и для которого отображается результат. Временной интервал определяется своими длительностью и положением.
  - а) Нажать клавишу "YT-Window" для задания временного интервала.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Position" для задания положения временного интервала. Положение задается как сдвиг центра интервала относительно опорной точки 0 с.

Временной интервал обозначается в окне диаграммы во временной области с помощью белых линий. Длительность (W) и положение (P) отображаются в информационной панели под окном диаграммы во временной области.

3. Нажать функциональную клавишу "Y-Scale" для задания масштабирования амплитуд частотных составляющих.
4. Задать частотный диапазон, отображаемый в окне диаграммы в частотной области. Диапазон задается в пределах от (Center - Span/2) до (Center + Span/2). Подробная информация приведена в подразделах [Span](#) и [Center Frequency](#).
  - а) Нажать функциональную клавишу "Span" для задания величины частотного диапазона.
  - б) Нажать функциональную клавишу "Center" для задания центральной частоты диапазона.
  - в) Нажать "RBW" для задания полосы разрешения.

### Конфигурирование диаграммы с результатами анализа спектра графическим способом

1. Задать временной интервал, в котором рассчитываются результаты анализа спектра и для которого отображается результат. Временной интервал определяется длительностью и положением.
  - а) Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора временного интервала (будут подсвечены настройки "W"/"P").
  - б) Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для задания длительности временного интервала. Поворот против часовой стрелки – увеличение интервала, по часовой стрелке – уменьшение.
  - в) Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL для задания положения временного интервала. Поворот против часовой стрелки – перемещение начальной точки влево, по часовой стрелке – перемещение вправо.
2. Задать частотный диапазон, отображаемый в окне диаграммы в частотной области. Диапазон задается в пределах от (Center - Span/2) до (Center + Span/2). Подробная информация приведена в подразделах [Span](#) и [Center Frequency](#).
  - а) Нажать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для выбора частотного диапазона (будут подсвечены настройки "Span"/"Center").

- б) Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока HORIZONTAL для задания величины частотного диапазона. Поворот против часовой стрелки – увеличение диапазона, по часовой стрелке – уменьшение.
- в) Вращать поворотную ручку POSITION функционального блока HORIZONTAL для задания центральной частоты частотного диапазона. Поворот против часовой стрелки – сдвиг центральной частоты влево, по часовой стрелке – вправо.
- г) Вращать поворотную ручку SCALE функционального блока VERTICAL для задания масштаба амплитуды частотных составляющих. Поворот против часовой стрелки – уменьшение амплитуды, по часовой стрелке – ее увеличение.

#### Конфигурирование маркеров

1. Нажать "Marker" в меню "Spectrum Analysis".
2. Нажать "Enable" для отображения маркеров.
3. Нажать "Source" и выбрать исходную осциллограмму для выбора маркеров.
4. Нажать "Setup" и открыть меню для задания маркеров.
  - а) Задать минимальный уровень "Min. Level", который будет обнаруживаться с помощью маркеров.
  - б) При необходимости включить "Advanced peak setup" и задать значения настроек "Excursion", "Max. Width" и "Distance".
5. При необходимости задать опорный маркер с помощью "R-Marker".
6. Нажать "Marker Table" и затем "View marker table" для отображения результатов.

#### Конфигурирование отображения диаграммы

1. Нажать "Display" в меню "Spectrum Analysis".
2. Нажать "Spectr. Color"/ "Freq.Dom. Color" и выбрать требуемую шкалу цветов.
3. Задать диапазон уровней выбранной шкалы цветов с помощью "Minimum" и "Maximum".

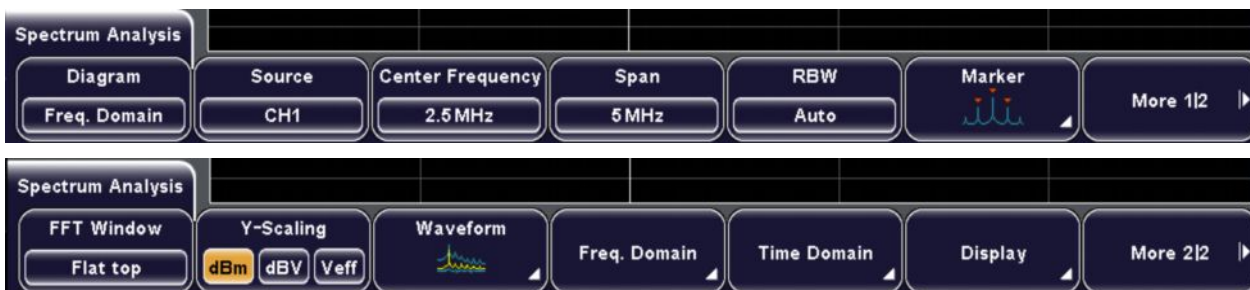
#### Конфигурирование диаграмм с помощью функции AUTOSET

Обязательным условием является наличие на входе периодического сигнала.

1. Нажать клавишу FFT для включения функции анализа спектра.
2. Нажать кнопку "Autoset" в левой части экрана. Следующие настройки будут заданы автоматически:
  - а) Масштаб временной оси "Time Base " задается равным  $\sim 5$  периодам на деление.
  - б) Полоса обзора "Span" задается равной  $20 \cdot \text{Trigger Frequency}$ .
  - в) Центральная частота "Center" задается равной  $\text{Span}/2$ .
  - г) Настройки полосы разрешения зависят от выбранного режима "RBW".  
Если "RBW > Auto", будет автоматически установлено значение, равное отношению  $\text{Span}:\text{RBW}$ .  
Если "RBW > Manual", ширина временного окна "Time Window" будет задана равной  $\sim 80\%$  от отображаемого временного интервала "Time Range".
  - д) Настройки "Y-Scaling"/"Position" зависят от выбранных настроек спектра "Y-Scaling".  
Если "Y-Scaling > dBm/dBv", положение "Position" устанавливается на 3 деление, а масштаб задается равным значению 20 дБмВт/дел.  
Если "Y-Scaling > Veff", положение "Position" устанавливается на - 3 деление, а масштаб задается равным значению  $(\text{масштабирование канала})/2$ .

### 10.2.3 Настройки анализа спектра

Если установлена опция R&S RTM-K18, клавиша FFT включает режим анализа спектра и открывает меню "Spectrum Analysis".



См. также:

- [глава 10.2.1 "Отображение результатов анализа спектра"](#)
- [глава 10.2.2 "Отображение и конфигурирование диаграмм с результатами анализа спектра"](#)

#### 10.2.3.1 Основные настройки

- [Diagram](#)
- [Source](#)
- [Window](#)
  - └ [Hanning](#)
  - └ [Hamming](#)
  - └ [Blackman](#)
  - └ [Flat top](#)
  - └ [Rectangle](#)
- [Y-Scaling](#)
- [Waveform](#)
- [Marker](#)
- [More 1|2](#)
- [Freq. Domain](#)
- [Time Domain](#)
- [Display](#)

#### Diagram (диаграмма)

Выбор активной диаграммы. При этом можно выбрать диаграммы, которые будут отображены на экране, путем их включения/выключения.

На диаграмме во временной области отображается зависимость сигнала от времени. Результаты могут быть ограничены заданным временным интервалом.

Спектрограмма иллюстрирует изменения спектра с течением времени.

На диаграмме в частотной области могут быть отображены различные осциллограммы и показаны результаты поиска с помощью маркеров.

Команды ДУ:

```
SPECTrum:DIAGram:FDOMain[:ENABle]
SPECTrum:DIAGram:SPECTrogram[:ENABle]
SPECTrum:DIAGram:TDOMain[:ENABle]
```

**Source** (источник)

Выбор источника для анализа спектра.

Команда ДУ:

`SPECTrum:SOURce`

**Window** (окно)

Функции окна умножаются на входные данные и, таким образом, формируется отображение БПФ.

Если на границах интервала измерения появляются разрывы, алгоритм интерпретирует их как резкий перепад, что может исказить результат. Для колоколообразных функций граничные значения умножаются на малые величины и таким образом меньше влияют на результат.

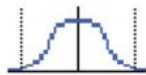
Команды ДУ:

БПФ-анализ: `CALCulate:MATH<m>:FFT:WINDow:TYPE`

Анализ спектра: `SPECTrum:FREQuency:WINDow:TYPE`

**Hanning** (окно Хэннинга) ← **Window**

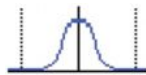
Окно Хэннинга является колоколообразным. В отличие от окна Хэмминга, значения на границах интервала измерения равны нулю. Таким образом, снижается уровень шума внутри спектра и ширина спектральных линий увеличивается. Данное окно используется для точного измерения амплитуд периодических сигналов.

**Hamming** (окно Хэмминга) ← **Window**

Окно Хэмминга является колоколообразным. Его значения на границах интервала измерения не равны нулю. Таким образом, уровень шума внутри спектра выше, чем для окон Хэннинга или Блэкмана, но меньше, чем для прямоугольного окна. Ширина спектральных линий меньше, чем для других колоколообразных функций. Данное окно используется для точного измерения амплитуд периодических сигналов.

**Blackman** (окно Блэкмана) ← **Window**

Окно Блэкмана является колоколообразным и имеет наиболее резкий спад из всех доступных функций. Его значения на границах интервала измерения равны нулю. Амплитуды при использовании окна Блэкмана могут быть измерены с высокой точностью. Однако определение частот крайне затруднительно. Данное окно используется для точного измерения амплитуд периодических сигналов.





**Flat top** (плоская вершина) ← **Window**

Окно с плоской вершиной обеспечивает малую погрешность измерения амплитуды, но имеет плохое разрешение по частоте. Данное окно предпочтительно использовать для проведения точных измерений однотональных сигналов и амплитуд гармонических составляющих.

**Rectangle** (прямоугольное) ← **Window**

Прямоугольное окно умножает все точки на единицу. Результат обеспечивает высокую точность определения частот за счет тонких спектральных линий, но при этом возрастает уровень шума. Данную функцию предпочтительно использовать вместе с измерением импульсной характеристики, где начальные и конечные значения равны нулю.

**Y-Scaling** (масштаб по Y)

Определение масштаба по оси Y. Отображенные значения действительны для сопротивления нагрузки 50 Ом. Для достижения этого условия можно использовать внутренний нагрузочный резистор или же внешний резистор может быть подключен параллельно к входу с высоким сопротивлением.

"dBm"	дБмВт, логарифмический масштаб; относительно 1 мВт
"dBV"	дБВ, логарифмический масштаб; относительно 1 В (эфф.)
"Veff"	линейный масштаб; среднеквадратическое значение напряжения

Команды ДУ:

БПФ-анализ: `CALCulate:MATH<m>:FFT:MAGNitude:SCALE`

Анализ спектра: `SPECTrum:FREQuency:MAGNitude:SCALE`

**Waveform** (осциллограмма)

Вызов меню для настройки осциллограмм.

**Marker** (маркер)

Вызов меню для настройки маркеров.

**More 1|2** (далее 1|2)

Переключение страницы меню для доступа к настройкам анализа спектра.

**Freq. Domain** (частотная область)

Вызов меню для настройки диаграммы в частотной области.

**Time Domain** (временная область)

Вызов меню для настройки диаграммы во временной области.

**Display**(отображение)

Задание настроек для отображения диаграмм.



### 10.2.3.2 Настройки маркеров

Применение функции поиска с помощью маркеров позволяет обнаружить до 100 пиков на отображении спектра. Для подробного задания критерия поиска воспользуйтесь меню "Marker".



- [Общие настройки маркеров](#)
- [Задание настроек](#)
- [Опорный маркер](#)
- [Таблица маркеров](#)

#### Общие настройки маркеров

- [Enable](#)
- [Source](#)
- [Setup](#)
- [R-Marker](#)
- [R-Mark. to Center](#)
- [Marker table](#)

#### **Enable** (включить)

Включение маркеров.

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer[:ENABLE]`

#### **Source** (источник)

Задание источника для функции поиска с помощью маркеров.

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:SOURce`

#### **Setup** (настройка)

Вызов меню для задания настроек маркеров.

#### **R-Marker** (опорн. маркер)

Задание настроек опорного маркера.

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:RMARker?`

**R-Mark. to Center** (оп. маркер на центр)  
Центрирование отображения по опорному маркеру.

**Marker table** (таблица маркеров)  
Задание настроек таблицы маркеров. Полученные значения включают индекс результата и соответствующие значения частоты и амплитуды.

### Задание настроек



- [Min. Level](#)
- [Advanced Peak Setup](#)
- [Excursion](#)
- [Max. Width](#)
- [Distance](#)
- [Info](#)

#### **Min. Level** (мин. уровень)

Задание минимального уровня для обнаружения пиков с помощью маркера. Пики, уровень которых находится ниже этого значения, не будут показаны в таблице маркеров "Marker Table".

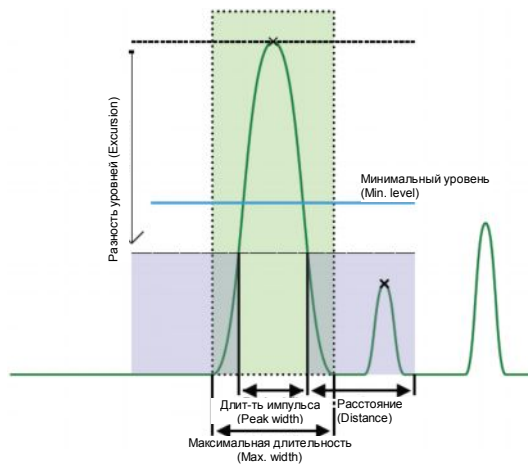
Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:SETup:MLEVel`

#### **Advanced Peak Setup** (расширенная настройка поиска пиков)

Более точное задание настроек маркера.

Чтобы пик был обнаружен, значения параметров "Excursion", "Max width" и "Distance" должны находиться в заданных пределах, см. [рисунок 10-3](#). Если условия не выполняются, пик не учитывается, см. [рисунок 10-4](#) и [рисунок 10-5](#).



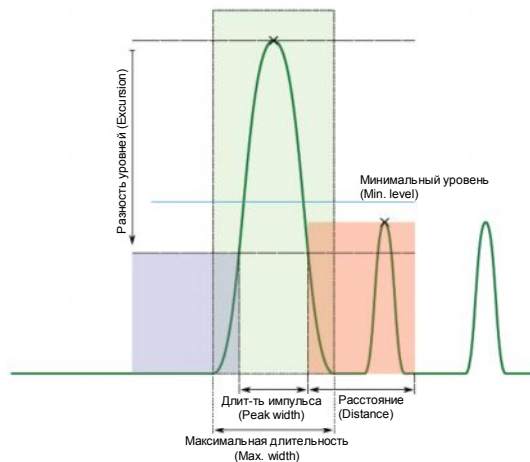
**Рисунок 10-3 – Обнаруженный пик, находящийся в заданных пределах**

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:SETup:MMODE`

**Excursion (перепад уровней)**

Задание разности уровней между двумя последовательными пиками, которая должна соблюдаться для обнаружения пика.



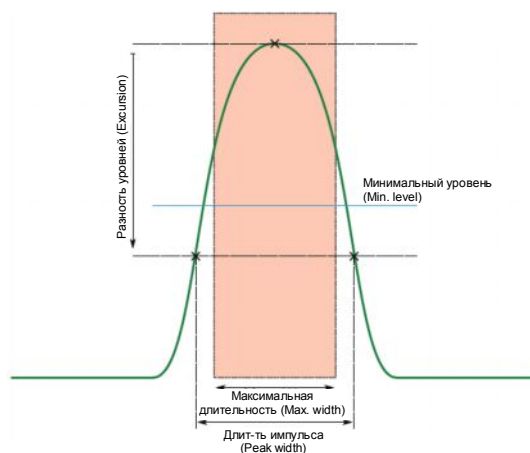
**Рисунок 10-4 – Не учитываемый пик, для которого не соблюдаются условия "Distance" и "Excursion"**

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:SETup:EXCursion`

**Max. Width (макс. длительность)**

Задание максимальной длительности обнаруживаемого пика.



**Рисунок 10-5 – Не учитываемый пик, длительность которого выходит за указанные пределы.**

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:SETup:MWIDth`

**Distance (расстояние)**

Задание расстояния между двумя последовательными пиками, которое должно соблюдаться для обнаружения пика.

Команда ДУ:

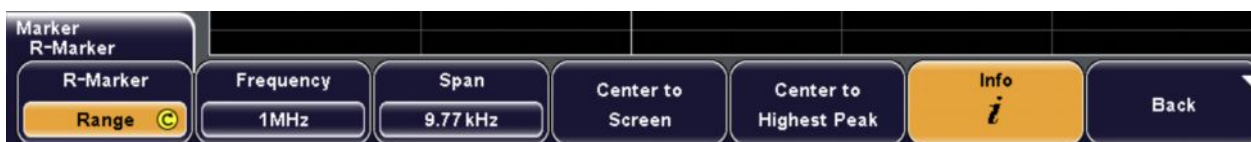
`SPECTrum:MARKer:SETup:DISTance`

**Info** (информация)

Отображение окна с информацией о маркерах. В нем представлена информация о текущих настройках, которые учитываются при проведении поиска помощью маркеров.

**R-Marker** (опорн. маркер)

Задание настроек опорного маркера. Опорный маркер отображается на осциллограмме в виде закрашенного оранжевого треугольника.



- R-Marker
- Index
- Frequency
- Span
- Center to Screen
- Center to Highest Peak

**R-Marker** (опорн. маркер)

Задание режима для выбора опорного пика.

- |             |  |
|-------------|--|
| "Off"       | Выключение опорного маркера.   |
| "Indicated" | В качестве опорного пика выбирается пик с выбранным индексом.  |
| "Range"     | Пик с наивысшим уровнем в пределах выбранного диапазона устанавливается в качестве опорного маркера. |

Команда ДУ:

[SPECTrum:MARKer:REference:SETup:MODE](#)

**Index** (индекс)

Задание индекса опорного маркера, если параметр "R-Marker" установлен в режим "Indicated".

Команда ДУ:

[SPECTrum:MARKer:REference:SETup:INDEX](#)

**Frequency** (частота)

Задание центральной частоты полосы захвата.

Команда ДУ:

[SPECTrum:MARKer:REference:SETup:FREquency](#)

**Span** (полоса обзора)

Задание полосы обзора, которая определяется как отношение полосы захвата к ширине диапазона заданного режима опорного маркера, если параметр "R-Marker" установлен в режим "Range".

Команда ДУ:

[SPECTrum:MARKer:REference:SETup:SPAN](#)

## Анализ спектра (опция R&amp;S RTM-K18)

**Center to Screen** (центрирование)

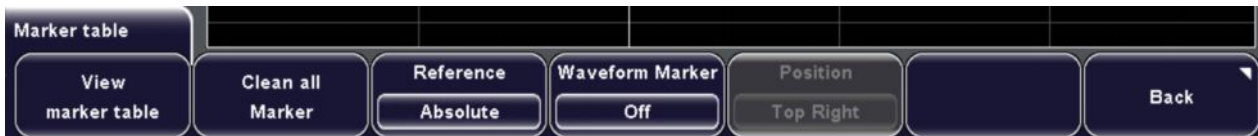
Центрирование отображения по центральной частоте.

**Center to Highest Peak** (центрирование по пику)

Центрирование отображения по наивысшему обнаруженному пику.

**Marker Table** (таблица маркеров)

Задание настроек таблицы маркеров.



Полученные значения включают индекс результата и соответствующие значения частоты и амплитуды. В таблице маркеров может быть выбрано до 10 пиков, которые вместе со своими значениями будут отображены на осциллограмме. Зеленые метки рядом с пиками в таблице маркеров отмечают выбранные маркеры. Маркер отмечается на осциллограмме красным треугольником.



Команды ДУ, результаты:

- `SPECTrum:MARKer:RCOUNT?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:ALL?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:ALL:DELTA?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:DELTA?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:FREQuency?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:FREQuency:DELTA?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:LEVel?`
  - `SPECTrum:MARKer:RESult<n>:LEVel:DELTA?`
- 
- [View marker table](#)
  - [Clean all Marker](#)
  - [Reference](#)
  - [Waveform marker](#)
  - [Position](#)

**View marker table** (показать таблицу маркеров)

Включение/выключение отображения таблицы маркеров.

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:RTABLE:ENABLE`

**Clean all Marker** (очистить все маркеры)

Удаление всех результатов из таблицы маркеров.

**Reference** (относительные значения)

Задание режима отображения результатов в таблице маркеров. Для отображения могут быть выбраны абсолютные значения частот и уровней маркеров или разностные значения частот и уровней относительно опорного маркера.

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:RMODE`

**Waveform marker** (маркер осциллограммы)

Отображение выбранных маркеров на диаграмме с осциллограммой. Для отображения может быть выбран индекс или полученные значения пика.

Команда ДУ:

`SPECTrum:MARKer:DISPlay`

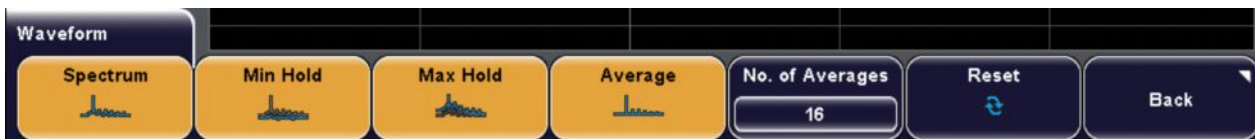
**Position** (положение)

Задание положения таблицы на экране: справа сверху, справа снизу или на весь экран.

В режиме отображения на весь экран таблица занимает почти всю правую половину экрана.

### 10.2.3.3 Настройки осциллограммы

В меню "Waveform" можно выбрать осциллограммы, которые будут показаны на диаграмме. Для отображения могут быть выбраны осциллограммы сразу всех типов.



- Spectrum
- Min Hold
- Max Hold
- Average
- No. of Averages
- Reset

### **Spectrum** (спектр)

Отображение спектра.

Команды ДУ:

```
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum[:ENABle]
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:HEADer?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:POINTs?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:XINCrement?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:XORigin?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:YINCrement?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:YORigin?
SPECTrum:WAVEform:SPECTrum:DATA:YRESolution?
```

### **Min Hold** (минимумы)

Отображение осциллограммы для спектра с минимальной амплитудой.

Команды ДУ:

```
SPECTrum:WAVEform:MINimum[:ENABle]
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:HEADer?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:POINTs?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:XINCrement?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:XORigin?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:YINCrement?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:YORigin?
SPECTrum:WAVEform:MINimum:DATA:YRESolution?
```



**Max Hold** (максимумы)

Отображение осциллограммы для спектра с максимальной амплитудой.

Команды ДУ:

```
SPECTrum:WAVEform:MAXimum[:ENABLE]
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:HEADer?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:POINTs?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:XINCrement?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:XORigin?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:YINCrement?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:YORigin?
SPECTrum:WAVEform:MAXimum:DATA:YRESolution?
```

**Average** (усреднение)

Отображение усредненной осциллограммы. Она рассчитывается путем усреднения по нескольким спектрам, количество которых задано в "No. of Averages".

Команды ДУ:

```
SPECTrum:WAVEform:AVERage[:ENABLE]
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:HEADer?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:POINTs?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:XINCrement?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:XORigin?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:YINCrement?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:YORigin?
SPECTrum:WAVEform:AVERage:DATA:YRESolution?
```

**No. of Averages** (количество усреднений)

Задание количества спектров, по которым будет производиться усреднение, если используется осциллограмма типа "Average".

**Reset** (сброс)

Сброс настроек "Min", "Max" и "Average" и отображение текущей осциллограммы.

#### 10.2.3.4 Настройки спектрограммы

Задание настроек диаграммы со спектрограммой.

- [Cur. Acquisition](#)
- [Zoom](#)
- [Reset](#)

**Cur. Acquisition** (текущая выборка)

Использование текущей выборки для проведения измерений.

**Zoom** (масштабирование)

Задание коэффициента масштабирования для спектрограммы.

Команда ДУ:

`SPECTrum:SPECTrogram:SCALE`

**Reset** (сброс)

Сброс текущей спектрограммы и запуск нового цикла записи данных.

Команда ДУ:

`SPECTrum:SPECTrogram:RESet`

### 10.2.3.5 Настройки диаграммы во временной области

В меню "Time Domain" могут быть заданы настройки диаграммы во временной области.



- Position
- Time Range
- Y-Scale
- Y-Position
- Main Time Base
- Trigger Offset

**Position** (положение)

Задание положения временного диапазона для проведения анализа.

Команда ДУ:

`SPECTrum:TIME:POSition`

**Time Range** (временной диапазон)

Задание временного диапазона для диаграммы во временной области.

Команда ДУ:

`SPECTrum:TIME:RANGe`

**Y-Scale** (шкала оси Y)

Изменение вертикального масштаба окна зависимости  $Y(t)$  (масштабирование канала).

**Примечание** – Если выбрано окно зависимости  $Y(t)$  (обозначено белыми границами), шкала оси Y может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока VERTICAL.

См. подраздел "[SCALE, Y-Scale](#)" в главе 4.3.3.1.

Команды ДУ:

БПФ-анализ: `CHANnel<m>:SCALE`

Анализ спектра: `SPECTrum:FREQuency:SCALE`

**Y-Position** (положение оси Y)

Определение вертикального положения оси времени в окне  $Y(t)$ , в делениях.

**Примечание** – Если выбрано окно зависимости  $Y(t)$  (обозначено белыми границами), положение оси  $Y$  может быть настроено с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока VERTICAL.

Команда ДУ:

CHANnel<m>:POSition

**Main Time Base** (временная ось)

Определение масштаба временной оси в (исходном) окне  $Y(t)$  в секундах на деление. Масштаб обозначается меткой "TB" в информационной панели над окном.

**Примечание** – Если выбран режим "Time Control", главная временная ось может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL.

См. также подразделы "SCALE", "Конфигурирование исходной диаграммы  $Y(t)$ " и рисунок 10-2.

Команда ДУ:

TIMEbase:SCALE

**Trigger Offset** (смещение запуска)

Определение горизонтального положения точки запуска по отношению к опорной точке – нулевой точке сетки. Данное значение обозначается меткой "T" в информационной панели выше окна.

Опорная точка задается в SETUP >"Time Reference".

**Примечание** – Если выбран режим "Time Control", и на экране отображается окно БПФ или масштабированная область, начальное время может быть настроено с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL.

См. также:

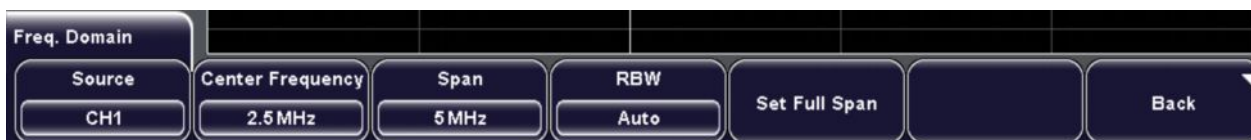
- "POSITION" в главе 4.3.1
- "Time Reference" в главе 18.2
- "Конфигурирование исходной диаграммы  $Y(t)$ " в главе 6.3.2

Команда ДУ:

TIMEbase:POSition

### 10.2.3.6 Настройки диаграммы в частотной области

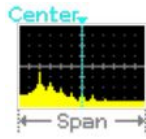
В меню "Freq. Domain" могут быть заданы настройки диаграммы в частотной области.



- Center Frequency
- Span
- RBW
- Set Full Span

**Center Frequency** (центральная частота)

Определение положения отображаемой частотной области, которое определяется в пределах от (Center Frequency - Span/2) до (Center Frequency + Span/2). Ширина области задается с помощью функции "Span".



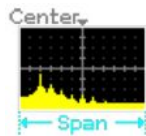
**Примечание** – Если выбран частотный диапазон для анализа спектра (подсвечен пункт "Span"/"Center Frequency"), величина диапазона может быть настроена с помощью поворотной ручки POSITION функционального блока HORIZONTAL.

Команда ДУ:

`SPECTrum:FREQuency:CENTer`

#### **Span** (полоса обзора)

Величина диапазона задается в герцах (Гц) и определяет ширину отображаемого частотного диапазона, который определяется в пределах от (Center Frequency - Span/2) до (Center Frequency + Span/2). Положение диапазона задается с помощью функции "Center Frequency".



**Примечание** – Если выбран частотный диапазон для анализа спектра (подсвечен пункт "Span"/"Center Frequency"), величина диапазона может быть настроена с помощью поворотной ручки SCALE функционального блока HORIZONTAL.

Команды ДУ:

`SPECTrum:FREQuency:SPAN`

`SPECTrum:FREQuency:FULLspan`

`SPECTrum:FREQuency:START`

`SPECTrum:FREQuency:STOP`

#### **RBW** (полоса разрешения)

Задание полосы разрешения – минимального разнесения по частоте, при котором могут быть различены отдельные составляющие спектра.

Малые значения позволяют добиться высокой точности, поскольку расстояние между двумя различимыми частотами будет небольшим. Большие значения приводят к снижению точности, но увеличивают скорость измерения.

В автоматическом режиме (по умолчанию) прибор задает RBW на соответствующее значение. В ручном режиме значение RBW может быть задано пользователем с помощью поворотной ручки NAVIGATION. Используйте клавишу "RBW" для переключения между автоматическим и ручным режимами работы.

Команды ДУ:

`SPECTrum:FREQuency:BANDwidth[:RESolution]:AUTO`

`SPECTrum:FREQuency:BANDwidth[:RESolution]:RATio`

`SPECTrum:FREQuency:BANDwidth[:RESolution][:VALue]`

#### **Set Full Span** (установка полной полосы обзора)

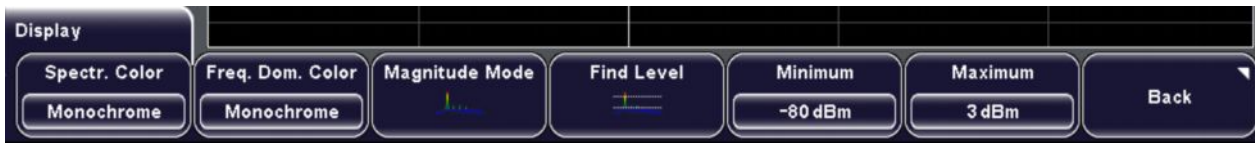
Проведение анализа спектра во всем частотном диапазоне.

Команда ДУ:

`SPECTrum:FREQuency:FULLspan`

### 10.2.3.7 Настройки отображения

В меню "Display" могут быть заданы настройки отображения диаграмм.



- [Spectr. Color / Freq.Dom.Color](#)
- [Magnitude Mode](#)
- [Find Level](#)
- [Minimum](#)
- [Maximum](#)

**Spectr. Color** (цвета спектрограммы)/ **Freq.Dom.Color** (цвета в частотной области)  
Выбор шкалы цветов для отображения осциллограммы на спектрограмме / диаграмме в частотной области. В каждой шкале содержится набор цветов, где каждый цвет представляет определенный уровень / частоту появления.

Задать диапазон шкалы цветов можно с помощью настроек "Minimum" и "Maximum".

"Rainbow"      Отображение осциллограммы с использованием цветов радуги. Синий цвет соответствует низкоуровневым значениям, а красный – высокоуровневым.



"Temp. Color"      Отображение осциллограммы с использованием цветовой температуры. Синий цвет соответствует низкоуровневым значениям, а белый – высокоуровневым.



"Monochrome"      Отображение осциллограммы в монохромных цветах в зависимости от цвета выбранного исходного канала. Черный цвет соответствует низкоуровневым значениям, а цвет канала – высокоуровневым.



Команды ДУ:

[SPECTrum:DIAGram:COLor:SCHEME:FDOMain](#)  
[SPECTrum:DIAGram:COLor:SCHEME:SPECTrogramm](#)

**Magnitude Mode** (амплитудный режим)

Включение режима окрашивания осциллограммы в зависимости от уровня амплитуды. Чем выше уровень, тем выше его цвет в шкале цветов.

При выключенном режиме "Magnitude Mode" окрашивание производится в зависимости от частоты появления значения.

Команда ДУ:

[SPECTrum:DIAGram:COLor:MAGNitude:MODE](#)

**Find Level** (поиск уровня)

Автоматическая установка уровня на значение  $0,5 * (MaxPeak - MinPeak)$ .

Значение *MinPeak* соответствует уровню собственных шумов, а значение *MaxPeak* – наивысшему уровню осциллограммы.

**Minimum** (минимум)

Задание уровня, который используется в качестве минимума шкалы цветов, выбранной с помощью "Spectr.Color"/"Freq.Dom.Color". Все уровни, находящиеся ниже этого минимума, будут отображаться с цветом, который соответствует минимальному значению.

Команда ДУ:

```
SPECTrum:DIAGram:COLor:MINimum[:LEVel]
```

**Maximum** (максимум)

Задание уровня, который используется в качестве максимума шкалы цветов, выбранной с помощью "Spectr.Color"/"Freq.Dom.Color". Все уровни, находящиеся выше этого максимума, будут отображаться с цветом, который соответствует максимальному значению.

Команда ДУ:

```
SPECTrum:DIAGram:COLor:MAXimum[:LEVel]
```

# 11 Маски

Маски используются для определения соответствия амплитуды сигнала заданным пределам, т.е. для обнаружения ошибок или проверки цифровых сигналов на соответствие требованиям стандарта.

## 11.1 О масках

### 11.1.1 Маски

Маска задается верхней и нижней предельными линиями. Сигнал должен находиться в пределах этих линий, в противном случае будет зафиксировано нарушение пределов маски.

Новая маска создается на базе существующего сигнала. Пределы маски создаются путем копирования осциллограммы, ее перемещения и растяжения. В результате вокруг сигнала, используемого в качестве маски, формируется поле допуска.

После задания маски скопированная огибающая сигнала сохраняется в приборе до задания или загрузки другой маски. Параметры растяжения и смещения не сохраняются. При необходимости сохранять полное определение маски или создания более одной маски можно сохранить маску или загрузить ее с любого устройства хранения данных – внутренней памяти или внешнего USB-носителя.

Также имеется возможность копирования сохраненных масок на другое устройство хранения с помощью функции экспорта/импорта масок "Export/Import Masks". При выполнении операции экспорта/импорта можно изменить имя целевого файла, что позволяет скопировать и переименовать файл за одну операцию. Также можно изменить формат целевого файла и выполнить преобразование данных в процессе экспорта/импорта. Для копирования маски используется функция FILE > "Import/Export Masks".

См. также:

- [глава 11.1.3 "Форматы файлов для масок"](#)
- [главу 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#)

### 11.1.2 Тестирование по маске

Тестирование по маске представляет собой анализ нахождения тестируемого сигнала в пределах маски. Общие результаты тестирования выводятся в таблицу результатов:

Total: 2785	2746	Passed: 98.59 %
2s	39	Failed: 1.4 %

левый столбец = количество тестируемых выборок данных и длительность тестирования  
 центральный столбец = количество выборок прошедших (зеленым цветом) и не прошедших (красным цветом) тестирование  
 правый столбец = процентное содержание прошедших и непрошедших тестирование выборок

При тестировании по маске, в случае возникновения нарушений ее пределов, можно инициировать различные действия: звуковое извещение, прекращение сбора данных, печать или сохранение снимка экрана, сохранение данных осциллограммы.



Команды дистанционного управления для результатов тестирования по маске:

- `MASK:COUNT?`
- `MASK:VCount?`
- `MASK:RESet:COUNter`

### 11.1.3 Форматы файлов для масок

Данные масок всегда сохраняются в виде последовательности пар значений – нижнего и верхнего пределов – а пары записываются в виде двух последовательных одиночных значений. В зависимости от формата файла, сохраняются только амплитудные значения или же сохраняются амплитудные значения вместе со своим номером в выборке (номером отсчета).

Амплитудные значения сохраняются не в виде значений напряжения, а в виде значения в делениях шкалы. Минимальное значение для оценивания -5,12 делений, максимальное +5,12 делений. Внутренний вертикальный диапазон прибора превышает видимый вертикальный диапазон, составляющий  $\pm 4$  деления.

Используя функцию экспорта, можно конвертировать MSK-файл в форматы CSV, TXT или BIN. Импорт возможен для файлов формата MSK и CSV.

#### Формат MSK

MSK – это специальный двоичный формат для масок в приборе R&S RTM. Он содержит пары амплитудных значений (в делениях), их номера отсчетов и текущие настройки прибора. Таким образом, амплитудные значения не привязаны ко времени и напряжению. Данные могут быть загружены обратно в прибор для последующего использования. Данный формат не предназначен для проведения анализа вне прибора R&S RTM.

#### Формат CSV

В текстовом файле, содержащем значения разделенные запятыми (Comma Separated Values), осциллограмма хранится в виде таблицы из двух столбцов. Столбцы разделяются запятыми, а строки – разрывами строк `\r\n` (0x0D 0x0A).

Первый столбец содержит номера отсчетов, а второй содержит соответствующие им амплитудные значения, выраженные в делениях. В первой строке указываются единицы измерения каждого столбца и название осциллограммы. Для каждого номера отсчета записаны два значения (минимальное и максимальное). Диапазон амплитудных значений лежит в пределах от -5,12 до +5,12 делений.

Данные могут быть загружены обратно в прибор для последующего использования.

#### Пример: CSV-файл

```
[Sa],MSK1[DIV]
0.000E+00,-3.273E+00
0.000E+00,-7.831E-01
1.000E+00,-3.313E+00
1.000E+00,-8.232E-01
2.000E+00,-3.273E+00
2.000E+00,-8.232E-01
3.000E+00,-3.273E+00
3.000E+00,-7.831E-01
4.000E+00,-3.273E+00
```

```
4.000E+00,-7.831E-01
5.000E+00,-3.313E+00
5.000E+00,-8.232E-01
6.000E+00,-3.273E+00
6.000E+00,-8.232E-01
7.000E+00,-3.273E+00
7.000E+00,-7.831E-01
8.000E+00,-3.313E+00
8.000E+00,-7.831E-01
9.000E+00,-3.273E+00
9.000E+00,-7.831E-01
1.000E+01,-3.273E+00
1.000E+01,-8.232E-01
...
```

При экспорте номера отсчетов записываются в экспоненциальном формате.

При создании маски вручную в файле CSV можно записывать номера отсчетов простыми целыми числами.

Файл должен содержать 1000 пар значений минимумов-максимумов.

#### Формат TXT

Файлы TXT – это ASCII-файлы, которые содержат только амплитудные значения, и не содержат временных значений. Амплитудные значения разделяются запятыми. Пары значений перечисляются в виде двух последовательных одиночных значений, без идентификации. Амплитудные значения задаются в экспоненциальном формате. В конце файла запятая отсутствует.

Амплитудные значения задаются десятичными дробями.

#### Пример: TXT-файл

```
4.00,4.20,4.05,4.25,4.08,4.28,.....,-4.05,-4.25,-4.00,-4.20
```

#### Формат BIN

Файлы BIN содержат только двоичные амплитудные значения и не содержат временных значений. Каждое значение имеет размер слова из 8, 16 или 32 битов, размер слова не меняется во всем файле.

Можно задать порядок байтов в словах: BIN MSBF сохраняет данные с использованием обратного порядка байтов, начиная со старшего байта MSB и заканчивая младшим LSB. BIN LSBF сохраняет данные, начиная с младшего байта и заканчивая старшим MSB. Пары значений перечисляются в виде двух последовательных одиночных значений, без идентификации.

#### Формат FLT

Файлы FLT содержат амплитудные значения в формате чисел с плавающей запятой, где 4 последовательных байта сохраняются в виде 32-битного значения с плавающей запятой.

Можно задать порядок байтов в словах: FLT MSBF сохраняет данные с использованием обратного порядка байтов, начиная со старшего байта MSB и заканчивая младшим LSB. FLT LSBF сохраняет данные, начиная с младшего байта и заканчивая старшим MSB.

## 11.2 Работа с масками

Маски задают кадр, который может сравниваться со значениями сигнала. Пользователь может загрузить заранее сконфигурированные маски или задать собственные маски на основе существующих осциллограмм. При выполнении проверки можно задать действия, которые будут выполняться в случае нарушения пределов маски.



Маски отображаются на экране тем же цветом, что и опорная осциллограмма.

### 11.2.1 Создание новых масок

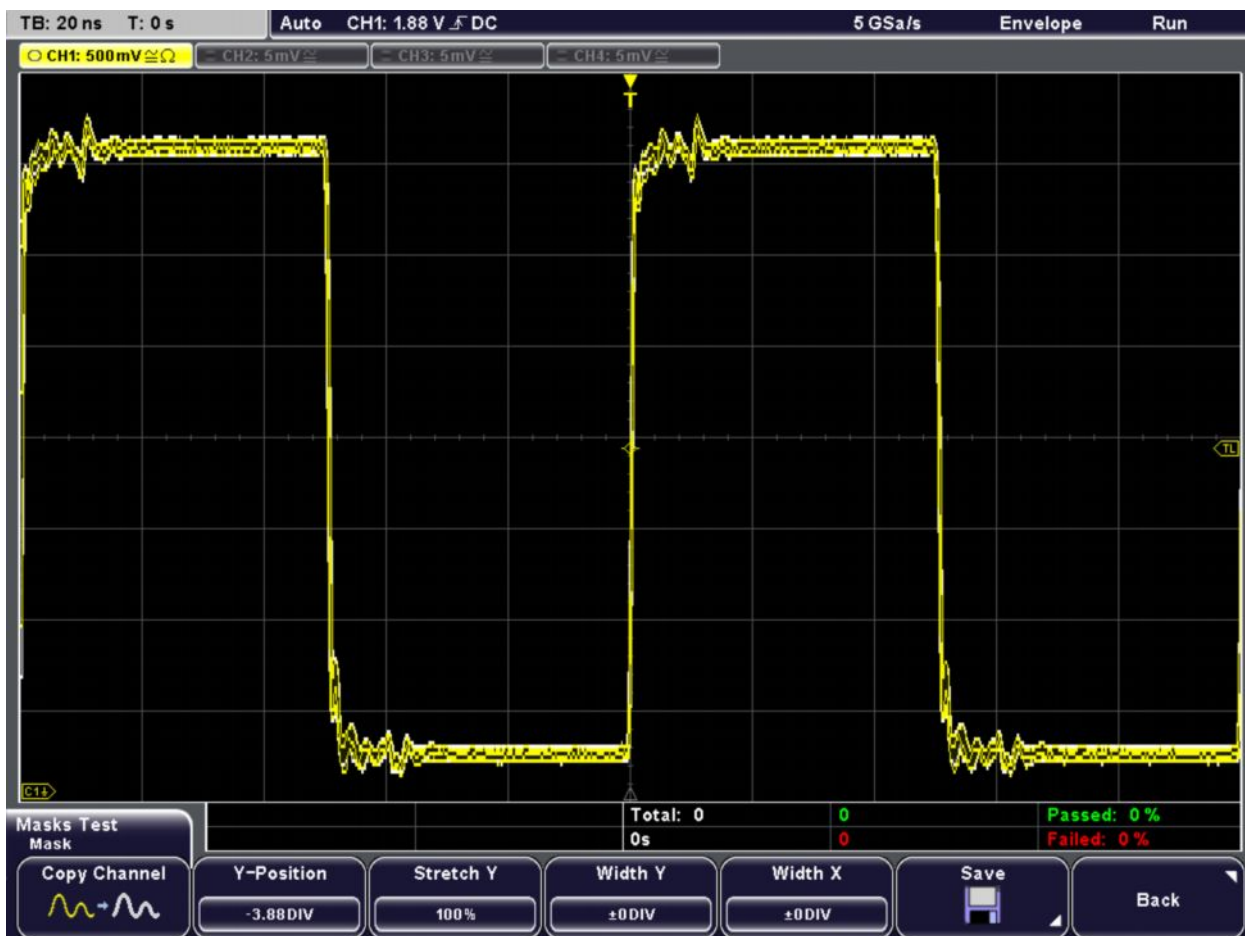
Новую маску можно создать на основе канальной осциллограммы, затем её можно оптимизировать путем изменения позиции и пропорций и сохранить в памяти.

1. Выбрать и настроить осциллограмму канала для последующего использования ее в качестве основы для маски и запустить непрерывный сбор данных.
2. Нажать клавишу TOOLS.
3. Нажать функциональную клавишу "Masks Tests".

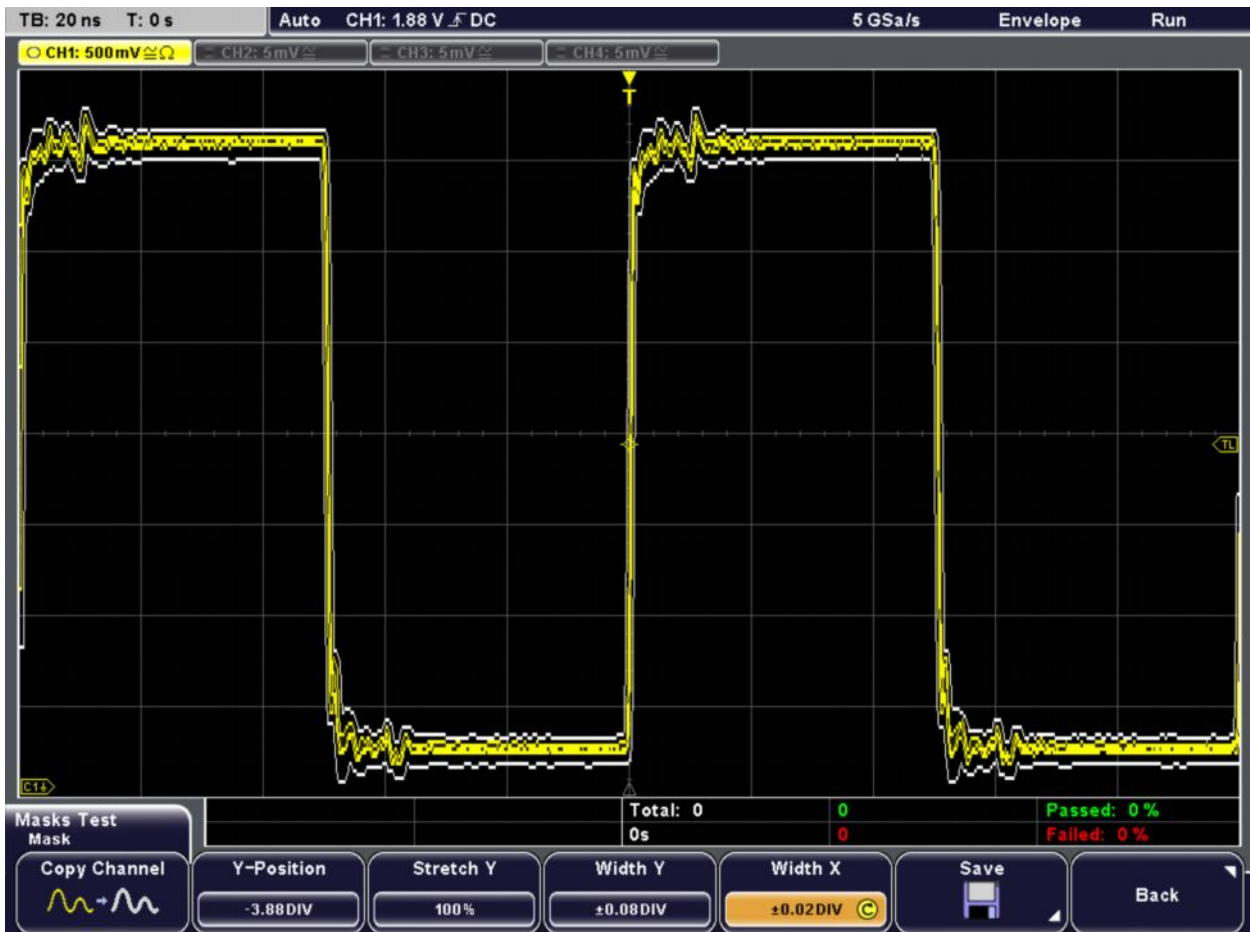
Активная осциллограмма с огибающей отобразится на экране, другие осциллограммы в режиме тестирования по маске будут отключены.

4. Нажать функциональную клавишу "New Mask".
5. Нажать функциональную клавишу "Copy Channel" для создания новой маски.

Маска формируется из огибающей и выводится на экране тем же цветом, что и опорная осциллограмма.



6. Чтобы изменить ширину маски по вертикали, необходимо нажать функциональную клавишу "Width Y" и вращать поворотную ручку NAVIGATION. Заданный в делениях коэффициент складывается с верхним пределом маски по оси Y и вычитается из нижнего предела маски по оси Y. Таким образом, верхняя половина маски поднимается вверх, а нижняя опускается вниз.
7. Подобным образом, чтобы изменить ширину маски по горизонтали, необходимо нажать функциональную клавишу "Width X" и вращать поворотную ручку NAVIGATION. Левая половина маски сдвигается налево, а правая половина сдвигается направо.



8. Чтобы передвинуть маску по вертикали на экране, необходимо нажать функциональную клавишу "Y-Position" и вращать поворотную ручку NAVIGATION для изменения позиции по оси Y. Текущая позиция обозначается как смещение относительно центра в делениях; положительное значение означает, что осциллограмма была сдвинута вверх; отрицательное значение означает, что осциллограмма была сдвинута вниз.
9. Чтобы изменить масштаб маски в направлении по оси Y, необходимо нажать функциональную клавишу "Stretch Y" и вращать поворотную ручку NAVIGATION. Вращать поворотную ручку по часовой стрелке для увеличения коэффициента масштабирования или против часовой стрелки – для его уменьшения. Значение больше 100% приводит к растяжению амплитуд, значение меньше 100% – к сжатию амплитуд.
10. Сохранить новую маску:
  - а) Нажать функциональную клавишу "Save".
  - б) Задать настройки сохранения данных согласно описанию для осциллограмм в [главе 17.2.1.1 "Настройки сохранения данных"](#).
  - в) Нажать функциональную клавишу "Save".

### 11.2.2 Загрузка масок

Заранее сконфигурированные маски для проведения тестирования могут быть загружены из файлов MSK или CSV с любого устройства хранения данных.



Для копирования маски используется функция импорта/экспорта файла FILE > "Import/Export Masks". Процедура импорта/экспорта описана в [главе 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#).

1. Нажать клавишу TOOLS > "Masks Tests" для вывода на экран меню "Mask Test".
2. Нажать функциональную клавишу "Load Mask".  
На экран будет выведено меню "Load" и диспетчер файлов.
3. Нажать функциональную клавишу "Storage" и выбрать устройство хранения данных (внутренний каталог или USB-носитель, подключенный к передней или задней панели).
4. Выбрать каталог, а затем файл, содержащий маску. Для перехода по каталогам используется поворотная ручка NAVIGATION. Чтобы изменить каталог, следует перейти к названию каталога и нажать поворотную ручку или функциональную клавишу "Change dir".
5. Нажать функциональную клавишу "Load".  
Выбранная маска отобразится на экране.

### 11.2.3 Выполнение тестирования по маске

Используя тестирование по маске, можно определить нарушения пределов измеряемого сигнала в сравнении с заранее заданной маской.

#### Выполнение тестирования по маске

1. Выполнить обычное измерение, для которого будет проводиться тестирование.
2. Нажать клавишу TOOLS > "Masks Tests" для вывода на экран меню "Mask Test".
3. Создать маску или загрузить существующую маску.  
См.:
  - [главу 11.2.1 "Создание новых масок"](#)
  - [главу 11.2.2 "Загрузка масок"](#)
4. Нажать функциональную клавишу "Actions", чтобы определить действия при наличии нарушений маски. Выбрать одно или более из доступных действий, нажав соответствующую функциональную клавишу.  
См. раздел ["Actions"](#) далее.
5. Нажать функциональную клавишу "Test" для запуска тестирования по маске.  
Выполняется тестирование по маске, т.е. данные активного канала сравниваются с маской.  
Если пределы маски нарушены, выполняются заданные действия. Общий результат тестирования выводится в таблицу результатов:

## Справочная информация о клавише MASKS



6. Нажать функциональную клавишу "Pause", чтобы временно остановить проверку без закрытия меню "Masks".  
Снова нажмите функциональную клавишу "Pause", чтобы продолжить тестирование.
7. Нажать функциональную клавишу "Masks Test Off", чтобы выключить тестирование по маске и выйти из меню "Mask".

### 11.3 Справочная информация о клавише MASKS

Маски используются для обнаружения ошибок и проведения тестирования цифровых сигналов на соответствие стандартам.

Имеется возможность:

- запустить тестирование по маске.
- настроить действия, запускаемые при нарушении маски.
- настроить новые маски на основе канальных сигналов.

Для конфигурирования маски и запуска тестирования следует нажать клавишу TOOLS, а затем функциональную клавишу "Masks Test".



- MASKS
- Test
- Pause
- New Mask
  - └ Copy Channel
  - └ Y-Position
  - └ Stretch Y
  - └ Width Y
  - └ Width X
  - └ Save
- Load Mask
- Actions
  - └ Sound, Stop, Screenshot, Print, Waveform, Pulse
  - └ Polarity
  - └ Pulse width
- Masks Test Off

#### MASKS (маски)

Клавиша MASKS открывает меню работы с масками "Masks" для проведения тестирования по маске выбранной осциллограммы. Маски используются для обнаружения ошибок и проведения тестирования цифровых сигналов на соответствие стандартам.

Имеется возможность:

- запустить тестирование по маске.



## Справочная информация о клавише MASKS

- настроить действия, запускаемые при нарушении маски.
- настроить новые маски на основе канальных сигналов.

**Test** (тестировать)

Выполнение тестирования по маске активного сигнала, т.е. амплитуды сигнала сравниваются с заданной маской. Если амплитуды превышают пределы маски, детектируется нарушение.

Действие, запускаемое при обнаружении нарушения, задается с помощью функциональной клавиши "Actions". См. также главу 11.2.3 "Выполнение тестирования по маске".

Команда ДУ:

`MASK:TEST`

**Pause** (пауза)

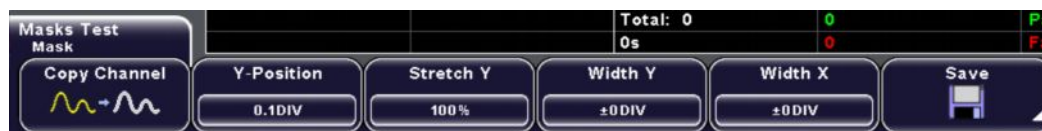
Временная приостановка тестирования по маске без закрытия меню "Masks". Во время паузы нельзя удалить счетчики и изменить выполняемые действия.

Команда ДУ:

`MASK:TEST`

**New Mask** (новая маска)

Открывает подменю для задания новой маски.



См. также главу 11.2.1 "Создание новых масок"

**Copy Channel** (копировать канал) ← **New Mask**

Создание новой маски из огибающей осциллограммы выбранного канала и сохранение ее в приборе.

Команда ДУ:

`MASK:CHCopy`

**Y-Position** (положение по Y) ← **New Mask**

Перемещение маски на экране по вертикали. Следует вращать поворотную ручку NAVIGATION для изменения положения по оси Y.

Текущее положение обозначается как смещение в делениях относительно центра; положительное значение означает, что осциллограмма была сдвинута вверх; отрицательное значение означает, что осциллограмма была сдвинута вниз.

Команда ДУ:

`MASK:YPOSITION`

**Stretch Y** (растяжение по Y) ← **New Mask**

Изменение вертикального масштаба для растяжения маски по оси Y.

Вращать поворотную ручку NAVIGATION по часовой стрелке для увеличения коэффициента масштабирования или против часовой стрелки для его уменьшения. Значение больше 100% приводит к растяжению амплитуды; значение меньше 100% – к сжатию амплитуды.

Команда ДУ:

`MASK:YScale`

**Width Y** (ширина по Y) ← **New Mask**

Изменение ширины маски по вертикали.

Заданный в делениях коэффициент складывается с верхним пределом маски по оси Y и вычитается из нижнего предела маски по оси Y. Таким образом, верхняя половина маски поднимается вверх, а нижняя опускается вниз, общая высота маски становится равной удвоенной ширине "Width Y".

Команда ДУ:

[MASK:YWIDTH](#)

**Width X** (ширина по X) ← **New Mask**

Изменение ширины маски по горизонтали.

Заданный в делениях коэффициент складывается с верхним пределом маски по оси X и вычитается из нижнего предела маски по оси X. Таким образом, левая половина маски сдвигается влево, а правая сдвигается вправо.

Команда ДУ:

[MASK:XWIDTH](#)

**Save** (сохранить) ← **New Mask**

Открытие меню для сохранения маски в специальном формате устройства. Сохраняется полное определение маски: огибающая осциллограммы с параметрами ширины, растяжения и позиции.

См. раздел "[Меню Save](#)" в главе 17.2.1.3.

Команда ДУ:

[MASK:SAVE](#)

**Load Mask** (загрузить маску)

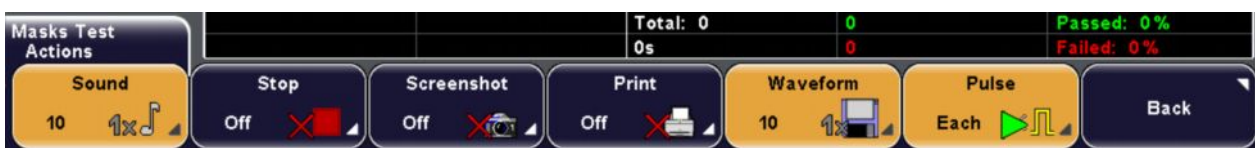
Открытие диспетчера файлов для выбора предварительно сохраненных масок. Выбранная маска загружается и используется для последующего тестирования.

Команда ДУ:

[MASK:LOAD](#)

**Actions** (действия)

Открытие подменю для выбора действия, запускаемого при обнаружении нарушения пределов маски. Для каждого действия можно задать условия и частоту выполнения.



"Sound" Воспроизведение звукового сигнала.

"Stop" Остановка сбора данных.

"Screenshot" Сохранение снимка экрана в соответствии с настройками в меню FILE > "Screenshots".

"Print" Вывод на печать снимка экрана (на принтер, подключенный к USB-разъему на передней или задней панели).

"Waveform" Сохранение данных осциллограммы в соответствии с настройками в меню FILE > "Waveform".

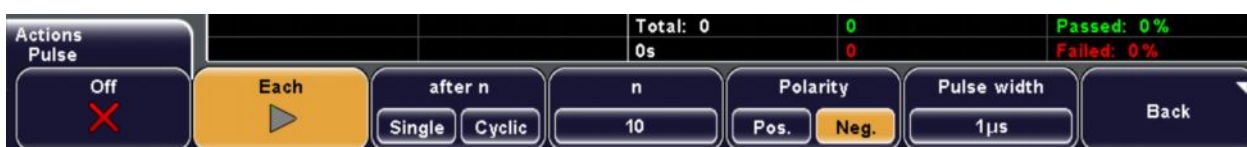
"Pulse"                   Формирование импульса на выходе TRIGGER OUTPUT.  
Можно задать полярность **Polarity** и длительность импульса **Pulse width** в подменю "Pulse".

Команды ДУ:

`MASK:ACTion:SOUND:EVENT:MODE`  
`MASK:ACTion:STOP:EVENT:MODE`  
`MASK:ACTion:SCRSave:EVENT:MODE`  
`MASK:ACTion:PRINT:EVENT:MODE`  
`MASK:ACTion:WFMSave:EVENT:MODE`  
`MASK:ACTion:PULSe:EVENT:MODE`

**Sound** (звук), **Stop** (стоп), **Screenshot** (снимок экрана), **Print** (печать), **Waveform** (сигнал), **Pulse** (импульс) ← **Actions**

Для каждого действия можно задать его условия и частоту выполнения.



"Off"                    Действие не выполняется.

"Each"                  Выбранное действие выполняется при каждом нарушении маски.

"After n / n"           "Single": выбранное действие выполняется однократно после n-го нарушения маски.

"Cyclic": выполнение выбранного действия повторяется после каждого n-го нарушения маски.

Установить интервал выполнения функциональной клавишей "n".

Команды ДУ:

`MASK:ACTion:SOUND:EVENT:COUNT`  
`MASK:ACTion:STOP:EVENT:COUNT`  
`MASK:ACTion:SCRSave:EVENT:COUNT`  
`MASK:ACTion:PRINT:EVENT:COUNT`  
`MASK:ACTion:WFMSave:EVENT:COUNT`  
`MASK:ACTion:PULSe:EVENT:COUNT`

**Polarity** (полярность) ← **Actions**

Установка полярности выходного импульса запуска.

Команда ДУ:

`MASK:ACTion:PULSe:POLarity`

**Pulse width** (длительность импульса) ← **Actions**

Установка продолжительности выходного импульса запуска.

Команда ДУ:

`MASK:ACTion:PULSe:PLENght`

**Masks Test Off** (выключить тестирование)

Выключение тестирования по маске и выход из меню "Mask".

Команда ДУ:

`MASK:STATe`

## 12 Функции поиска

### 12.1 Условия и результаты поиска

Функции поиска осциллографа R&S RTM позволяют находить все фронты, длительности импульсов, пики и другие события в выборке, которые удовлетворяют условиям поиска. Для каждого типа поиска доступны специальные настройки. Поиск может выполняться по любому каналу, расчетной или опорной осциллограммам.

Поиск может выполняться в рабочем режиме, то есть повторяться для каждого нового цикла сбора данных в выполняющейся серии циклов сбора данных, или однократно после остановки сбора данных. При поиске в рабочем режиме осуществляется поиск только отображаемых данных, в то время как при поиске после остановки сбора данных ведется анализ содержимого памяти.

Временной диапазон поиска может быть ограничен путем задания строба.

#### 12.1.1 Результаты поиска

Результаты поиска отмечаются на диаграмме и выводятся в таблице результатов с указанием измеренных значений. В таблице результатов показывается пять результатов поиска. Для навигации по результатам поиска используется ручка NAVIGATION. См. также раздел ["Анализ результатов поиска"](#) далее.

##### **Маркеры результатов поиска**

Для более подробного анализа, например, при курсорных измерениях, можно задать до 20 маркеров к выбранным результатам поиска. Маркеры результатов поиска отличаются от обычных временных маркеров, хотя их установка, навигация и удаление производятся маркерными клавишами. При включении поиска активируются маркеры результатов поиска. Если поиск выключен, могут использоваться обычные маркеры.

См. также:

- ["Использование маркеров с результатами поиска"](#) далее
- [главу 6.4 "Использование маркеров"](#)

## Условия и результаты поиска

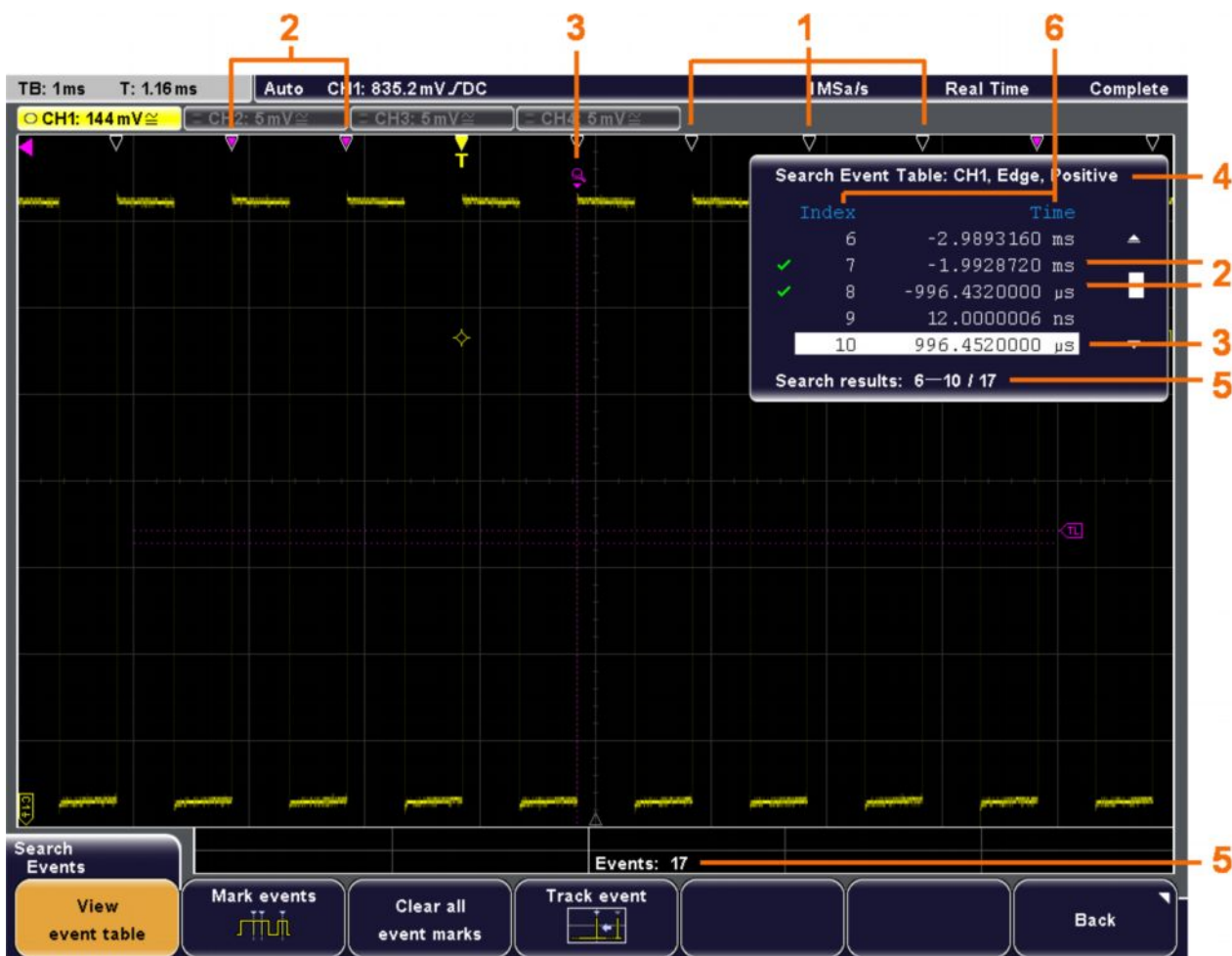


Рисунок 12-1 – Результаты поиска фронтов в приборе R&amp;S RTM

- 1 = Результаты поиска  
 2 = Отмеченные результаты поиска  
 3 = Выбранные результаты поиска  
 4 = Условия поиска  
 5 = Количество результатов, диапазон результатов, отображаемых в таблице результатов  
 6 = Значения результатов: номер результата, временное значение, дополнительное значение, зависящее от типа поиска (напряжение, длительность)

Команды ДУ:

- `SEARCH:RCOUNT?`
- `SEARCH:RESULT:ALL?`
- `SEARCH:RESULT<n>?`
- `EXPORT:SEARCH:NAME`
- `EXPORT:SEARCH:SAVE`

## 12.2 Конфигурирование и выполнение поиска

### Конфигурирование и запуск поиска

Предварительное условие: сбор данных сигнала, опорная или расчетная осциллограммы сконфигурированы.

1. Нажать клавишу SEARCH.  
Откроется меню поиска "Search", функция поиска будет включена.
2. Нажать "Source" и выбрать осциллограмму для анализа. Для выбора доступны все активные каналы, расчетные и опорные осциллограммы.
3. Нажать "Search type" и выбрать событие, которое необходимо найти: фронт, длительность, пики, ранты, заданное время нарастания/спада, время установки/удержания, шаблон и события конкретного протокола.
4. Нажать "Setup" и сконфигурировать выбранный тип поиска.

Подробнее:

- [глава 12.3.2 "Меню Edge Setup"](#)
  - [глава 12.3.3 "Меню Width Setup"](#)
  - [глава 12.3.4 "Меню Peak Setup"](#)
  - [глава 12.3.5 "Меню Rise/Fall Time Setup"](#)
  - [глава 12.3.6 "Меню Runt Setup"](#)
  - [глава 12.3.7 "Поиск по сигналу синхронизации \(Data2Clock\)"](#)
  - [глава 13.3.8 "Поиск шаблона \(Pattern\)"](#)
  - [глава 13.5.5.1 "Поиск по декодированным данным шины CAN"](#), требуется опция R&S RTM-K3
  - [глава 13.6.6.1 "Поиск по декодированным данным шины LIN"](#), требуется опция R&S RTM-K3
5. Для ограничения временного диапазона поиска исходной осциллограммы нажать "Gate" и задать область поиска.
  6. Запустить непрерывный сбор данных клавишей RUN CONT.  
Поиск в рабочем режиме выполняется по отображаемым данным. Результаты поиска постоянно обновляются и выводятся в верхней части диаграммы. Для поиска по сохраненным в памяти данным для последней выборки следует остановить сбор данных.

### Анализ результатов поиска

1. Остановить выполняющийся непрерывный сбор данных или захватить одну осциллограмму с помощью клавиши RUN N× SINGLE.
2. Нажать "Events".
3. Нажать "View event table" в меню "Events".  
В таблице будет показано пять первых результатов.
4. Для выбора результата поиска вращать поворотную ручку NAVIGATION.

## Справочная информация о меню Search

Выбранный результат будет отмечен в таблице результатов и указан на диаграмме с помощью символа лупы.

5. Чтобы просмотреть выбранное событие, даже если оно находится за пределами экрана, нажать "Track event".

Осциллограмма переместится на экране, и выбранный результат будет показан в точке начала отсчета времени.

**Использование маркеров с результатами поиска**

1. Если таблица результатов не видна, нажать "View event table".
2. Для установки маркеров на все результаты нажать "Mark events". Если найдено более 20 результатов, то будут отмечены первые 20 результатов.
3. Установка маркера на выбранный результат:
  - а) Выбрать результат в таблице "Search Event Table", вращая ручку NAVIGATION.
  - б) Нажать клавишу SET CLEAR.
4. Выбор маркера:
  - Нажать клавишу NEXT для перемещения на следующий маркер справа.
  - Нажать клавишу PREV для перемещения на предыдущий маркер слева.
5. Для удаления одиночного маркера выбрать его и нажать клавишу SET CLEAR.
6. Для удаления всех маркеров нажать "Clear all event markers".

**Завершение поиска**

1. Чтобы закрыть таблицу результатов, нажать "View event table".
2. Чтобы остановить поиск, нажать "Search".

## 12.3 Справочная информация о меню Search

### 12.3.1 Главное меню Search

Клавиша SEARCH MENU открывает одноименное меню, в котором можно выполнить поиск различных событий, например:

- фронтов
- пиков
- импульсов заданной длительности
- времени нарастания и спада
- ... и других



**Search** (поиск)

Включение и выключение режима поиска.

Команда ДУ:

[SEARCH : STATe](#)

**Search type** (тип поиска)

Выбор события для поиска.

- |                  |   |
|------------------|---|
| "Edge"           | Похоже на запуск по фронту, результат поиска фронта фиксируется, когда осциллограмма пересекает заданный уровень в указанном направлении.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.2 "Меню Edge Setup"</a> .   |
| "Width"          | Похоже на запуск по длительности, функция поиска длительности находит импульсы точно заданной длительности, короче или длиннее заданного времени, или импульсы внутри или снаружи разрешенного временного диапазона.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.3 "Меню Width Setup"</a>   |
| "Peak"           | Поиск пиковых значений находит импульсы с амплитудой, превышающей заданное значение размаха.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.4 "Меню Peak Setup"</a>  |
| "Rise/Fall time" | Поиск времени нарастания/спада находит фронты с точно заданным временем нарастания/спада, короче или длиннее заданного времени, или время нарастания/спада внутри или снаружи разрешенного временного диапазона.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.5 "Меню Rise/Fall Time Setup"</a>  |
| "Runt"           | Поиск ранта находит импульсы с амплитудой ниже нормальной. Амплитуда пересекает первый порог дважды без пересечения второго порога. Кроме пороговых амплитуд для ранта можно задать предел по времени, также как для поиска длительности: ранты точно заданной длительности, короче или длиннее заданного времени, или ранты внутри или снаружи разрешенного временного диапазона.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.6 "Меню Runt Setup"</a>  |
| "Data2Clock"     | Поиск по сигналу синхронизации, также известный, как установка / удержание, находит нарушения времен установки и удержания. Происходит анализ синхронизации между двумя сигналами: сигналом данных и синхронизированным тактовым сигналом. Во многих системах требуется, чтобы сигнал данных был уже установлен перед приходом фронта тактового сигнала. Время установки – это время, в течение которого сигнал данных уже установлен перед приходом фронта тактового сигнала. Время удержания – это время, которое сигнал данных находится в установленном состоянии после прихода фронта тактового сигнала.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.7 "Поиск по сигналу синхронизации (Data2Clock)"</a> . |
| "Pattern"        | Поиск шаблона находит логические комбинации состояний канала внутри или снаружи заданного временного диапазона. Для каждого канала задаются состояние и пороговый уровень. Состояния логически комбинируются, и время истинного шаблона сравнивается с заданным временным диапазоном.<br>Настройки см. в <a href="#">главе 12.3.8 "Поиск шаблона (Pattern)"</a> .   |

"Protocol" Поиск по протоколу находит различные события в декодированных данных сигналов последовательных шин. События зависят от конкретного протокола и соответствуют настройкам запуска последовательного протокола. Доступен поиск по следующим протоколам:

- [главе 13.5.5 "Поиск по декодированным данным шины CAN"](#) (опция R&S RTM-K3)
- [главе 13.6.6 "Поиск по декодированным данным шины LIN"](#) (опция R&S RTM-K3)
- [главе 13.8.6 "Поиск по декодированным данным шины MIL-STD-1553"](#) (опция R&S RTM-K6)
- [главе 13.9.6 "Поиск по декодированным данным шины ARINC 429"](#) (опция R&S RTM-K7)

Команда ДУ:  
[SEARCh:CONDition](#)

**Setup** (настройка)  
Открытие меню "Setup" для определения параметров поиска по протоколу.

**Source** (источник)  
Выбор осциллограммы для анализа с помощью поиска фронта, длительности, пика, времени нарастания/спада или ранта. Для выбора доступны все активные каналы, расчетные и опорные осциллограммы.

Для осуществления поиска по протоколу выберите настроенную шину.

Команда ДУ:  
[SEARCh:SOURce](#)

**Source Setup** (настройка источника)  
Открытие меню для определения параметров источника для поиска по синхронизации (Data2Clock) и шаблону (Pattern): осциллограмма, уровень и гистерезис.

**Gate** (строб)  
Открытие меню для ограничения временного диапазона поиска в исходной осциллограмме.

См. [главу 12.3.9 "Меню Gate"](#)

**Events** (события)  
Открытие меню с функциями отображения результатов и использования маркера.

См. [главу 12.3.10 "Меню Events"](#)

Команда ДУ:  
[SEARCh:RESDiagram:SHOW](#)

### 12.3.2 Меню Edge Setup (Настройка фронта)

Доступ: SEARCH > "Search type = Edge" > "Setup"

**Edge** (фронт)

Установка искомого перепада (фронта):

"Rising"	Нарастающий фронт, положительное изменение напряжения
"Falling"	Спадающий фронт, отрицательное изменение напряжения
"Both"	Нарастающий и спадающий фронты

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:EDGE:SLOPe](#)

**Level** (уровень)

Установка искомого уровня напряжения.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:EDGE:LEVel](#)

**Hysteresis** (гистерезис)

Установка диапазона гистерезиса для искомого уровня с целью избежать нежелательных результатов поиска, вызванных шумовыми осцилляциями вокруг этого уровня. Для нарастающего фронта гистерезис лежит ниже уровня поиска. В противном случае, для спадающего фронта, гистерезис лежит выше этого уровня.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:EDGE:LEVel:DELTA](#)

**12.3.3 Меню Width Setup (Настройка длительности)**

Доступ: SEARCH > "Search type = Width" > "Setup"

**Polarity** (полярность)

Указание полярности искомого импульса.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:WIDTh:POLarity](#)

**Level** (уровень)

Установка уровня напряжения, по которому измеряется длительность импульса.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:WIDTh:LEVel](#)

**Hysteresis** (гистерезис)

Установка диапазона гистерезиса для искомого уровня с целью избежать нежелательных результатов поиска, вызванных шумовыми колебаниями вокруг

## Справочная информация о меню Search

этого уровня. Для нарастающего фронта гистерезис лежит ниже уровня поиска. В противном случае, для спадающего фронта, гистерезис лежит выше этого уровня.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:WIDTh:LEVel:DELTA](#)

**Comparison** (сравнение)

Установка условия сравнения измеренной длительности импульса с заданным пределом(-ами).

"Greater than" больше чем Нахождение импульсов больше заданной длительности "Width".  
См. также: [Width](#)

"Lower than" меньше чем Нахождение импульсов меньше заданной длительности "Width".

"Equal" равно Нахождение импульсов равных опорной длительности "Width", если интервал допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ .  
Если "Variation"  $\neq 0$ , то ищутся импульсы с длительностью в диапазоне  $\pm \Delta t$ .  
См. также: [Variation](#)

"Not equal" не равно Нахождение импульсов не равных опорной длительности "Width", если интервал допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ .  
Если "Variation"  $\neq 0$ , то ищутся импульсы с длительностью за пределами диапазона  $\pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:WIDTh:RANGe](#)

**Width** (длительность)

Установка опорной длительности импульса, номинального значения для сравнения.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:WIDTh:WIDTh](#)

**Variation** (вариация)

Установка диапазона допуска  $\Delta t$  относительно опорной длительности "Width", если установлен способ сравнения "Equal" или "Not equal".

Будут искаться импульсы внутри или снаружи диапазона длительностей  $\pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:WIDTh:DELTA](#)

**12.3.4 Меню Peak Setup (Настройка пика)**

Доступ: SEARCH > "Search type = Peak" > "Setup"

Поиск ищет импульсы, превышающие заданное значение размаха (амплитуды).

**Polarity** (полярность)

Указание полярности искомого импульса.

Команда ДУ:

[SEARCH:MEASure:PEAK:POLarity](#)

**Magnitude** (амплитуда)

Установка предела по амплитуде (размаха) сигнала.

Команда ДУ:

[SEARCH:MEASure:LEVel:PEAK:MAGNitude](#)

### 12.3.5 Меню Rise/Fall Time Setup (Настройка времени нарастания/спада)

Доступ: SEARCH > "Search type = Rise/Fall time" > "Setup"

**Edge** (фронт)

Установка искомого перепада (фронта):

- "Rising" для поиска времени нарастания
- "Falling" для поиска времени спада
- "Both" для поиска времени нарастания и спада

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:RISetime:SLOPe](#)

**Upper level** (верхний уровень)

Установка верхнего порога напряжения. Когда сигнал пересекает данный уровень, в зависимости от выбранного перепада, запускается или прекращается измерение времени нарастания/спада.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:LEVel:RISetime:UPPer](#)

**Lower level** (нижний уровень)

Установка нижнего порога напряжения. Когда сигнал пересекает данный уровень, в зависимости от выбранного перепада, запускается или прекращается измерение времени нарастания/спада.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:LEVel:RISetime:LOWer](#)

**Comparison** (сравнение)

Установка способа сравнения измеренного времени нарастания или спада с заданным пределом(-ами).

"Greater than" больше чем	Нахождение времени нарастания/спада больше заданного времени нарастания/спада "Rise/Fall time".
"Lower than" меньше чем	Нахождение времени нарастания/спада меньше заданного времени нарастания/спада "Rise/Fall time".
"Equal" равно	Нахождение времени нарастания/спада равного опорному времени нарастания/спада "Rise/Fall time", если интервал допуска "Variation" $\Delta t = 0$ . Если "Variation" $\neq 0$ , то ищется время нарастания/спада в диапазоне $\pm \Delta t$ . См. также: <a href="#">Variation</a> .

**"Not equal"**

не равно

Нахождение времени нарастания/спада не равного опорному времени нарастания/спада "Rise/Fall time", если интервал допуска "Variation"  $\Delta t = 0$ .

Если "Variation"  $\neq 0$ , то ищется время нарастания/спада за пределами диапазона  $\pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGGer:RISetime:RANGe](#)**Rise/Fall time** (время нарастания/спада)

Установка опорного времени нарастания или спада, номинального значения для сравнения.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGGer:RISetime:TIME](#)**Variation** (вариация)

Установка диапазона допуска  $\Delta t$  относительно опорного времени нарастания/спада "Rise/Fall time", если установлен способ сравнения "Equal" или "Not equal". Будут ищаться времена нарастания/спада внутри или снаружи диапазона  $\pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGGer:RISetime:DELTA](#)

### 12.3.6 Меню Runt Setup (Настройка ранта)

Доступ: SEARCH &gt; "Search type = Runt" &gt; "Setup"

**Polarity** (полярность)

Указание полярности искомого импульса.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGGer:RUNT:POLarity](#)**Upper level** (верхний уровень)

Установка верхнего порога напряжения для обнаружения ранта. Отрицательный рант пересекает верхний уровень дважды без пересечения нижнего уровня.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGGer:LEVel:RUNT:UPPer](#)**Lower level** (нижний уровень)

Установка нижнего порога напряжения для обнаружения ранта. Положительный рант пересекает нижний уровень дважды без пересечения верхнего уровня.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGGer:LEVel:RUNT:LOWer](#)**Comparison** (сравнение)

Установка условия сравнения измеренной длительности ранта с заданным пределом(-ами).

## Справочная информация о меню Search

Используются такие же условия, что и для поиска длительности, см. соответствующий подраздел "[Comparison](#)" ранее.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGger:RUNT:RANGe](#)

**Width** (длительность)

Установка опорной длительности ранга, номинального значения для сравнения.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGger:RUNT:WIDTh](#)

**Variation** (вариация)

Установка диапазона допуска  $\Delta t$  относительно опорной длительности "Width", если установлен способ сравнения "Equal" или "Not equal".

Будут искаться импульсы внутри или снаружи диапазона длительностей  $\pm \Delta t$ .

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGger:RUNT:DELTA](#)

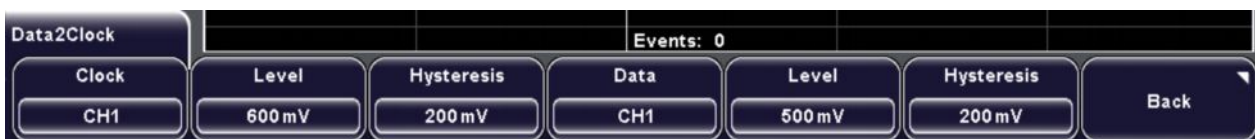
### 12.3.7 Поиск по сигналу синхронизации (Data2Clock)

Настройки поиска по сигналу синхронизации (Data2Clock) содержатся в двух меню: в меню настройки "Setup" задаются полярность тактового сигнала, время установки и удержания; а в меню настройки источника "Source Setup" задается используемый сигнал, уровни и гистерезис для каждого источника.

#### 12.3.7.1 Меню Source Setup (Data2Clock)

Доступ: SEARCH > "Search type = Data2Clock" > "Source Setup"

Для поиска по сигналу синхронизации необходимо задать два источника: тактовый сигнал и сигнал данных. Для каждого сигнала уровень и гистерезис может быть установлен индивидуально.



**Clock** (тактовый сигнал)

Выбор входного канала тактового сигнала.

Команда ДУ:

[SEARCh:TRIGger:DATatoclock:CSOURCE](#)

**Data** (сигнал данных)

Выбор входного канала сигнала данных.

Команда ДУ:

[SEARCh:SOURce](#)



**Level** (уровень)

Установка уровней напряжений для тактового сигнала и сигнала данных. Уровень и фронт тактового сигнала задают опорную точку для времени установки и времени удержания. Уровень данных задает точку перехода данных.

Команды ДУ:

`SEARCH:TRIGger:DATatoclock:CLEVel`

`SEARCH:TRIGger:DATatoclock:DLEVel`

**Hysteresis** (гистерезис)

Установка диапазона гистерезиса для искомого уровня с целью избежать нежелательных результатов поиска, вызванных шумовыми осцилляциями вокруг этого уровня. Для нарастающего фронта гистерезис лежит ниже уровня поиска. В противном случае, для спадающего фронта, гистерезис лежит выше этого уровня.

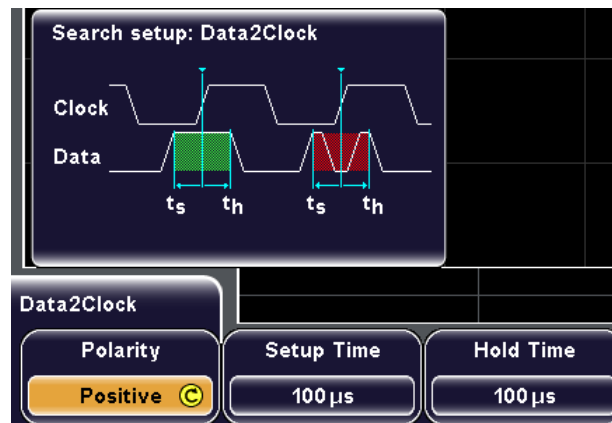
Команды ДУ:

`SEARCH:TRIGger:DATatoclock:CLEVel:DELTA`

`SEARCH:TRIGger:DATatoclock:DLEVel:DELTA`

**10.3.7.2 Меню Setup (Data2Clock)**

Доступ: SEARCH > "Search type = Data2Clock" > "Setup"

**Polarity** (полярность)

Установка фронта тактового сигнала для определения временной опорной точки времени установки и удержания.

- "Rising"            Учитываются только положительные фронты тактового сигнала.
- "Falling"           Учитываются только отрицательные фронты тактового сигнала.
- "Either"            Учитываются фронты тактового сигнала, следующие за фронтом сигнала данных, независимо от перепада тактового сигнала.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:DATatoclock:CEdGe`

**Setup Time** (время установки)

Установка минимального времени **перед** фронтом тактового сигнала, в то время как сигнал данных должен уже быть установлен выше или ниже уровня данных. Время установки может быть отрицательным. В этом случае интервал установки начинается после фронта тактового сигнала, а время удержания должно быть положительным и превышать абсолютные значения времени установки.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:DATAtoclock:STIME`

**Hold Time** (время удержания)

Установка минимального времени **после** фронта тактового сигнала, в то время как сигнал данных должен уже быть установлен выше или ниже уровня данных. Время удержания может быть отрицательным. В этом случае время удержания заканчивается до фронта тактового сигнала, а время установки должно быть положительным и превышать абсолютные значения времени удержания.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:DATAtoclock:HTIME`

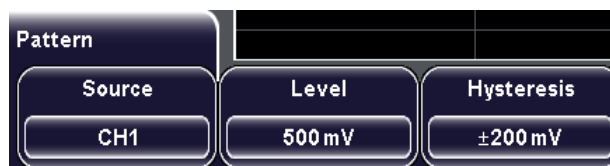
### 12.3.8 Поиск шаблона (Pattern)

Настройки для поиска шаблона содержатся в двух меню: в меню настройки "Setup" задаются состояния каналов, их логическая комбинация и временной диапазон под-держания истинного результата состояния шаблона; а в меню настройки источника "Source Setup" задаются пороговые уровни и гистерезис для каждого канала.

#### 12.3.8.1 Меню Source Setup (Pattern)

Доступ: SEARCH > "Search type = Pattern" > "Source Setup"

Для поиска шаблона в качестве источника могут быть использованы до четырех аналоговых каналов. Для каждого аналогового канала пороговый уровень и гистерезис могут быть установлены индивидуально. При установленной опции смешанных сигналов R&S RTM-B1 также может осуществляться поиск по цифровым каналам.

**Source** (источник)

Выбор канала, для которого задается поиск шаблона.

**Level** (уровень)

Установка порогового значения для выбранного канала-источника. Если значение сигнала выше уровня запуска, состояние сигнала высокое (1 или истина в булевой логике). В противном случае состояние сигнала считается низким (0 или ложь), если значение сигнала лежит ниже уровня запуска.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:PATtern:LEVel<n>`

**Hysteresis** (гистерезис)

Установка диапазона гистерезиса для уровня выбранного канала-источника с целью избежать нежелательных результатов поиска, вызванных шумовыми осцилляциями вокруг этого уровня. Для нарастающего фронта гистерезис лежит ниже уровня поиска. В противном случае, для спадающего фронта, гистерезис лежит выше этого уровня.

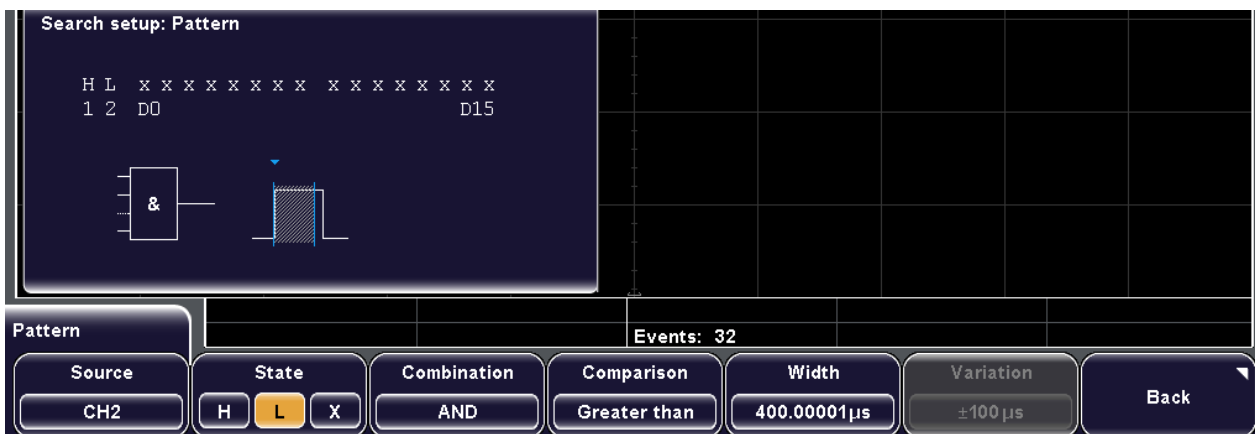
Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:PATtern:LEVel<n>:DELTA](#)

**12.3.8.2 Меню Setup (Pattern)**

Доступ: SEARCH > "Search type = Pattern" > "Setup"

Для поиска шаблона в качестве источника могут использоваться до четырех аналоговых каналов. При установленной опции смешанных сигналов R&S RTM-B1 также может осуществляться поиск по цифровым каналам. Для каждого канала задается его состояние. Состояния логически комбинируются, и время истинного результата шаблона сравнивается с указанным временным диапазоном. Таким образом, можно найти переход состояния внутри или снаружи данного временного диапазона.

**Source** (источник)

Выбор канала, для которого задается поиск шаблона.

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:PATtern:SOURce](#)

**State** (состояние)

Установка состояния выбранного канала-источника. Используются состояния:

- "H" Высокое (High): напряжение сигнала выше, чем пороговый уровень.
- "L" Низкое (Low): напряжение сигнала ниже, чем пороговый уровень
- "X" Безразличное: канал не влияет на поиск

Команда ДУ:

[SEARCH:TRIGger:PATtern:SOURce](#)

**Combination** (комбинация)

Установка логической комбинации состояний каналов.

## Справочная информация о меню Search

"AND"	Требуемые состояния всех каналов должны появиться во входном сигнале одновременно.
"Or"	По крайней мере, один канал должен иметь требуемое состояние.
"NAND"	Оператор НЕ-И ("Not and"), по крайней мере, один канал не имеет требуемого состояния.
"NOR"	Оператор НЕ-ИЛИ ("Not or"), ни один из каналов не имеет требуемого состояния.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:PATtern:FUNctIon`

**Comparison** (сравнение)

Установка способа сравнения длительности результирующего состояния шаблона с заданным временным пределом(-ами). Три параметра "Width", "Variation" и "Comparison" задают временной диапазон для поддержания истинного результата шаблона состояний.

Используются такие же условия, что и для поиска длительности, см. соответствующий подраздел "[Comparison](#)" ранее.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:PATtern:WIDTh:RANGe`

**Width** (длительность)

Установка предельного времени установившегося шаблона, номинальное значение для сравнений.

Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:PATtern:WIDTh[:WIDTh]`

**Variation** (вариация)

Установка диапазона допуска  $\Delta t$  относительно опорной длительности "Width", если установлен способ сравнения "Equal" или "Not equal".

Будут искаться истинные результаты состояния шаблона внутри или снаружи диапазона длительностей  $\pm \Delta t$ .

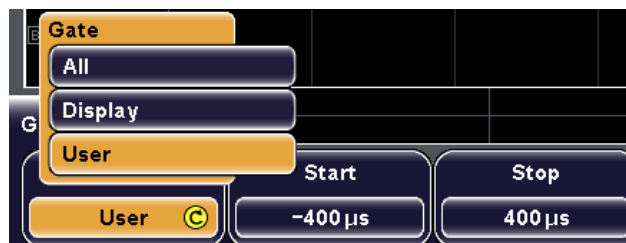
Команда ДУ:

`SEARCH:TRIGger:PATtern:WIDTh:DELTA`

### 12.3.9 Меню Gate (Строб)

Доступ: SEARCH > "Gate"

Строб ограничивает временной диапазон поиска исходной осциллограммы.

**Gate** (строб)

Определение области поиска. Если поиск выполняется по выполняющейся серии сбора данных, в приборе производится анализ отображаемых данных. Поиск по остановленному сбору данных производится по содержимому памяти.

## Справочная информация о меню Search

"All"	Выполняющийся сбор данных: все отсчеты сигнала, которые отображаются на экране. Остановленный сбор данных: все отсчеты, которые хранятся в памяти.
"Display"	Поиск ограничен отображаемым временным диапазоном.
"User"	Поиск ограничен временным диапазоном, заданным начальным "Start" и конечным "Stop" значениями.

Команда ДУ:

[SEARCH:GATE:MODE](#)

**Start** (начало)

Установка начального времени области поиска относительно точки запуска.

Команда ДУ:

[SEARCH:GATE:ABSolute:START](#)

**Stop** (конец)

Установка конечного времени области поиска относительно точки запуска.

Команда ДУ:

[SEARCH:GATE:ABSolute:STOP](#)

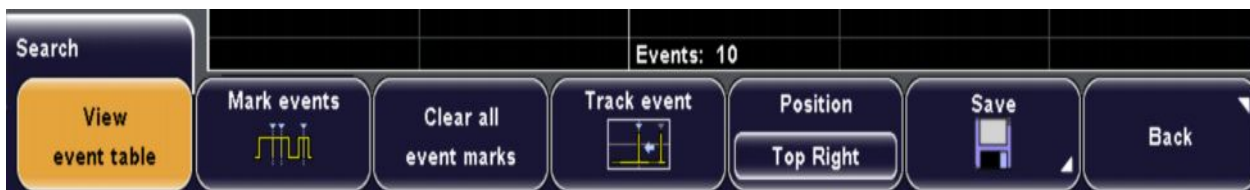
**Set to screen** (установка на экран)

Установка строба поиска на шесть делений в середине экрана. Два деления слева и справа выходят за пределы строба.

### 12.3.10 Меню Events (События)

Доступ: SEARCH > "Events"

События являются результатами поиска, которые отмечаются на временной диаграмме сигнала и выводятся в таблицу событий. См. также: [глава 12.1.1 "Результаты поиска"](#).

**View event table** (просмотр таблицы событий)

Отображение или скрытие таблицы результатов поиска.

Команда ДУ:

[SEARCH:RESDiagram:SHOW](#)

**Mark events** (отметить события)

Установка маркеров на первые результаты поиска. Одновременно могут быть установлены до 20 маркеров.

**Clear all event marks** (очистить все метки событий)

Удаляет все маркеры из результатов поиска.

**Track event** (отслеживать событие)

Если данная функция включена, выбранный результат перемещается в опорную точку. Таким образом, можно всегда увидеть выбранное событие на диаграмме.

**Position** (положение)

Определение положения таблицы на экране: справа вверху, справа внизу или весь экран.

При разворачивании на весь экран таблица практически полностью перекрывает правую половину экрана.

**Save** (сохранить)

Открытие меню "Save" для сохранения результатов поиска: Storage (место хранения), File name (имя файла), Comment (комментарий) и Save (сохранить).

Описание этих общих функций сохранения см. в [главе 17.2.1.3 "Общие настройки хранения"](#).

Команды ДУ:

`EXPort:SEARCh:NAME`

`EXPort:SEARCh:SAVE`

## 13 Анализ протоколов

С помощью осциллографа R&S RTM и некоторых дополнительных опций могут анализироваться следующие параллельные и последовательные протоколы передачи данных:

- SPI (последовательный внешний интерфейс с 3 линиями) и SSPI (последовательный внешний интерфейс с 2 линиями) – требуется опция R&S RTM-K1
- I<sup>2</sup>C (последовательная шина обмена данными) – требуется опция R&S RTM-K1
- UART/RS232 (последовательный интерфейс EIA-232) – требуется опция R&S RTM-K2
- CAN (локальная сеть контроллеров) – требуется опция R&S RTM-K3
- LIN (коммутируемая локальная сеть) – требуется опция R&S RTM-K3
- Аудио (I2S, LJ, RJ, TDM) – требуется опция R&S RTM-K5
- MIL-STD-1553 – требуется опция R&S RTM-K6
- ARINC 429 – требуется опция R&S RTM-K7

### 13.1 Основы анализа протокола

Анализ параллельных и последовательных данных выполняется в три этапа:

- Конфигурация протокола: выбор типа протокола и настройка входной линии, а так же дополнительные настройки протокола
- Декодирование: настройка отображения декодированных данных и включение декодирования. В результате оцифрованные данные сигнала выводятся на экран вместе с декодированным содержимым сообщений. Может быть изменен масштаб отображения и увеличены его отдельные участки для более подробного изучения.
- Запуск: может быть произведен запуск по различным событиям, типичным для данного типа шины, например, по появлению или окончанию сообщения, по указанным адресам или по последовательным шаблонам данных.

Анализ может проводиться по аналоговым входным каналам и (при установленной опции смешанных сигналов R&S RTM-K1) по цифровым каналам.

Имеется возможность настройки до четырех протокольных шин и выбрать для анализа одну из этих настроенных шин.

#### 13.1.1 Конфигурирование общих настроек протоколов

Общими настройками для всех типов шин являются логический порог, а также настройки декодирования и отображения.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), а для анализа протоколов используются цифровые каналы, то пороги устанавливаются в меню "Logic".



### Установка логического порога для аналоговых каналов

Перед запуском конфигурации и анализа необходимо проверить и настроить логический порог для всех используемых каналов – значение напряжения для оцифровки аналогового сигнала. Если значение сигнала выше, чем порог, то состояние сигнала принимается за логическую "1". Иначе, если значение сигнала ниже порога, то состояние сигнала принимается за логический "0".



Если необходимо, чтобы в приборе пороги устанавливались по результатам анализа сигналов, следует нажать кнопку "Find level" в меню конфигурирования протокола "Configuration".

1. Нажать клавишу CH N требуемого канала.
2. Нажать функциональную клавишу "More".
3. Нажать функциональную клавишу "Threshold" и ввести значение напряжения.
4. Повторить шаги 1...3 для всех каналов, которые используются для анализа протоколов.

### Настройка декодирования и отображения данных

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если отображается меню "Logic", нажать функциональную клавишу "Protocol".
3. Нажать функциональную клавишу "Decode" для вывода на экран содержания сообщений в легко читаемой понятной форме.
4. Нажать функциональную клавишу "Display".
5. Нажать функциональную клавишу "Bits" для отображения отдельных линий битов над декодированными данными.
6. Нажать функциональную клавишу "Data format" для выбора формата декодирования: двоичный, шестнадцатеричный, десятичный или формат ASCII.
7. Чтобы прикрепить метку с описанием к декодируемой шине, включить функцию "Label" и выбрать предварительно заданный текст из библиотеки "Library", или ввести пользовательский текст с помощью функции "Edit Label".
8. Для регулировки позиции и размера декодируемой информации на экране используются вертикальные поворотные ручки POSITION и SCALE.

## 13.1.2 Общие настройки для работы с протоколами

Общие настройки меню "Protocol" определяют тип шины и открывают дополнительные меню для настройки отображения декодированного сигнала.

Доступ: PROTOCOL LOGIC > если открыто меню "Logic": "Protocol"



**Bus** (шина)

Выбор настраиваемой шины.

Протоколы SPI/SSPI и UART занимают две линии шины (шина 1 и 2 или шина 3 и 4). Если одна из этих шин настроена, число шин (индекс <b>) уменьшается. Шина 2 и/или шина 4 недоступны.

**Bus Type** (тип шины)

Определение типа шины или типа протокола для анализа. Для большинства типов требуются специальные опции для прибора.

Команда ДУ:

`BUS<b>:TYPE`

**Configuration** (конфигурация)

Открытие меню конфигурации для выбранного типа шины.

**Decode** (декодировать)

Декодирование сигнала в соответствии с конфигурацией протокола и вывод на экран декодированного сигнала – содержания каждого сообщения. Формат декодирования устанавливается с помощью функции "Display".

Команда ДУ:

`BUS<b>:STATE`

**Display** (отображение)

Открытие меню "Display", в котором можно:

- Отобразить битовые линии
- Установить формат декодирования
- Задать метки для шины и ее линий

См. главу 13.1.3 "Настройки отображения"

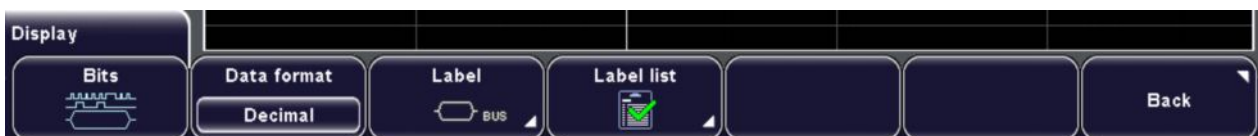
**Frame Table** (таблица кадров)

Открытие меню "Frame table" для настройки и отображения таблицы кадров с подробной информацией о декодировании для каждого кадра выборки.

См. главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"

### 13.1.3 Настройки отображения

Доступ: PROTOCOL LOGIC > если открыто меню "Logic": "Protocol" > "Display"

**Bits** (биты)

Отображение отдельных битовых линий над декодируемой линией шины.

Команда ДУ:

`BUS<b>:DSIGnals`

**Data format** (формат данных)

Установка формата декодирования данных: двоичный (Binary), шестнадцатеричный (Hexadecimal), десятичный (Decimal), восьмеричный (Octal) или формат ASCII.

Команда ДУ:

`BUS<b>:FORMat`

**Label** (метка)

Открытие меню "Label" для задания дополнительной метки названия для выбранной шины.

**Label** (метка)← **Label**

Отображение или скрытие метки шины. Метка шины показывается с правой стороны отображения. Текст метки можно ввести несколькими способами:

- Выбрать предварительно заданную строку из библиотеки "Library".
- Ввести пользовательский текст с помощью функции "Edit Label".

Команда ДУ:

`BUS<b>:LABel:STATe`

**Library** (библиотека)← **Label**

Выбор текста метки из списка часто используемых терминов.

**Edit Label** (правка метки)← **Label**

Открытие экранной клавиатуры для ввода текста метки.

Максимальная длина названия составляет 8 символов, могут быть использованы только ASCII-символы экранной клавиатуры.

Команда ДУ:

`BUS<b>:LABel`

**Label List** (список меток)

Открытие меню "Label list" для загрузки, сортировки и отображения названия для каждого узла шины вместо адреса или идентификатора ID при отображении результатов декодирования. Таким образом, облегчается идентификация сообщений различных узлов шины.

См. главу 13.1.4 "Список меток"

### 13.1.4 Список меток

Для всех протоколов, использующих идентификацию по идентификатору ID или адресу можно создать списки меток, содержащие адреса или ID, символьное имя каждого узла (символьную метку) и некоторую информацию о протоколе. Можно загружать списки меток и использовать их для декодирования. В результате, в таблице кадров "Frame Table" появится дополнительный столбец "Label", содержащий символьную метку. В заголовках кадров декодированного сигнала показываются символьные метки вместо значения ID или адреса, что облегчает идентификацию сообщений различных узлов шины.

- [Содержимое и формат PPT-файла](#)
- [Меню Label List](#)

#### 13.1.4.1 Содержимое и формат PPT-файла

Списки меток сохраняются в виде PPT-файлов. Формат PTT-файла представляет собой расширение формата CSV (Comma Separated Values). Файлы можно редактировать с помощью стандартных редакторов, например, программой MS Excel или текстовым редактором.

PTT-файл содержит три вида строк:

- Строки комментариев начинаются с символа решетки "#". Символ "#" в любой другой позиции строки обрабатывается как стандартный символ.
- Командные строки начинаются с символа "@". Символ "@" в любой другой позиции строки обрабатывается как стандартный символ.
- Стандартные строки – это строки, которые не относятся к командным строкам или строкам комментариев. Они составляют ядро списка меток.

##### Командные строки

Командные строки определяют версию PTT-файла и название протокола:

- @FILE\_VERSION: строка должна указываться в файле только один раз
- @PROTOCOL\_NAME: должна указываться в файле, по крайней мере, один раз. Так, один файл может содержать несколько списков меток для разных протоколов.

```
# --- Начало PTT-файла
@FILE_VERSION = 1.0
@PROTOCOL_NAME = i2c
[...Список меток для I2C]
@PROTOCOL_NAME = can
[...Список меток для CAN]
# --- Конец PTT-файла
```

##### Стандартные строки

Стандартные строки определяют содержимое списка меток. Правила для стандартных строк отвечают правилам формата csv:

- Значения разделяются запятыми
- Символы пробелов после разделителя игнорируются
- Значения со специальными символами (запятая, новая строка или двойные кавычки) должны заключаться в двойные кавычки
- Текст в двойных кавычках должен заключаться в символы с двойными кавычками

Индикатором формата числовых значений является индекс. Поддерживается работа со следующими форматами:

Формат	Индекс	Пример
Decimal (десятичный)	<пусто> d	106, DeviceName 106d, DeviceName
Hexadecimal (шестнадцатеричный)	h	6Ah, DeviceName или префикс: 0x6A, DeviceName
Octal (восьмеричный)	o	152o, DeviceName
Binary (двоичный)	b	01101010b, DeviceName

Максимальный поддерживаемый размер слова для целых (беззнаковых) величин составляет 64 бита.

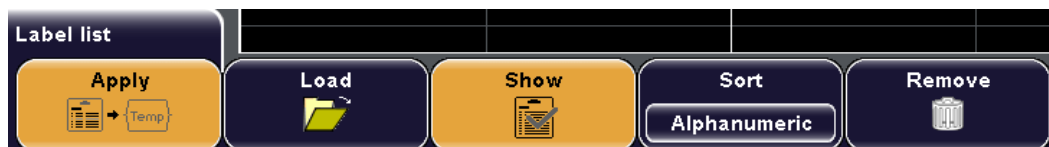
```
# --- Начало PTT-файла
@FILE_VERSION = 1.0
@PROTOCOL_NAME = i2c
# Следующие две строки равнозначны:
7,01h, Temperature
7,01h, Temperature
# Запятая должна быть заключена в двойные кавычки:
7,01h, "Temperature, Pressure, and Volume"
# Двойные кавычки также должны заключаться в двойные кавычки:
7,7Fh, "Highspeed ""Master"" 01"
# Следующие строки имеют одинаковое действие:
7d, 0x11, Pressure
7h, 11h, Pressure
0x7, 17d, Pressure
7, 17, Pressure
```

Список меток зависит от протокола. Содержание описано в соответствующих главах:

- [глава 13.3.4 "Список меток I<sup>2</sup>C"](#)
- [глава 13.5.3 "Список меток CAN / CAN FD"](#)
- [глава 13.6.4 "Список меток LIN"](#)
- [глава 13.8.4 "Список меток MIL-STD-1553"](#)

#### 13.1.4.2 Меню Label List

Доступ: PROTOCOL > "Bus Type" = "I2C | CAN | LIN" > "Label List"



- [Apply](#)
- [Load](#)
- [Show](#)
- [Sort](#)
- [Remove](#)

**Apply** (применить)

Индикация меток из списка меток вместо ID или адреса при отображении результатов декодирования.

**Load** (загрузить)

Открытие меню для выбора и загрузки PTT-файла с USB-носителя. PTT-файл содержит один или несколько списков меток.

Данная функция доступна только при подключенном к прибору USB-накопителе.

Также можно загрузить список меток вместе с настройками устройства, если они были сохранены функцией FILE > "Device Settings > Save > Setup & Label".

См. также раздел "[Setup & Label](#)".

**Show** (показать)

Отображение списка меток для выбранного типа протокола. Перед этим необходимо загрузить список меток из PTT-файла.

**Sort** (сортировать)

Отображение списка меток в алфавитном порядке или отсортированном по столбцам отдельных данных протокола.

**Remove** (удалить)

Удаление списка меток из прибора.

### 13.1.5 Таблица кадров: результаты декодирования

Доступ: PROTOCOL > "Frame Table"

В таблице кадров показывается подробная информация о декодировании для каждого кадра выборки. Содержимое таблицы зависит от типа протокола, а отображение таблицы может включаться для каждого отдельного типа шины.

Результаты декодирования, показанные в таблице кадров, могут быть сохранены в CSV-файле.

**Навигация по таблице кадров**

1. Остановить сбор данных.
2. Вращать поворотную ручку NAVIGATION для выбора отдельного кадра.
3. Нажать ручку NAVIGATION, чтобы отобразить выбранный кадр в центре окна осциллограммы.

Если по декодированным данным выполнялся поиск, результаты поиска будут отмечены в таблице кадров.

**Frame Table** (таблица кадров)

Отображение или скрытие таблицы с результатами декодирования.

Команда ДУ:

`BUS<b>:RESult`

**Track frame** (отслеживать кадр)

Определение автоматической синхронизации выбранного кадра в таблице кадров и окна осциллограммы.

Функция доступна только при остановленном сборе данных.

- "Off"                    Таблица кадров и окно осциллограммы не синхронизируются.
- "Frame Index"        Окно осциллограммы связано с кадром, который выбран в таблице кадров. Выбранный кадр показывается в центре окна осциллограммы.  
Если выбрать другой кадр, окно осциллограммы автоматически подстраивается.
- "Hori. Position"      Выбор кадра в таблице кадров связан с окном осциллограммы. Кадр в центре окна выбирается в таблице кадров. При изменении горизонтальной позиции осциллограммы, выбор в таблице кадров автоматически подстраивается.

**Frame time difference** (временная разность кадров)

Если выбрана данная настройка, время, показываемое в таблице кадров, будет отображать разницу во времени с предыдущим кадром. Столбец отображается с заголовком "Time diff.". Если настройка отключена, показывается абсолютное время относительно момента запуска в столбце "Start time".

**Position** (положение)

Определение положения таблицы кадров на экране: верхний правый угол, нижний правый угол, во весь экран.

При полноэкранном отображении таблица кадров перекрывает практически всю правую половину экрана.

**Save** (сохранить)

Открытие меню "Save" для сохранения декодированных данных в CSV-файле.

Команды ДУ:

`BUS<b>:LIST?`

`BUS<b>:LIST:SAVE`

### 13.1.6 Источник запуска

Прибор запускается по декодированным данным протокольной шины. В качестве источника запуска можно выбрать одну из настроенных и декодированных шин и использовать для дальнейшего анализа специфичные для протокола типы запуска.

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol (SPI or SSPI)" > "Source"



Шина доступна в меню "Source" только в том случае, если в меню "Protocol" включена функция "Decode".

### B1, B2, B3, B4

Выбор одной из настроенных и декодированных шин в качестве источника запуска.

Команды ДУ:

TRIGger:A:SOURce

## 13.2 Шина SPI/SSPI (опция R&S RTM-K1)

### 13.2.1 Протокол SPI

Для полной поддержки протокола SPI требуется 4-х канальный осциллограф.

Последовательный внешний интерфейс SPI используется для связи с медленными внешними устройствами, в частности, для передачи потоков данных.

Основные характеристики SPI:

- Схема ведущий-ведомый (master-slave)
- Отсутствие адреса прибора; ведомый имеет доступ к выбору памяти или выбору линии.
- Отсутствует механизм подтверждения приема данных
- Возможность двусторонней связи

Большинство шин SPI имеет четыре линии: две линии данных и две линии управления:

- Линия тактирования для всех ведомых устройств (SCLK)
- Линия выбора ведомого или выбора кристалла (SS или CS)
- Выходные данные ведущего, входные данные ведомого (MOSI или SDI)
- Входные данные ведущего, выходные данные ведомого (MISO или SDO)

При появлении от ведущего устройства тактового сигнала и сигнала выбора подчиненного устройства данные могут передаваться в обоих направлениях одновременно.

Так как интерфейс SPI очень прост и эффективен для организации соединения один ведущий – один ведомый, то прибор R&S RTM поддерживает также двухпроводную конфигурацию SSPI (простой SPI), который не имеет линии выбора кристалла CS.



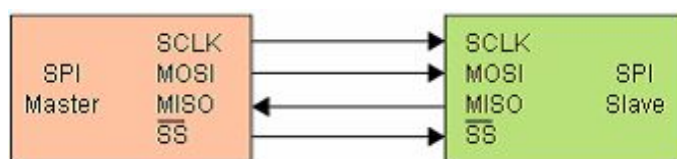


Рисунок 13-1 – Стандартная конфигурация шины SPI

Биты данных в сообщении группируются в соответствии со следующими критериями:

- Слово содержит определенное количество последовательных бит. Длина слова определяется конфигурацией протокола.
- Кадр содержит определенное количество последовательных слов. Минимум – одно слово.

Для шин SPI прибор R&S RTM поддерживает следующие возможности запуска:

- По началу кадра или концу кадра
- По определенному биту в сообщении
- По последовательному шаблону

## 13.2.2 Конфигурация шины SPI/SSPI

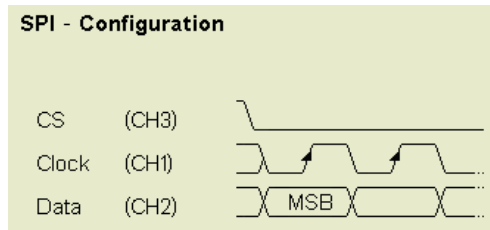
Анализ шин SPI и SSPI состоит из двух основных этапов:

- [Конфигурирование шин SPI](#)
- [Параметры конфигурации шины SPI/SSPI](#)

### 13.2.2.1 Конфигурирование шин SPI

Задаются входные каналы для линий и некоторых информационных битов в сообщении.

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если открыто меню "Logic", нажать функциональную клавишу "Protocol".
3. Нажать функциональную клавишу "Bus Type" и выбрать пункт "SPI" или "SSPI".
4. Нажать функциональную клавишу "Configuration".
5. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать пункт "Clk".
6. Нажать функциональную клавишу "Clock" и выбрать входной канал тактовой частоты. Выбрать пункт "Slope".
7. Нажать "Source" и выбрать "MOSI".
8. Нажать функциональную клавишу "MOSI" и выбрать входной канал. С помощью клавиши "Active" выбрать активный уровень данных – высокий или низкий.
9. При необходимости повторить шаги 6 и 7 для дополнительной линии MOSI.
10. Для шины SPI нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать пункт "CS". Ввести входной канал с помощью "Chip Select" и установить состояние "Active".
11. Для шины SSPI нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать пункт "Time". Ввести параметр "Idle Time".
12. Настроить параметры "First Bit" и "Symbol Size".



13. Нажать "Find level" или установить порог вручную для каждого канала.

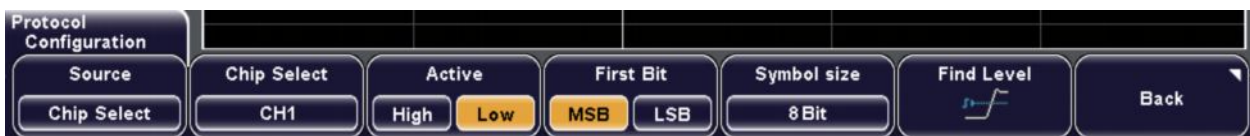
См. подраздел ["Установка логического порога для аналоговых каналов"](#) ранее.

Теперь можно отображать декодированный сигнал и таблицу кадров с результатами.

Отображение декодированных данных описано в подразделе ["Конфигурирование декодирования и отображения данных"](#) ранее.

### 13.2.2.2 Параметры конфигурации шины SPI/SSPI

Доступ: PROTOCOL LOGIC > "Bus type" = "SPI или SSPI" "Configuration"



- Source
- Chip Select, Clock, MOSI, MISO
- Active
- Slope
- Time Out
- First Bit
- Symbol Size
- Find Level

#### Source (источник)

Переключение между линиями шины SPI. Должна быть настроена каждая линия. Выбрать отдельную линию и настроить параметры:

- Chip Select (только SPI): выбор входного канала и состояния "Active".
- Time Out (только SSPI): установка таймаута "Time Out" (вместо Chip Select).
- Clock: выбор входного канала и перепада "Slope".
- MOSI, MISO: выбора входного канала и состояния "Active" для каждой линии данных.

#### Chip Select, Clock, MOSI, MISO

Выбор входных каналов соответствующей линии. До установки канала выберите его источник "Source". Параметр MISO является необязательным и может быть установлен в значение "None".

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве источника могут также использоваться цифровые каналы.

Команды ДУ:

```
BUS<b>:SPI:CS:SOURce
BUS<b>:SPI:CLOCK:SOURce
BUS<b>:SPI:DATA:SOURce
BUS<b>:SPI:FRAME<n>:DATA:MOSI?
BUS<b>:SPI:FRAME<n>:DATA:MISO?
BUS<b>:SSPI:CLOCK:SOURce
BUS<b>:SSPI:DATA:SOURce
BUS<b>:SSPI:MOSI:SOURce
BUS<b>:SSPI:MISO:SOURce
```

#### **Active** (активный)

Выбор уровня активного сигнала для передаваемых данных или для сигнала выбора кристалла CS: высокий (high = 1) или низкий (low = 1).

Стандартный активный уровень CS низкий.

Стандартный активный уровень данных высокий.

Команды ДУ:

```
BUS<b>:SPI:CS:POLarity
BUS<b>:SPI:DATA:POLarity
BUS<b>:SPI:MOSI:POLarity
BUS<b>:SPI:MISO:POLarity
BUS<b>:SSPI:DATA:POLarity
BUS<b>:SSPI:MOSI:POLarity
BUS<b>:SSPI:MISO:POLarity
```

#### **Slope** (перепад)

Выбор фронта (нарастающего или спадающего) сигнала тактовой частоты, по которому сохраняются данные. Фронт отмечает начало нового бита.

Команды ДУ:

```
BUS<b>:SPI:CLOCK:POLarity
BUS<b>:SSPI:CLOCK:POLarity
```

#### **Time Out** (таймаут)

Установка минимального времени ожидания (таймаута) между двумя пакетами данных. Если временной интервал между пакетами данных меньше, чем время ожидания, пакеты являются частью одного кадра. В течение времени ожидания линии данных и тактовой частоты удерживаются в состоянии низкого уровня. Новый кадр начинается только после истечения времени ожидания.

Таймаут является важным только для интерфейса SSPI, у которого нет сигнала выбора кристалла CS.

Команда ДУ:

```
BUS<b>:SSPI:BITime
```

**First Bit** (первый бит)

Определение бита, с которого начинаются сообщения: MSB (старший бит) или LSB (младший бит).

Команды ДУ:

`BUS<b>:SPI:BORDER`

`BUS<b>:SSPI:BORDER`

**Symbol Size** (размер символа)

Установка длины слова, количества битов в сообщении.

Команды ДУ:

`BUS<b>:SPI:SSIZE`

`BUS<b>:SSPI:SSIZE`

**Find Level** (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "**Threshold**" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold:FINDlevel`

### 13.2.3 Запуск по шине SPI/SSPI

- [Запуск по шинам SPI](#)
- [Параметры запуска SPI/SSPI](#)

#### 13.2.3.1 Запуск по шинам SPI

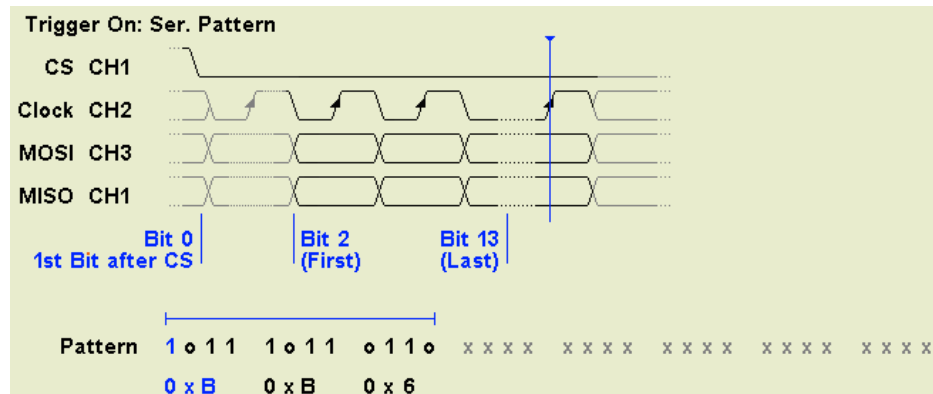
Предварительные требования: шина SPI или SSPI сконфигурирована. После конфигурации доступны типы запуска "Protocol (SPI)" или "Protocol (SSPI)". См. главу 13.2.2.1 "[Конфигурирование шин SPI](#)".



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

1. Нажать клавишу SETUP в области запуска на передней панели.
2. Выбрать пункт "Trigger Type": "Protocol (SPI)" или "Protocol (SSPI)".
3. Нажать функциональную клавишу "Setup".
4. Нажать функциональную клавишу требуемого условия запуска:
  - "Frame Start": начало сообщения
  - "Frame End": конец сообщения
  - "Bit<x>": заданный бит в сообщении
  - "Ser. Pattern": битовый шаблон в сообщении

5. Если выбран пункт "Bit<x>", ввести номер бита.
6. Если выбран пункт "Ser. Pattern", снова нажать функциональную клавишу и задать шаблон данных:
  - а) Установить параметр "Bit Offset" – количество битов до начала шаблона.
  - б) Установить параметр "Number of Bits" – количество битов, содержащихся в шаблоне.
  - в) Ввести шаблон либо в двоичном, либо шестнадцатеричном виде:
    - Для двоичного ввода нажать клавишу "Select Bit" и ввести номер бита. Биты считаются от начала сообщения, выбранный бит будет подсвечен в линии битов шаблона. Затем ввести в пункте "State" состояние бита: 0, 1, или X (безразличное). Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы все биты.
    - Для шестнадцатеричного ввода нажать клавишу "Select Nibble" и выбрать для настройки четыре бита (половину байта). Выбранный полубайт будет подсвечен в нижней линии шаблона. Затем нажать клавишу "Value" и вращать ручку NAVIGATION для смены бита. Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы все полубайты.



### 13.2.3.2 Параметры запуска SPI/SSPI

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина: Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source", см. главу 13.1.6 "Источник запуска".



- Frame Start
- Frame End
- Bit<x>
- Ser. Pattern
  - └ Bit Offset
  - └ Number of Bits
  - └ Select Bit
  - └ State
  - └ Select Nibble
  - └ Value

#### Frame Start (начало кадра)

Установка запуска по началу сообщения. Для шины SPI кадр начинается при переходе сигнала выбора кристалла CS в активное состояние. Для интерфейса SSPI кадр начинается по истечению времени ожидания.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:SPI:MODE (BStart)`

#### Frame End (конец кадра)

Установка запуска по окончанию сообщения. Для шины SPI кадр заканчивается при переходе сигнала выбора кристалла CS в неактивное состояние. Для шины SSPI кадр заканчивается по истечении времени ожидания после окончания последнего такта и непоявления за это время нового такта.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:SPI:MODE (BEND)`

#### Bit<x> (бит <x>)

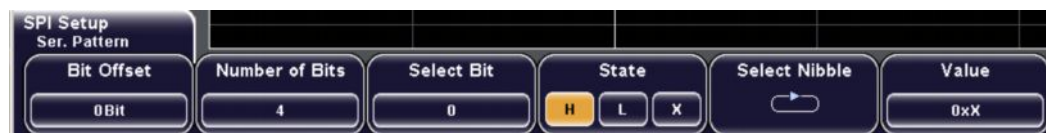
Установка запуска по заданному номеру бита.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:SPI:MODE (NTHBit)`

#### Ser. Pattern (последовательный шаблон)

Установка запуска по заданному шаблону битов, который настраивается в соответствующем подменю.



Команды ДУ:

`TRIGger:A:SPI:MODE (PATTern)`

`TRIGger:A:SPI:PATTern`

#### Bit Offset (битовое смещение) ← Ser. Pattern

Установка количества битов до первого бита шаблона. Эти биты игнорируются. Первый бит после сигнала CS – это бит 0.

Например, при битовом смещении Bit Offset = 2, бит 0 и бит 1 после сигнала CS игнорируются, и шаблон начинается с бита 2.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:SPI:POFFset
```

**Number of Bits** (количество битов) ← **Ser. Pattern**

Установка длины последовательного шаблона в битах.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:SPI:PLENgtH
```

**Select Bit** (выбрать бит)← **Ser. Pattern**

Выбор номера бита для настройки двоичного шаблона. Для выбранного бита устанавливается его состояние "State". Биты считаются от начала сообщения. Выбранный бит подсвечивается в линии битов шаблона.

**State** (состояние)← **Ser. Pattern**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Select Nibble** (выбор полубайта) ← **Ser. Pattern**

Выбор четырех битов (полубайта) для ввода шестнадцатеричного значения "Value". Выбранный полубайт подсвечивается в нижней линии шаблона.

**Value** (значение)← **Ser. Pattern**

Установка шестнадцатеричного значения для выбранного полубайта.

### 13.2.4 Результаты декодирования протокола SPI/SSPI

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"



Рисунок 13-2 – Декодированный сигнал шины SPI

- C1 = тактовый сигнал (Clk)
- C2 = сигнал данных
- C3 = сигнала выбора кристалла (Cs)
- Синие результаты = полностью декодированные слова
- Серые скобки = начало и конец полного кадра
- Красные результаты = неполное слово, которое не полностью содержится в выборке. Следует изменить масштаб по горизонтали или переместить начало отсчета "Time Reference", чтобы получить более длинную выборку.

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, источник (линия), данные и состояние кадра.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"](#)





Рисунок 13-3– Декодированный сигнал SSPI с таблицей кадров

Таблица 13-1 – Содержимое таблицы кадров шины SPI/SSPI

Столбец	Описание
Start time	Время начала кадра относительно точки запуска
Source	Линия MISO или MOSI
Length	Число слов в кадре
Data	Шестнадцатеричные значения слов данных
State	Общее состояние кадра

**Пример:**

На рисунке выше первые два кадра содержат по четыре слова; следующие два кадра содержат по шесть слов. Пятый кадр неполный.

Команды ДУ:

- BUS<b>:SPI:FCOUNT?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:STATUS?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:START?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:STOP?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:DATA:MOSI?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:DATA:MISO?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:WCOUNT?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:WORD<o>:START?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:WORD<o>:STOP?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:WORD<o>:MOSI?
  - BUS<b>:SPI:FRAME<n>:WORD<o>:MISO?

## 13.3 Протокол I<sup>2</sup>C (опция R&S RTM-K1)

Протокол I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated circuit) – это простой, низкочастотный, низкоскоростной протокол, который используется для связи между встроенными устройствами одного прибора, например, в драйверах ЖК-дисплеев и светодиодов, ОЗУ, схемах EEPROM и других устройствах.

### 13.3.1 Описание протокола I<sup>2</sup>C

В данном разделе описаны общие характеристики протокола, формат данных, тип адреса и возможности запуска по сигналам. Более подробную информацию можно найти в руководстве пользователя и спецификации шины I<sup>2</sup>C, доступной на сайте NXP по адресу <http://www.nxp.com/>.

#### Характеристики протокола I<sup>2</sup>C

Основные характеристики I<sup>2</sup>C:

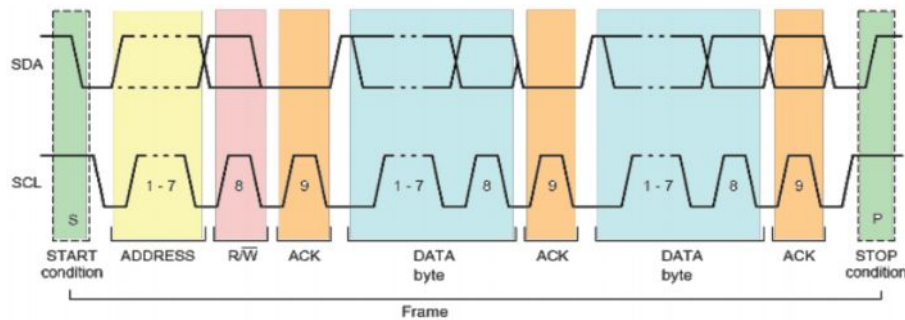
- Двухпроводная схема: последовательная линия тактирования (SCL) и последовательная линия данных (SDA)
- Схема работы ведущий-ведомый: ведущий генерирует тактовый сигнал и данные адреса для ведомого. Ведомый принимает адрес и тактовый сигнал. Как ведущий, так и ведомый работают и с приемом и с передачей данных.
- Адресная схема: каждый прибор распознается по уникальному адресу. Множество приборов могут быть объединены друг с другом.
- Бит чтения/записи (R/W bit): определяет, будет ли ведущий считывать (=1) или записывать (=0) данные.
- Подтверждение записи: после каждого байта. Принимающая адрес или данные сторона отправляет бит подтверждения записи передатчику.

Прибор R&S RTM поддерживает работу во всех режимах быстрого действия: "High-speed", "Fast mode plus", "Fast mode" и "Standard mode".

#### Передача данных

Формат простого сообщения (кадра) I<sup>2</sup>C с 7-битной адресацией содержит следующие части:

- Начальное условие: отрицательный фронт на линии SDA при высоком уровне SCL
- 7-битный адрес для ведомого устройства, по которому проводится запись или чтение
- R/W-бит, который указывает, будут ли данные записываться или считываться с прибора
- ACKnowledging bit (бит подтверждения приема): формируется приемником и подтверждает прием предыдущего байта  
Исключение: ведущее устройство при чтении завершает передачу данных битом NACK после последнего байта.
- Данные: количество байт данных с битом ACK после каждого байта
- Конечное условие: положительный фронт на линии SDA при высоком уровне SCL.

Рисунок 13-4 – I<sup>2</sup>C доступ для записи с 7-битным адресацией

### Типы адресов: 7-битный и 10-битный

Для адресации ведомого устройства может использоваться 7- или 10-битный адрес. Для 7 битного адреса требуется один байт: 7 битов для адреса и R/W бит (бит чтения/записи).

Для 10-битного адреса доступа для записи требуется два байта: первый байт начинается с зарезервированной последовательности 11110, затем два MSB (старших бита адреса) и бит записи. Второй байт содержит оставшиеся 8 младших битов адреса. Ведомое устройство подтверждает прием каждого байта адреса.

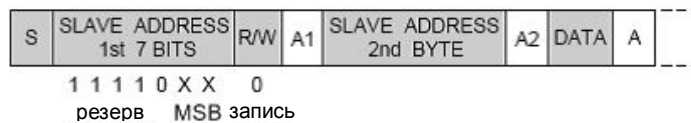


Рисунок 13-5 – 10-битный адрес, доступ для записи

При использовании 10-битного адреса для доступа для чтения требуется три байта. Первые два байта идентичны байтам, используемым при записи. Третий байт повторяет биты адреса первого байта и устанавливает бит чтения.



Рисунок 13-6 – 10-битный адрес, доступ для чтения

### Запуск (синхронизация)

В приборе R&S RTM может использоваться запуск по различным элементам сообщения протокола I<sup>2</sup>C. Линии данных и тактовой частот должны быть подключены к входным каналам. Невозможно использование запуска по расчетной и опорной осциллограммам.

Возможен запуск по следующим параметрам:

- Начало или конец сообщения
- Повтор начального состояния

- Направление передачи (чтение/запись)
- Байты с пропущенными битами подтверждения приема
- Заданный адрес ведомого прибора
- Заданный шаблон данных в сообщении

### 13.3.2 Конфигурация протокола I<sup>2</sup>C

#### 13.3.2.1 Конфигурирование протокола I<sup>2</sup>C

Настройка протокола I<sup>2</sup>C проста – необходимо назначить две линии для двух входных каналов.

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если отображается меню "Logic" нажать функциональную клавишу "Protocol".
2. Нажать функциональную клавишу "Bus Type" и выбрать пункт "I2C".
3. Нажать функциональную клавишу "Configuration".
4. Нажать функциональную клавишу "Clock SCL" и выбрать канал, подключенный к линии тактового сигнала.
5. Нажать функциональную клавишу "Data SDA" и выбрать канал, подключенный к линии данных.
6. Нажать функциональную клавишу "Find level" или установить порог вручную для каждого канала.  
См. также: "[Установка логического порога для аналоговых каналов](#)" ранее.

Теперь можно вывести на экран отображение декодированного сигнала и таблицу кадров с результатами.

Отображение декодированных данных описано в разделе "[Настройка декодирования и отображения данных](#)" ранее.

#### 13.3.2.2 Параметры конфигурации I<sup>2</sup>C

- [Clock SCL](#)
- [Data SDA](#)
- [Find Level](#)

**Clock SCL** (последовательная линия тактирования)

Установка входного канала, к которому подключена линия тактового сигнала.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве источника могут также использоваться цифровые каналы.

Команда ДУ:

`BUS<b> : I2C : CLOCK : SOURCE`

**Data SDA** (последовательная линия данных)

Установка входного канала, к которому подключена линия данных.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве источника могут также использоваться цифровые каналы.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2C: DATA: SOURCE`

**Find Level** (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "[Threshold](#)" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>: THReshold: FINDlevel`

### 13.3.3 Запуск по сигналу I<sup>2</sup>C

- [Запуск по сигналу I<sup>2</sup>C](#)
- [Параметры запуска I<sup>2</sup>C](#)

#### 13.3.3.1 Запуск по сигналу I<sup>2</sup>C

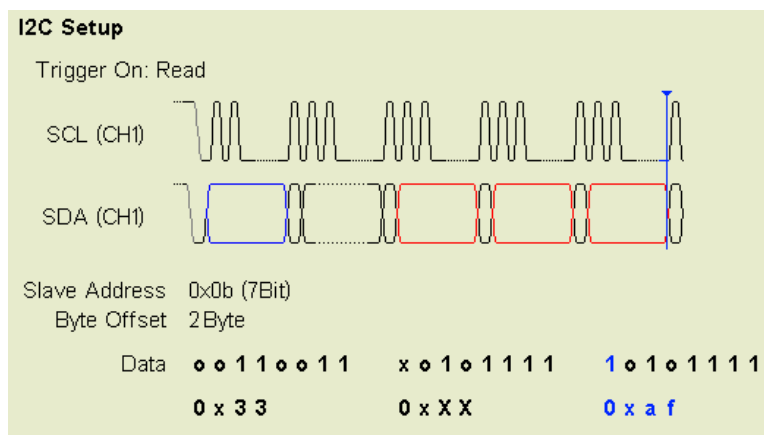
Предварительные требования: интерфейс I<sup>2</sup>C должен быть настроен. После настройки становится доступен тип запуска "Protocol (I2C)". См. [главу 13.3.2.1 "Конфигурирование протокола I<sup>2</sup>C"](#).



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

1. Нажать клавишу SETUP в области запуска на передней панели.
2. Выбрать пункт "Trigger Type": "Protocol (I2C)".
3. Нажать функциональную клавишу "Setup".
4. Нажать функциональную клавишу требуемого условия запуска:
  - "Start": начало сообщения
  - "Stop": конец сообщения
  - "Restart": повторение условия запуска
  - "Acknowledge": передача байта данных не подтверждена
  - "Read/Write": составное условие запуска, содержащее доступ записи или чтения ведущего устройства, адрес ведомого устройства, или/и битовый шаблон в сообщении
5. Если выбран режим "Read/Write", нажать функциональную клавишу снова и задать параметры запуска:
  - a) Нажать клавишу "Master" и выбрать доступ чтения или записи в ведущее устройство.

- б) Настроить адрес "Address" ведомого устройства:
- Выбрать длину "Address Length" 7 или 10 битов.
  - Нажать функциональную клавишу "Slave Address" и вращать поворотную ручку NAVIGATION для установки адреса.
- Если адрес не важен, установить его значение "0xX"(любой адрес).
- в) Нажать функциональную клавишу "Data Setup" для задания байтов данных сообщения и/или последовательного шаблона.
- г) Установить параметр "Byte Offset" – количество байтов, которое будет игнорироваться до первого интересующего байта.
- д) Установить параметр "Number of Bytes" – количество байтов, содержащихся в шаблоне.
- е) Ввести шаблон либо в двоичном, либо шестнадцатеричном виде:
- Для двоичного ввода нажать клавишу "Bit" и ввести номер бита, который надо настроить. Биты считаются внутри выбранного байта, выбранный бит подсвечивается в линии битов шаблона. Затем ввести состояние "State" бита: 0, 1, или X (безразличное).  
Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы все биты.
  - Для шестнадцатеричного ввода нажать клавишу "Byte" и выбрать байт, который надо настроить. Выбранный байт подсветится в нижней линии шаблона. Затем нажать клавишу "Value" и вращать ручку NAVIGATION для смены бита.  
Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы все байты.
- Если значения данных не важны для запуска, установите значения всех байтов данных в состояние "0xXX".



### 13.3.3.2 Параметры запуска I<sup>2</sup>C

Доступ: SETUP (Trigger) > "Trigger type" = "Protocol" > "Setup"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".  
Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина:  
Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source",  
см. главу 13.1.6 "Источник запуска".



- Start
- Stop
- Restart
- ~Acknowledge
- Read/Write
  - └ Master
  - └ Symbolic ID
  - └ Address Length
  - └ Slave Address
  - └ Data Setup
    - └ Byte Offset
    - └ Number of Bytes
    - └ Bit
    - └ State
    - └ Byte
    - └ Value

#### Start (начало)

Установка запуска по началу сообщения. Условием запуска является спадающий фронт сигнала SDA при высоком уровне сигнала SCL.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2C:PATtern (START)`

#### Stop (конец)

Установка запуска по окончанию сообщения. Условием остановки является нарастающий фронт сигнала SDA при высоком уровне сигнала SCL.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2C:PATtern (STOP)`

#### Restart (перезапуск)

Установка запуска на повторение начала – когда условие начала возникло без предыдущего условия остановки. Это может произойти, когда ведущее устройство отправляет несколько сообщений без освобождения шины.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2C:PATtern (REStart)`

#### ~Acknowledge (подтверждение)

Подтверждение ошибки: запуск прибора происходит, если ведомое устройство не прислало бит подтверждения. Подтверждение производится после каждого байта. Если произошел сбой передачи, в тот же момент биты подтверждения и шины SDA принимают высокий уровень в период высокого тактового сигнала.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2C:PATtern (MAcKnowledge)`



**Read/Write** (чтение/запись)

Установка запуска по доступу записи или чтения ведущего устройства, по адресу и/или битовому шаблону в сообщении. Условия запуска определяются в соответствующих подменю. Все настройки в подменю формируют условие запуска. Если необходим запуск с особыми параметрами, убедитесь, что во всех пунктах настроек установлено значение "any".

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор "Symbolic ID" из этого списка.



Команда ДУ:

[TRIGger:A:I2C:PATtern](#) (PATtern)

**Master** (ведущий) ← **Read/Write**

Переключение условия запуска между доступом Read (чтение) и Write (запись) ведущего устройства. Бит чтения/записи – это 8-й бит первого адресного байта кадра. Выбранное условие отображается в настройках I<sup>2</sup>C: "Trigger On".

Команда ДУ:

[TRIGger:A:I2C:ACCess](#)

**Symbolic ID** (символьный идентификатор) ← **Read/Write**

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

**Address Length** (длина адреса) ← **Read/Write**

Переключение длины адреса ведомого устройства: 7 или 10 бит.

Команда ДУ:

[TRIGger:A:I2C:AMODE](#)

**Slave Address** (адрес ведомого) ← **Read/Write**

Установка адреса ведомого устройства в шестнадцатеричном формате. Можно установить точный адрес или запуск по любому адресу с помощью значения "0xXX" (7-битный адрес) или "0xXXX" (10-битный адрес). X нельзя назначать указанному биту.

Команда ДУ:

[TRIGger:A:I2C:ADDRESS](#)

**Data Setup** (настройка данных) ← **Read/Write**

Открытие подменю установки запуска по заданным байтам сообщения и/или последовательного шаблона.



Команда ДУ:

[TRIGger:A:I2C:PATtern](#)



**Byte Offset** (байтовое смещение) ← **Data Setup** ← **Read/Write**

Установка количества байтов до появления первого интересующего, относительно окончания байтов адреса. Указанные байты сдвига игнорируются.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:I2C:POFFset
```

**Number of Bytes** (количество байтов) ← **Data Setup** ← **Read/Write**

Установка количества байтов, по которому производится запуск. Максимально возможное значение 3 байта.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:I2C:PLENgtH
```

**Bit** (бит) ← **Data Setup** ← **Read/Write**

Выбор номера бита в выбранном байте для ввода двоичного шаблона. Для выбранного бита настраивается состояние "State". Выбранный бит подсвечивается в линии битов "Data".

**State** (состояние) ← **Data Setup** ← **Read/Write**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Byte** (байт) ← **Data Setup** ← **Read/Write**

Выбор байта при шестнадцатеричном вводе с помощью значения "Value". Выбранный байт подсвечивается в шестнадцатеричной линии "Data".

**Value** (значение) ← **Data Setup** ← **Read/Write**

Установка шестнадцатеричного значения для выбранного байта.

Если эти данные для запуска не важны, установить все значения байт данных равными "0xXX".

### 13.3.4 Список меток шины I<sup>2</sup>C

Список меток зависит от протокола. РТТ-файл для шины I<sup>2</sup>C содержит три значения для каждого адреса:

- Тип адреса, длиной 7 или 10 битов
- Шестнадцатеричное значение адреса
- Метка, символьное имя адреса, указывающее на его функцию в сети шин.

#### Пример: РТТ-файл шины I<sup>2</sup>C

```
# -----
@FILE_VERSION = 1.00
@PROTOCOL_NAME = i2c
# -----
```

```
# Метки для протокола I2C
# Порядок столбцов: тип идентификатора, значение идентификатора, метка
# -----
7,0x1E,Voltage
7,0x38,Pressure
7,0x2A,Temperature
7,0x16,Speed
7,0x76,Acceleration
7,0x07,HighSpeed_Master_0x3
7,0x51,EEPROM
10,0x3A2,DeviceSetup
10,0x1A3,GatewayStatus
10,0x06E,LeftSensor
# -----
```

Label list: I2C (Imported on: 2012-04-05; 12:31)	
Symbolic label	ID / Addr
Acceleration	0x76
DeviceSetup	0x3A2
EEPROM	0x51
GatewayStatus	0x1A3
HighSpeed_Master_0x3	0x07
LeftSensor	0x06E
Pressure	0x38
Speed	0x16
Temperature	0x2A
Voltage	0x1E

Рисунок 13-7 – Список меток для шины I<sup>2</sup>C

Общая информация приведена в [главе 13.1.4 "Список меток"](#).

### 13.3.5 Результаты декодирования протокола I<sup>2</sup>C

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также [главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"](#)

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, источник (линия), данные и состояние кадра.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"](#)



Рисунок 13-8 – Декодированный и двоичный сигнал шины I<sup>2</sup>C, а также таблица кадров с результатами декодирования

Серые скобки = начало и конец кадра  
 фиолетовый = адрес  
 синий = правильные слова данных  
 зеленый = бит подтверждения, OK  
 красный = отсутствующий бит подтверждения или другая ошибка

Таблица 13-2 – Содержимое таблицы кадров шины I<sup>2</sup>C

Столбец	Описание
Start time	Время начала кадра относительно точки запуска
Type	Значение бита чтения/записи, доступ к чтению или записи
ID	Шестнадцатеричное значение адреса
Label	Символьная метка, доступна при загруженном и примененном списке меток
Length	Число слов в кадре
Data	Шестнадцатеричные значения слов данных
State	Общее состояние кадра

Команды ДУ:

```
BUS<b>: I2C: FCOunt?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: DATA?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: STATus?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: START?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: STOP?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: AACcess?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: ACCess?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: ACOMplete?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: ADBStart?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: ADDRess?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: ADEvice?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: AMODE?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: AStart?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: BCOunt?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: BYTE<o>: ACCess?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: BYTE<o>: ACKStart?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: BYTE<o>: COMplete?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: BYTE<o>: START?
BUS<b>: I2C: FRAMe<n>: BYTE<o>: VALue?
```

## 13.4 Интерфейс UART/RS-232 (опция R&S RTM-K2)

### 13.4.1 Описание интерфейса UART / RS232

Интерфейс UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter - универсальный асинхронный приемник/передатчик) конвертирует битовые слова данных в последовательные данные и наоборот. На нем построены многие протоколы, например RS-232. Интерфейс UART использует только одну линию или две линии для передатчика и приемника.

#### Передача данных

Данные передаются символами, называемыми также словами или символами. Каждый символ состоит из стартового бита, нескольких битов данных, дополнительного бита четности и одного или более стоповых битов. Несколько символов могут формировать кадр или пакет. Конец кадра отмечается паузой между двумя символами.

Start	Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	[Data5]	[Data6]	[Data7]	[Data8]	[Parity]	Stop
-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------	---------	---------	---------	----------	------

Рисунок 13-9 – Порядок битов в слове интерфейса UART (символ)

- Стартовый бит представляет собой логический "0".
- Стоповые биты и состояние ожидания всегда логические "1".

Протокол UART не содержит тактового сигнала для синхронизации. Приемник синхронизируется посредством стартового и стопового битов, а также скоростью передачи данных, которая должна быть известна приемнику.

### Запуск (синхронизация)

С помощью осциллографа R&S RTM можно осуществлять запуск по различным частям последовательных сигналов UART:

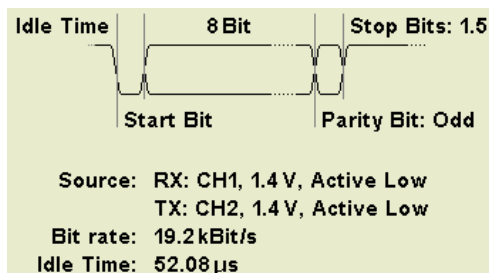
- Стартовый бит
- Начало кадра
- Заданный символ
- Ошибки четности и режим отключения
- Ошибки кадров
- Последовательный шаблон в любой из указанных позиций

## 13.4.2 Конфигурация интерфейса UART/RS-232

### 13.4.2.1 Конфигурирование интерфейсов UART/RS-232

Для конфигурирования интерфейса UART следует назначить каналы линиям RX и (опционально) TX, установить активное состояние для каждой линии и установить несколько специальных протокольных параметров.

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если открыто меню "Logic", нажать функциональную клавишу "Protocol".
3. Нажать функциональную клавишу "Bus Type" и выбрать пункт "UART".
4. Нажать функциональную клавишу "Configuration".
5. Нажать функциональную клавишу "RX" и выбрать канал, подключенный к линии приемника.
6. Нажать функциональную клавишу "TX" и выбрать канал, подключенный к линии передатчика.
7. Настроить активный уровень "Active", бит четности "Parity" и число стоповых битов "Stop Bits".
8. Нажать функциональную клавишу "More".
9. Ввести размер символа "Symbol size".
10. Ввести скорость передачи данных:
  - Для ввода стандартной скорости выбрать пункт "Defined Bit Rate".
  - Для ввода пользовательской скорости нажать функциональную клавишу "User Bit Rate" и ввести значение
11. Установить время ожидания "Idle Time" между двумя кадрами.



12. Нажать функциональную клавишу "Find level" или установить порог вручную для каждого канала.

## Интерфейс UART/RS-232 (опция R&amp;S RTM-K2)

См. подраздел "Установка логического порога для аналоговых каналов" ранее.

Теперь можно вывести на экран отображение декодированного сигнала и таблицу кадров с результатами.

Отображение декодированных данных описано в разделе "Настройка декодирования и отображения данных" ранее.

### 13.4.2.2 Параметры конфигурации UART

Доступ: PROTOCOL > "Bus type" = "UART" "Configuration"



- RX, TX
- Active
- Parity
- Stop Bits
- Symbol Size
- Bit Rate
- Idle Time
- Find Level

**RX, TX** (прием, передача)

Выбор входных каналов линий приема и передачи данных.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве источника могут также использоваться цифровые каналы.

Команды ДУ:

`BUS<b>:UART:DATA:SOURce`

`BUS<b>:UART:RX:SOURce`

`BUS<b>:UART:TX:SOURce`

**Active** (активный уровень)

Установка логических уровней шины. Состояние ожидания соответствует логической "1", а стартовый бит – логическому "0". Активно-высокий уровень (high=1) используется, например, для сигналов управления, в то время как активно-низкий уровень (low=1) задается для линий данных (RS-232).

Команды ДУ:

`BUS<b>:UART:DATA:POLarity`

`BUS<b>:UART:POLarity`

**Parity** (четность)

Определение дополнительного бита четности, который используется для выявления ошибок.

## Интерфейс UART/RS-232 (опция R&amp;S RTM-K2)

"None"	Бит четности не используется.
"Even"	Значение бита четности устанавливается в "1", если количество единиц в данной последовательности битов (не включая бит четности) нечетное.
"Odd"	Значение бита четности устанавливается в "1", если количество единиц в данной последовательности битов (не включая бит четности) четное.

Команда ДУ:

`BUS<b>:UART:PARity`

**Stop Bits** (стоповые биты)

Установка числа стоповых битов: могут быть заданы 1; 1,5 или 2 стоповых бита.

Команда ДУ:

`BUS<b>:UART:SBIT`

**Symbol Size** (размер символа)

Установка числа бит данных в слове (символе) из диапазона от 5 до 9 битов.

Команда ДУ:

`BUS<b>:UART:SSize`

**Bit Rate** (битовая скорость)

Установка числа передаваемых бит в секунду.

"Defined Bit Rate" Выбор стандартной скорости передачи данных из списка.

"User Bit Rate" Ввод пользовательского значения скорости передачи данных.

Команда ДУ:

`BUS<b>:UART:BAUDrate`

**Idle Time** (время простоя)

Установка минимального времени между двумя кадрами – между стоповым битом последнего слова в кадре и стартовым битом первого слова в следующем кадре.

Команда ДУ:

`BUS<b>:UART:BITime`

**Find Level** (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "**Threshold**" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold:FINDlevel`

### 13.4.3 Запуск по сигналу UART/RS-232

- [Запуск по интерфейсам UART/RS-232](#)
- [Параметры запуска UART](#)

#### 13.4.3.1 Запуск по интерфейсам UART/RS-232

Предварительные требования: интерфейс UART должен быть настроен. После настройки становится доступен тип запуска "Protocol (UART)". См. [главу 13.4.2.1 "Конфигурирование интерфейсов UART/RS-232"](#).



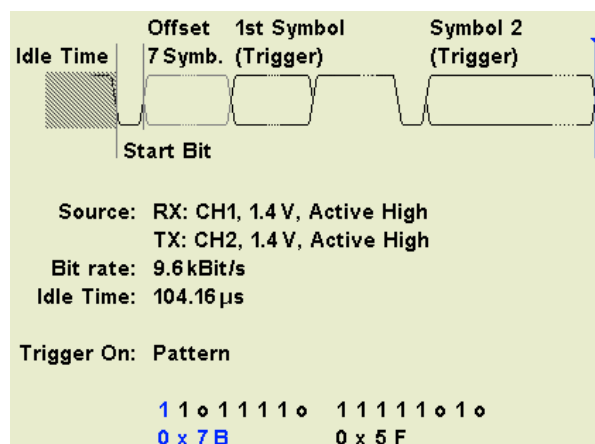
Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

1. Нажать клавишу SETUP в области запуска на передней панели.
2. Выбрать пункт "Trigger Type": "Protocol (UART)".
3. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать в качестве источника запуска линию приемника RX или передатчика TX.
4. Нажать функциональную клавишу "Back".
5. Нажать функциональную клавишу "Setup".
6. Нажать функциональную клавишу требуемого условия запуска:
  - Start Bit" или "Frame Start": следующий стартовый бит или первый стартовый бит после времени ожидания
  - "Symbol<n>": номер кадра в потоке данных
  - "Any Symbol": шаблон бит данных в любом месте потока данных
  - "Pattern": последовательный шаблон одного, двух или трех символов в заданной позиции в потоке данных
  - "Parity Error"
  - "Frame Error"
  - "Break"
7. Если выбран пункт "Any Symbol", снова нажать функциональную клавишу и задать шаблон символа или в виде двоичного или в виде шестнадцатеричного значения:
  - Для шестнадцатеричного ввода выбрать пункт "Value" и вращать поворотную ручку NAVIGATION для смены битов.
  - Для двоичного ввода нажать функциональную клавишу "Select Bit" и ввести номер бита данных, который надо настроить. Вести состояние данного бита "State": 0, 1, или X (безразличное). Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы все биты.
8. Если выбран пункт "Pattern", снова нажать функциональную клавишу и задать шаблон данных:
  - а) Установить параметр "Symbol Offset" – количество символов, которое будет игнорироваться до начала шаблона.
  - б) Установить параметр "Number of Symbols" – количество символов в шаблоне.



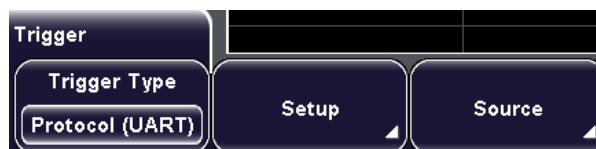
## Интерфейс UART/RS-232 (опция R&amp;S RTM-K2)

- в) Ввести шаблон либо в двоичном, либо шестнадцатеричном виде:
- Для шестнадцатеричного ввода нажать клавишу "Select Symbol" несколько раз для выбора символа, который необходимо настроить. Выбранный символ подсвечивается в линии шестнадцатеричного шаблона. Затем нажать клавишу "Value" и вращать поворотную ручку NAVIGATION для смены бита.  
Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы все символы.
  - Для двоичного ввода нажимать клавишу "Select Symbol" до тех пор, пока требуемый символ не будет отмечен в линии шестнадцатеричного шаблона. Затем нажать клавишу "Select Bit" ввести номер бита данных, который должен быть настроен. Ввести состояние данного бита "State": 0, 1 или X (безразличное).  
Повторять ввод параметров до тех пор, пока не будут заданы значения всех битов всех символов.



## 13.4.3.2 Параметры запуска UART

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".  
Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина:  
Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source",  
см. главу 13.1.6 "Источник запуска".

- [Выбор типа запуска UART](#)
- [Настройка шаблона UART](#)

**Выбор типа запуска UART**

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol" > "Setup"



- Start Bit
- Frame Start
- Symbol <n>
- Any Symbol
- Pattern
- Parity Error
- Frame Error
- Break

#### Start Bit (стартовый бит)

Запуск по стартовому биту. Стартовый бит – первый логический "0" после стопового бита.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (SBIT)`

#### Frame Start (начало кадра)

Запуск по началу кадра данных. Начало кадра – первый стартовый бит после времени ожидания.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (BStart)`

#### Symbol <n> (символ <n>)

Установка запуска по заданному символу – n-му слову – в кадре (пакете).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (NTHSymbol)`

#### Any Symbol (любой символ)

Открытие подменю запуска, если появляется шаблон в символе в любой позиции кадра.

Шаблон может быть введен в двоичном или шестнадцатеричном формате, функции ввода аналогичны описанным в пункте "Pattern" далее:

- "Select Bit"
- "State"
- "Value"

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (SYMBOL)`

#### Pattern (шаблон)

Открытие подменю установки запуска по последовательному шаблону в заданной позиции кадра. Шаблон может включать несколько последовательных символов.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (PATTERN)`

`TRIGger:A:UART:PATTERN`

**Parity Error** (ошибка четности)

Запуск по ошибке четности, указывающей на ошибку передачи данных.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (PERRor)`

**Frame Error** (ошибка кадра)

Запуск по ошибке кадра.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (FERRor)`

**Break** (прерывание)

Запуск прибора в случае, если за стартовым битом не появился стоповый бит, линия данных остается на уровне логического "0" дольше, чем слово шины UART.

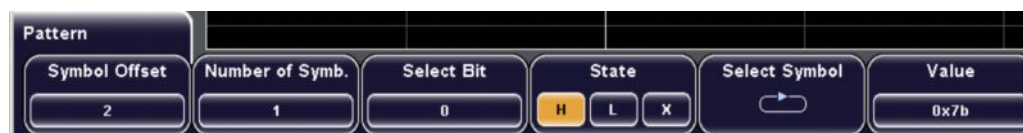
Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:MODE (BREak)`

**Настройка шаблона UART**

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol" > "Setup" > "Pattern" (2x)

Меню шаблона содержит настройки для типов запуска "Pattern" и "Any Symbol".

**Symbol Offset** (символьное смещение)

Установка количества символов, игнорируемых до появления последовательного шаблона.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:POFFset`

**Number of Symb.** (количество символов)

Ввод длины шаблона – количества символов, входящих в шаблон.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:UART:PLENght`

**Select Bit** (выбор бита)

Выбор номера бита внутри выбранного символа для двоичного ввода шаблона.

**State** (состояние)

Переключение логического значения выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Select Symbol** (выбор символа)

Выбор символа для двоичного или шестнадцатеричного ввода.

**Value** (значение)

Ввод шестнадцатеричного значения выбранного символа путем вращения поворотной ручки NAVIGATION.

### 13.4.4 Результаты декодирования протокола UART/RS-232

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, источник (линия), данные и состояние кадра.

См. также главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"

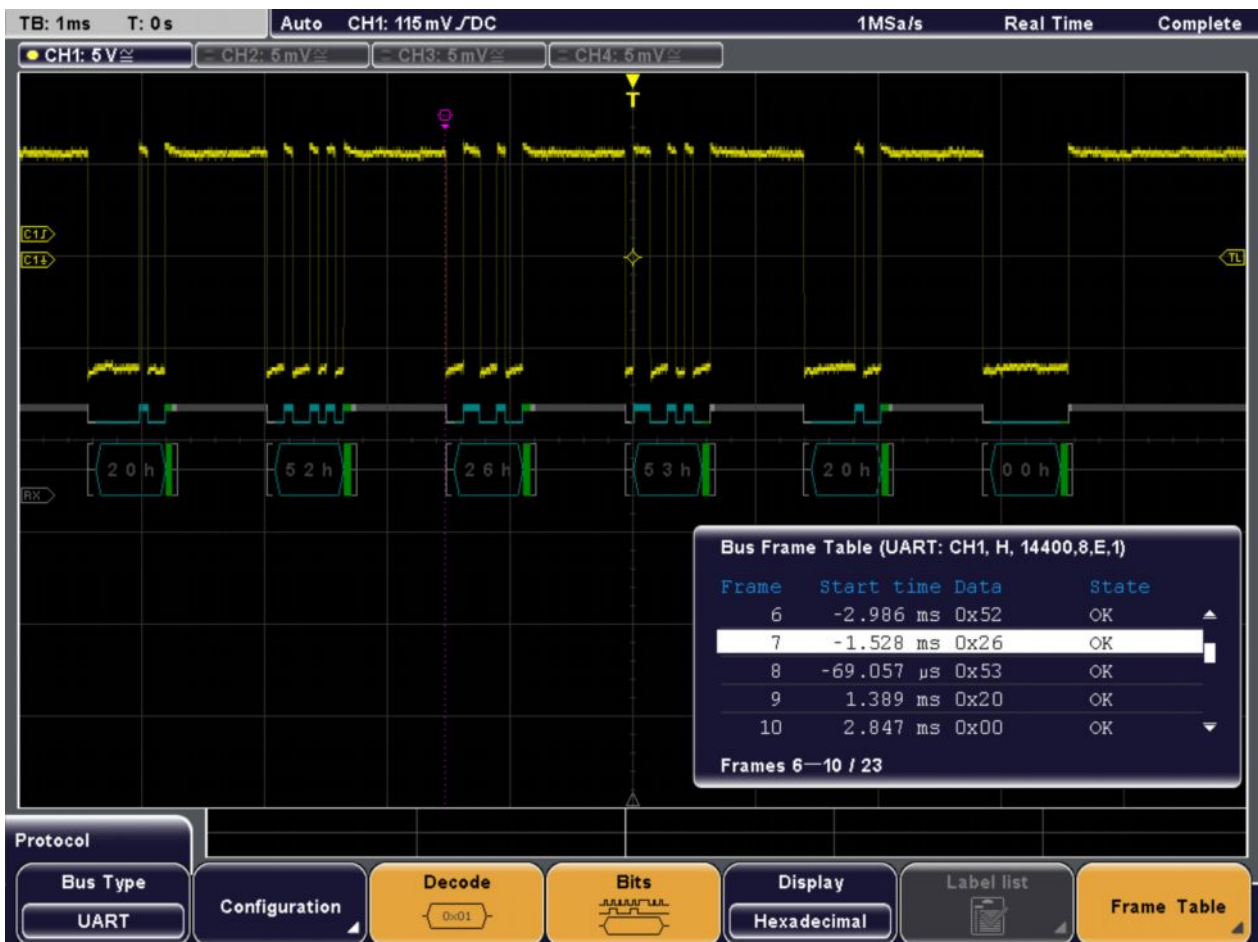


Рисунок 13-10 – Декодированный сигнал шины UART

С1 = источник данных  
 Синие результаты = полностью декодированные слова  
 Серые скобки = начало и конец полных кадров  
 Зеленые результаты = правильные биты четности  
 Красные результаты = ошибки или неполное слово, которое не полностью содержится в выборке.  
 Следует изменить масштаб по горизонтали или переместить начало отсчета "Time Reference", чтобы получить более длинную выборку.

#### Пример:

На рисунке выше показано пять кадров сигнала UART с одной исходной линии.

Таблица 13-3 – Содержимое таблицы кадров шины UART

Столбец	Описание
Start time	Время начала кадра относительно точки запуска
Data	Шестнадцатеричные значения слов данных
State	Общее состояние кадра

Команды ДУ:

`BUS<b>:UART:RX:FCOUNT?`

`BUS<b>:UART:RX:FRAME<n>:WCOUNT?`

`BUS<b>:UART:RX:FRAME<n>:WORD<o>:STATE?`

`BUS<b>:UART:RX:FRAME<n>:WORD<o>:START?`

`BUS<b>:UART:RX:FRAME<n>:WORD<o>:STOP?`

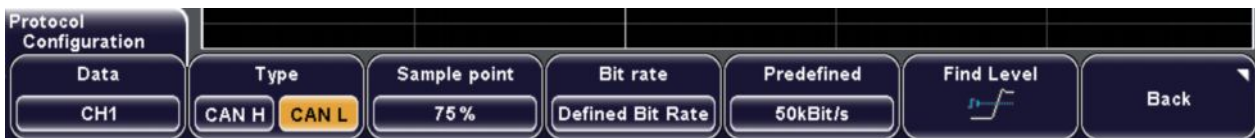
`BUS<b>:UART:RX:FRAME<n>:WORD<o>:VALUE?`

## 13.5 Шина CAN (опция R&S RTM-K3)

CAN (Controller Area Network, сеть контроллеров) – шинная система, используемая в автомобильной сетевой архитектуре.

### 13.5.1 Конфигурация шины CAN

Доступ: PROTOCOL > "Bus type" = "CAN" > "Configuration"



- [Data](#)
- [Type](#)
- [Sample point](#)
- [Bit rate](#)
- [Find Level](#)

#### Data (данные)

Установка источника линии данных. В качестве источника могут быть использованы все каналные осциллограммы.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве источника могут также использоваться цифровые каналы.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CAN:DATA:SOURce`

#### Type (тип)

Выбор линии высокого уровня CAN-High или низкого уровня CAN-Low. Шина CAN использует обе линии для дифференциальной передачи сигнала.

При измерении с помощью дифференциального пробника, его подключают к обеим линиям CAN-H и CAN-L, выбирая тип данных "Type" "CAN-H".

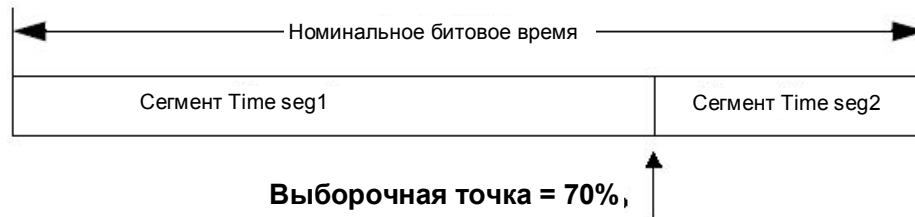
При использовании несимметричного пробника, его подключают либо к линии CAN\_L, либо к линии CAN\_H, выбирая соответствующий тип данных.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CAN:TYPE`

#### Sample point (выборочная точка)

Установка позиции выборочной точки в пределах бита в процентах от номинального битового времени (передачи). Выборочная точка делит номинальное битовое время на два отдельных временных сегмента, которые используются для повторной синхронизации с тактовым сигналом.



В интерфейсе шины CAN используется схема асинхронной передачи. Стандартом определен ряд правил для повторной синхронизации тактового сигнала узла CAN с сообщением.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CAN:SAMPlepoint`

#### Bit rate (битовая скорость)

Установка количества передаваемых битов в секунду. Максимальная битовая скорость для высокоскоростной шины CAN составляет 1 Мбит/с. Битовая скорость неизменна и фиксирована для данной шины CAN.

Для выбора битовой скорости из списка предустановленных значений установить параметр "Bit rate" в значение "Defined Bit Rate", а затем выбрать значение параметра "Predefined".

Для установки другого значения, установить параметр "Bit rate" в значение "User Bit Rate", а затем ввести значение параметра "User".

Команда ДУ:

`BUS<b>:CAN:BITRate`

#### Find Level (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "Threshold" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold:FINDlevel`

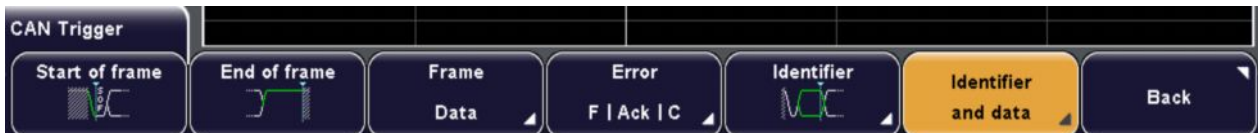
### 13.5.2 Параметры запуска CAN

Доступ: SETUP (Trigger) > "Trigger type" = "Protocol" > "Setup"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина: Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source", см. главу 13.1.6 "Источник запуска".



- Start of frame
- End of frame
- Frame <type>
  - └ Error
  - └ Overload
  - └ Data
  - └ Remote
  - └ Data or remote
- Error <type>
  - └ Stuff bit
  - └ Form
  - └ Acknowledge
  - └ CRC
- Identifier
  - └ Frame type
  - └ Symbolic ID
  - └ Identifier Setup
    - └ ID type
    - └ Compare
    - └ Bit
    - └ State
    - └ Byte
    - └ Value
- Identifier and data
  - └ Data Setup
    - └ Data Length

**Start of frame** (начало кадра)

Запуск по первому фронту главного бита начала кадра (бита синхронизации).

Команда ДУ:

TRIGger:A:CAN:TYPE (STOFrame)

**End of frame** (конец кадра)

Запуск по окончании кадра (7 рецессивных битов).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:TYPE` (EOFrame)

**Frame <type>** (кадр<тип>)

Выбор типа кадра, по которому будет выполняться запуск. Выбранный тип кадра указывается в названии функциональной клавиши.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:CAN:TYPE` (FTYPE)

`TRIGger:A:CAN:FTYPE`

**Error** (ошибка) ← **Frame <type>**

Кадр ошибки передается узлом, который обнаружил ошибку.

**Overload** (перегрузка) ← **Frame <type>**

Кадр перегрузки передается узлом, которому необходима задержка между данными и/или дистанционными кадрами.

**Data** (данные) ← **Frame <type>**

Кадр для передачи данных.

Также учитывается формат идентификатора, см. подраздел "ID type".

**Remote** (дистанционный) ← **Frame <type>**

Данные: Кадр для передачи данных.

Дистанционный кадр инициирует передачу данных другим узлом. Формат кадра совпадает с форматом кадров данных, но не содержит поля данных.

Также учитывается формат идентификатора, см. подраздел "ID type".

**Data or remote** (данные или дистанционные) ← **Frame <type>**

Запуск по дистанционным кадрам и по кадрам данных.

Также учитывается формат идентификатора, см. подраздел "ID type".

**Error <type>** (ошибка <тип>)

Идентификация различных ошибок в кадре. В качестве условия запуска можно выбрать один или несколько типов ошибок.

Первое нажатие клавиши включает тип запуска "Error", второе – открывает меню "Error".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:TYPE` (ERRCondition)



**Stuff bit (бит заполнения) ← Error <type>**

Сегменты кадра Start Of Frame, Arbitration Field, Control Field, Data Field и CRC Sequence кодируются методом заполнения битами. Передатчик автоматически вставляет дополняющие биты в битовый поток, если в передаваемом потоке обнаруживается пять последовательных битов с одинаковым значением. Ошибка заполнения возникает, если в указанных полях обнаруживается шестой последовательный бит с таким же значением.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:BITSterror`

**Form (формат) ← Error <type>**

Ошибка возникает, если поле с фиксированным форматом содержит один или несколько недопустимых битов.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:FORMerror`

**Acknowledge (подтверждение) ← Error <type>**

Ошибка подтверждения возникает, если передатчик не принимает подтверждение – главный бит в слоте подтверждения Ack Slot.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:ACKerror`

**CRC ← Error <type>**

В протоколе CAN используется циклический контроль по избыточности (Cyclic Redundancy Check, CRC), который представляет собой сложную функцию вычисления контрольной суммы. Передатчик вычисляет значение CRC и передает результат в CRC-последовательности. Приемник вычисляет CRC таким же способом. Ошибка CRC возникает, если вычисленный результат отличается от принятого значения в CRC-последовательности.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:CRCErrror`

**Identifier (идентификатор)**

Установка запуска для заданного идентификатора сообщения или диапазона идентификатора.

Первое нажатие клавиши включает тип запуска "Identifier", второе – открывает меню "Identifier".

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор "Symbolic ID" из этого списка.



Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:TYPE (ID | IDDT)`

**Frame type** (тип кадра) ← **Identifier**

Кадры данных и дистанционные кадры содержат идентификатор. Выбрать тип кадра для запуска или выбрать тип "Data and remote", если тип кадра не важен.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:FTYPE`

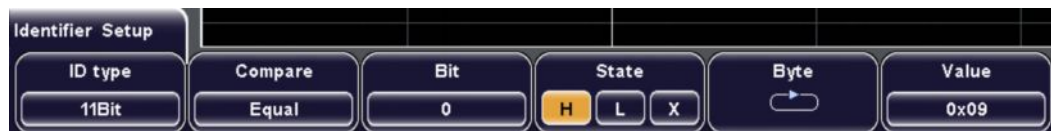
**Symbolic ID** (символьный ID) ← **Identifier**

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

**Identifier Setup** (настройка идентификатора) ← **Identifier**

Открытие меню для установки шаблона идентификатора. После установки типа "ID type" и условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта.



Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:IDENTifier`

**ID type** (тип идентификатора) ← **Identifier Setup** ← **Identifier**

Выбор длины идентификатора: 11 битов для базовых кадров шины CAN или 29 битов для расширенных кадров шины CAN.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:ITYPE`

**Compare** (сравнение) ← **Identifier Setup** ← **Identifier**

Установка условия сравнения: если шаблон содержит, по крайней мере, одно значение X (безразличное состояние), можно выполнять запуск по значениям равным или не равным указанному значению. Если шаблон содержит только 0 и 1, можно также выполнять запуск по диапазону больше или меньше чем указанное значение.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:ICONdition`

**Bit** (бит) ← **Identifier Setup** ← **Identifier**

Выбор числа битов в шаблоне для побитового ввода. Для каждого выбранного бита вводится состояние "State".

**State** (состояние) ← **Identifier Setup** ← **Identifier**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Byte** (байт) ← **Identifier Setup** ← **Identifier**

Выбор байта для ввода шаблона. Для каждого выбранного байта вводится шестнадцатеричное значение или устанавливается состояние "State" для каждого выбранного бита "Bit".

**Value (значение) ← Identifier Setup ← Identifier**

Установка шестнадцатеричного значения для выбранного байта путем вращения поворотной ручки NAVIGATION.

**Identifier and data (идентификатор и данные)**

Установка запуска по комбинации идентификатора и состояния данных. Запуск прибора производится в конце последнего байта указанного шаблона данных.



Состояния идентификатора такие же, как для типа запуска "Identifier", см. подраздел "Identifier" ранее.

Первое нажатие клавиши включает тип запуска, второе – открывает меню "Identifier and data".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:TYPE (IDDT)`

**Data Setup (настройка данных) ← Identifier and data**

Открытие меню для установки шаблона данных, по которому будет производиться запуск. После установки длины "Data length" и условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта.



Большинство настроек совпадает с параметрами для ввода идентификатора. См.:

- "Compare"
- "Bit"
- "State"
- "Byte"
- "Value"

Команды ДУ:

`TRIGger:A:CAN:DCondition`

`TRIGger:A:CAN:DATA`

**Data Length (длина данных) ← Data Setup ← Identifier and data**

Определение длины шаблона данных – количества байтов в шаблоне.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:CAN:DLC`

### 13.5.3 Список меток шины CAN

Список меток зависит от протокола. PTT-файл для шины CAN содержит три значения для каждого идентификатора:

- Тип идентификатора, длиной 11 или 29 битов
- Шестнадцатеричное значение идентификатора
- Метка, символьное имя идентификатора, указывающее на его функцию в сети шин.

#### Пример: PTT-файл шины CAN

```
# -----
@FILE_VERSION = 1.00
@PROTOCOL_NAME = can
# -----
# Метки для протокола CAN
# Порядок столбцов: тип идентификатора, значение идентификатора, метка
# -----
11,0x064,Diag_Response
11,0x1E5,EngineData
11,0x0A2,Ignition_Info
11,0x1BC,TP_Console
11,0x333,ABSdata
11,0x313,Door_Left
11,0x314,Door_Right
29,0x01A54321,Throttle
29,0x13A00FA2,LightState
29,0x0630ABCD,Engine_Status
29,0x03B1C002,Airbag_Status
29,0x01234ABC,NM_Gateway
# -----
```

Label list: CAN (Imported on: 2012-03-12; 16:18)	
Symbolic label	ID / Addr
ABSdata	0x333
Airbag_Status	0x03B1 C002
Diag_Response	0x064
Door_Left	0x313
Door_Right	0x314
Engine_Status	0x0630 ABCD
EngineData	0x1E5
Ignition_Info	0x0A2
LightState	0x13A0 0FA2
NM_Gateway	0x0123 4ABC
Throttle	0x01A5 4321
TP_Console	0x1BC

Рисунок 13-11 – Список меток для шины CAN

Общая информация приведена в [главе 13.1.4 "Список меток"](#).

### 13.5.4 Результаты декодирования протокола CAN

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"

Чтобы получить значения данных, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, тип кадра, идентификатор, код длины данных, данные, контрольная сумма и состояние кадра.

См. также главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"

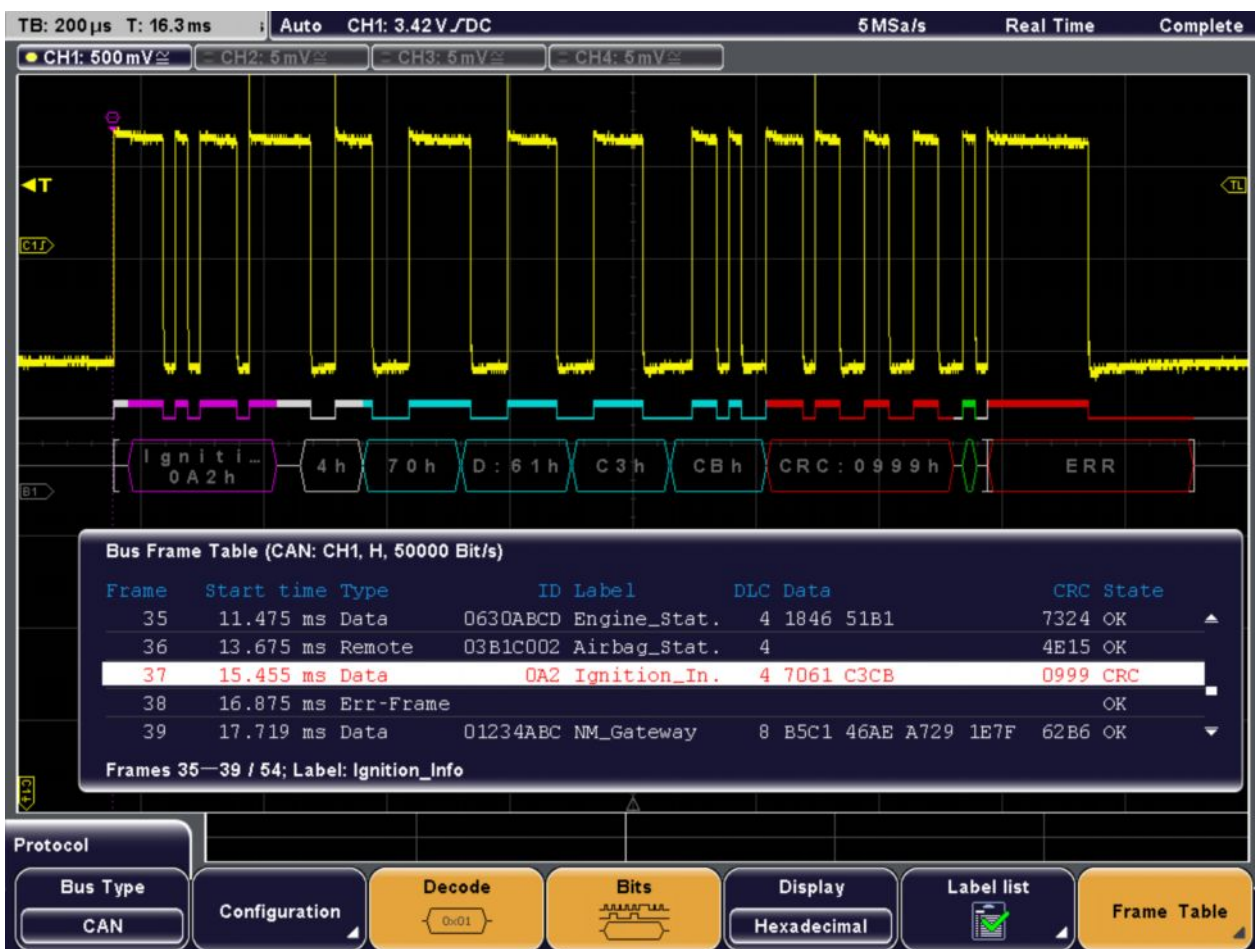


Рисунок 13-12 – Декодированный сигнал шины CAN с таблицей кадров и примененным списком меток

фиолетовый = идентификатор  
серый = DLC, код длины данных  
синий = слова данных  
красный = наличие ошибки, ошибочный кадр

Таблица 13-4 – Содержимое таблицы кадров шины CAN

Столбец	Описание
Start time	Время начала кадра относительно точки запуска
Type	Тип кадра: Data, Remote, Error или Overload
ID	Значение идентификатора, шестнадцатеричное значение
Label	Символьная метка, доступна при загруженном и примененном списке меток
DLC	Код длины данных, количество байтов данных
Data	Шестнадцатеричные значения байтов данных
CRC	Шестнадцатеричное значение контрольной суммы CRC
State	Общее состояние кадра

Команды ДУ:

- `BUS<b>:CAN:FCOunt?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:DATA?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:STATus?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:START?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:STOP?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:TYPE?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:ACKState?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:ACKValue?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:CSState?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:CSValue?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:DLCState?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:DLCValue?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:IDState?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:IDType?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:IDValue?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:BSEPosition?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:BCOunt?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:BYTE<o>:STATe?`  
`BUS<b>:CAN:FRAME<n>:BYTE<o>:VALue?`

### 13.5.5 Поиск по декодированным данным шины CAN

Используя функции поиска можно находить различные события в декодированных данных, т.е. такие же события, по которым можно производить запуск. Перед началом поиска необходимо правильно настроить шину и сбор декодированных данных.

Для поиска по декодированным данным используйте тип поиска "Protocol" и выберите источник "Source" – шину, которая настроена на протокол CAN.

См. также [главу 12 "Функции поиска"](#).

### 13.5.5.1 Настройка поиска по шине CAN



#### Event (событие)

Установка искомого события или комбинации событий. В зависимости от выбранного события в меню функциональной клавиши активируются соответствующие настройки.

Команда ДУ:

`SEARCh:PROTOcol:CAN:CONDition`

#### Frame Setup (настройка кадра)

Выбор искомого типа кадра.

При поиске дистанционного кадра или кадра данных учитываются также тип и длина идентификатора.

Данная настройка доступна только при выборе события "Event" = "Frame".

Команда ДУ:

`SEARCh:PROTOcol:CAN:FRAMe`

#### Error Setup (настройка ошибки)

Выбор искомого типа ошибки. Можно выбрать один или несколько типов ошибок в качестве условия поиска.

Типы ошибок совпадают с описанными в настройке запуска шины CAN типами, см. подраздел "Error <type>".

Данная настройка доступна только при выборе события "Event" = "Error" или "ID & Error".

Команды ДУ:

`SEARCh:PROTOcol:CAN:ACKerror`

`SEARCh:PROTOcol:CAN:BITSterror`

`SEARCh:PROTOcol:CAN:CRCErrror`

`SEARCh:PROTOcol:CAN:FORMerror`

#### Symbolic ID (символьный идентификатор)

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

#### Frame type (тип кадра)

Выбор искомого типа кадра при выбранном событии "Event" = "Identifier". Можно осуществлять поиск данных и/или дистанционных кадров.

Команда ДУ:

`SEARCh:PROTOcol:CAN:FTYPE`

**Identifier Setup** (настройка идентификатора)

Открытие меню установки шаблона идентификатора при выбранном событии "Event" = "Identifier" или "ID & Data" или "ID & Error".

После установки типа "ID type" и условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта.

Данные параметры идентичны параметрам для настройки запуска по идентификатору, см. раздел "Identifier Setup".

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:CAN:ITYPE
```

```
SEARCH:PROTOCOL:CAN:ICONDITION
```

```
SEARCH:PROTOCOL:CAN:IDENTIFIER
```

**Data Setup** (настройка данных)

Открытие меню для установки искомого шаблона данных при выбранном событии "Event" = "ID & Data".

После установки длины "Data length" и условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта.

Данные параметры идентичны параметрам настройки запуска по данным, см. раздел "Data Setup".

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:CAN:DLENGTH
```

```
SEARCH:PROTOCOL:CAN:DCONDITION
```

```
SEARCH:PROTOCOL:CAN:DATA
```

### 13.5.5.2 Результаты поиска по шине CAN

Результаты поиска (события) отмечаются на осциллограмме и перечисляются, как правило, в таблице событий. Вместо таблицы событий можно отобразить таблицу кадров, в которой также отмечены искомые результаты. Флаги событий не сохраняются в csv-файле таблицы кадров.





Рисунок 13-13 – Поиск кадров данных с идентификатором длиной 11 битов, результаты поиска отмечены в таблице кадров и на декодированных данных.

## 13.6 Шина LIN (опция R&S RTM-K3)

LIN (Local Interconnect Network, коммутируемая локальная сеть) – простая, недорогая шинная система, используемая в автомобильной сетевой архитектуре. Шина LIN обычно выступает в роли подсети шины CAN. Основным предназначением шины LIN является интеграция некритичных датчиков и исполнительных механизмов с низкими требованиями к пропускной способности. Типичные применения в автомобиле: управление дверями, окнами, боковыми зеркалами и дворниками.

### 13.6.1 Протокол LIN

В данной главе приводится обзор характеристик протокола, формата кадров, идентификаторов и возможностей запуска. Для получения подробной информации закажите спецификацию протокола LIN на сайте <http://www.lin-subbus.org/> (беспл.).

### Характеристики протокола LIN

Основные характеристики протокола LIN:

- Однопроводной последовательный протокол связи, основанный на интерфейсе UART с байтовыми словами
- Один ведущий, несколько ведомых – обычно до 12 узлов
- Связь, управляемая ведущим устройством: ведущий координирует связь по плану протокола LIN и передает идентификатор ведомым
- Механизм синхронизации для восстановления синхросигнала ведомыми узлами без кварцевого или пьезокерамического резонатора

Осциллограф R&S RTM поддерживает несколько версий стандарта LIN: v1.3, v2.0, v2.1 и американскую версию SAE J2602.

### Передача данных

Основная концепция связи протокола LIN:

- Связь в активной сети LIN всегда иницируется ведущим.
- Ведущий передает заголовок сообщения, включающий разрыв синхронизации, байт синхронизации и идентификатор сообщения.
- Идентифицированный узел передает ответное сообщение: один–восемь байтов данных и один байт контрольной суммы.
- Заголовок и ответ формируют кадр сообщения.

Данные передаются байтами с помощью интерфейса UART без бита четности. Каждый байт содержит стартовый бит, 8 битов и стоповый бит.



*Рисунок 13-14 – Структура байтового поля*

Байты данных передаются с первым младшим битом (LSB).

Байт идентификатора содержит 6 битов для идентификатора кадра и два бита четности. Такая комбинация называется защищенным идентификатором.

### Запуск

Осциллограф R&S RTM может запускаться по различным частям кадров LIN. Линия данных должна быть подключена к входному каналу, запуск по расчетным и опорным осциллограммам не поддерживается.

Возможные виды запуска:

- Начало кадра (поле синхронизации)
- Заданный идентификатор ведомого или диапазон идентификатора
- Шаблон данных в сообщении
- Сигнал пробуждения
- Ошибка контрольной суммы (ошибка в данных), ошибка четности (ошибка в идентификаторе)

## 13.6.2 Параметры настройки шины LIN

Доступ: PROTOCOL > "Bus type" = "LIN" "Configuration"



- [Data](#)
- [Polarity](#)
- [Version](#)
- [Bit rate](#)
- [Find Level](#)

### Data (данные)

Установка исходной осциллограммы для линии данных. В качестве источника могут быть использованы все каналные осциллограммы.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), в качестве источника могут также использоваться цифровые каналы.

Команда ДУ:

`BUS<b>:LIN:DATA:SOURce`

### Polarity (полярность)

Определение состояния незнакомости шины. Незанятое состояние – рецессивное, оно соответствует логической "1".

Команда ДУ:

`BUS<b>:LIN:POLarity`

### Version (версия)

Выбор версии стандарта LIN, который используется в ИУ. Данная настройка, в основном, определяет версию контрольной суммы, используемой при декодировании.

Наиболее распространенная версия стандарта LIN 2.x. Для смешанных сетей или если стандарт неизвестен, установить стандарт LIN в значение "Auto".

Команда ДУ:

`BUS<b>:LIN:STANdard`

### Bit rate (битовая скорость)

Установка количества передаваемых битов в секунду. Максимальная битовая скорость для шины LIN составляет 20 кбит/с.

Для выбора битовой скорости из списка предустановленных значений установить параметр "Bit rate" в значение "Defined Bit Rate", а затем выбрать значение параметра "Predefined".

Для установки другого значения, установить параметр "Bit rate" в значение "User Bit Rate", а затем ввести значение параметра "User".

Команда ДУ:

`BUS<b>:LIN:BITRate`

**Find Level** (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "[Threshold](#)" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold:FINDlevel`

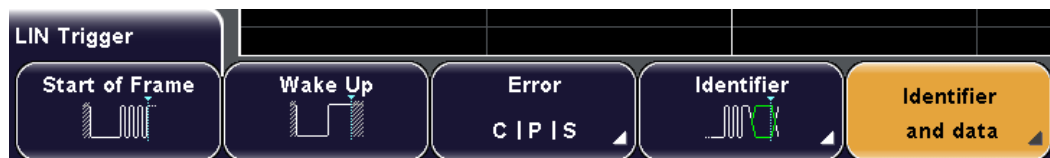
**13.6.3 Параметры запуска LIN**

Доступ: SETUP (Trigger) > "Trigger type" = "Protocol" "Setup"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина: Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source", см. главу 13.1.6 "Источник запуска".



- Start of Frame
- Wake Up
- Error <type>
  - └ Checksum
  - └ Parity
  - └ Synchronization
- Identifier
  - └ Symbolic ID
  - └ Compare
  - └ Bit
  - └ State
  - └ Byte
  - └ Value
- Identifier and data
  - └ Identifier Setup
  - └ Data Setup
    - └ No. of Bytes

**Start of Frame** (начало кадра)

Запуск по стоповому биту поля синхронизации.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LIN:TYPE (SYNC)`

**Wake Up** (пробуждение)

Запуск после кадра пробуждения.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LIN:TYPE` (WKFRame)

**Error <type>** (ошибка <тип>)

Идентификация различных ошибок в кадре. В качестве условия запуска можно выбрать один или несколько типов ошибок.

Первое нажатие клавиши включает тип запуска "Error", второе – открывает меню "Error".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LIN:TYPE` (ERRCondition)

**Checksum** (контрольная сумма) ← **Error <type>**

Запуск по ошибке контрольной суммы. Контрольная сумма служит для проверки правильности передачи данных. Это последний байт ответа кадра. В контрольную сумму входят не только данные, но и защищенный идентификатор (PID).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LIN:CHKSError`

**Parity** (четность) ← **Error <type>**

Запуск по ошибке четности. Биты четности – это биты 6 и 7 идентификатора. Они служат для проверки правильности передачи данных.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LIN:IPERror`

**Synchronization** (синхронизация) ← **Error <type>**

Запуск при возникновении ошибки при синхронизации.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:LIN:SYERror`

**Identifier** (идентификатор)

Установка запуска для заданного идентификатора сообщения или диапазона идентификатора. Учитываются только 6-битные идентификаторы без битов четности, а не защищенные идентификаторы.

Первое нажатие клавиши включает тип запуска "Identifier", второе – открывает меню "Identifier".

После установки условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор "Symbolic ID" из этого списка.



Команды ДУ:

TRIGger:A:LIN:TYPE (ID | IDDT)

TRIGger:A:LIN:ICONdition

TRIGger:A:LIN:IDENTifier

#### **Symbolic ID** (символьный идентификатор) ← **Identifier**

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

#### **Compare** (сравнение) ← **Identifier**

Установка условия сравнения: если шаблон содержит, по крайней мере, одно значение X (безразличное состояние), можно выполнять запуск по значениям равным или не равным указанному значению. Если шаблон содержит только 0 и 1, можно также выполнять запуск по диапазону больше или меньше чем указанное значение.

#### **Bit** (бит) ← **Identifier**

Выбор числа битов в шаблоне для побитового ввода. Для каждого выбранного бита вводится состояние "State".

#### **State** (состояние) ← **Identifier**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

#### **Byte** (байт) ← **Identifier**

Выбор байта для ввода шаблона. Для каждого выбранного байта вводится шестнадцатеричное значение или устанавливается состояние "State" для каждого выбранного бита "Bit".

#### **Value** (значение) ← **Identifier**

Установка шестнадцатеричного значения для выбранного байта путем вращения поворотной ручки NAVIGATION.

#### **Identifier and data** (идентификатор и данные)

Установка запуска по комбинации идентификатора и состояния данных. Запуск прибора производится в конце последнего байта указанного шаблона данных.

Первое нажатие клавиши включает тип запуска, второе – открывает меню "Identifier and data".

#### **Identifier Setup** (настройка идентификатора) ← **Identifier and data**

Открытие меню идентификатора "Identifier".

Значения идентификатора совпадают с типами запуска "Identifier", см. подраздел "Identifier" ранее.

**Data Setup** (настройка данных) ← **Identifier and data**

Открытие меню для установки шаблона данных. После установки количества байт "No. of Bytes" и условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта.



Большинство настроек совпадает с параметрами для ввода идентификатора. См.:

- "Compare"
- "Bit"
- "State"
- "Byte"
- "Value"

Команды ДУ:

```
TRIGger:A:LIN:TYPE (IDDT)
TRIGger:A:LIN:DCondition
TRIGger:A:LIN:DATA
```

**No. of Bytes** (количество байтов) ← **Data Setup** ← **Identifier and data**

Определение длины шаблона данных – количества байтов в шаблоне.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:LIN:DLEnGth
```

### 13.6.4 Список меток шины LIN

Список меток зависит от протокола. РТТ-файл для шины LIN содержит три значения для каждого идентификатора:

- "ID / Addr": шестнадцатеричное значение идентификатора
- "Symbolic label": символьное имя идентификатора

**Пример: РТТ-файл шины LIN**

```
# -----
@FILE_VERSION = 1.0
@PROTOCOL_NAME = lin
# -----
# Метки для протокола LIN
# Порядок столбцов: тип идентификатора, метка
# -----
# Метки для стандартных адресов
0x06,Dashboard
0x13,Gateway
0x1C,Temperature
0x21,Mirror
0x37,Indoor lights
# Метки для зарезервированных адресов
0x3C,Master_Request_Frame
0x3D,Slave_Response_Frame
# -----
```

```
Label list: LIN (Imported on: 2012-04-05; 12:36)
Symbolic label          ID / Addr
-----
Dashboard               0x06
Door controller         0x2E
Gateway                 0x13
Indoor lights           0x37
Master_Request_Frame    0x3C
Mirror                  0x21
Reserved_Frame          0x3F
Slave_Response_Frame    0x3D
Temperature              0x1C
User_Defined_Frame     0x3E
```

Рисунок 13-15 – Список меток для шины CAN

Общая информация приведена в [главе 13.1.4 "Список меток"](#).

### 13.6.5 Результаты декодирования протокола LIN

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также [главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"](#)

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, идентификатор, длина данных, данные, контрольная сумма и состояние кадра.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"](#)



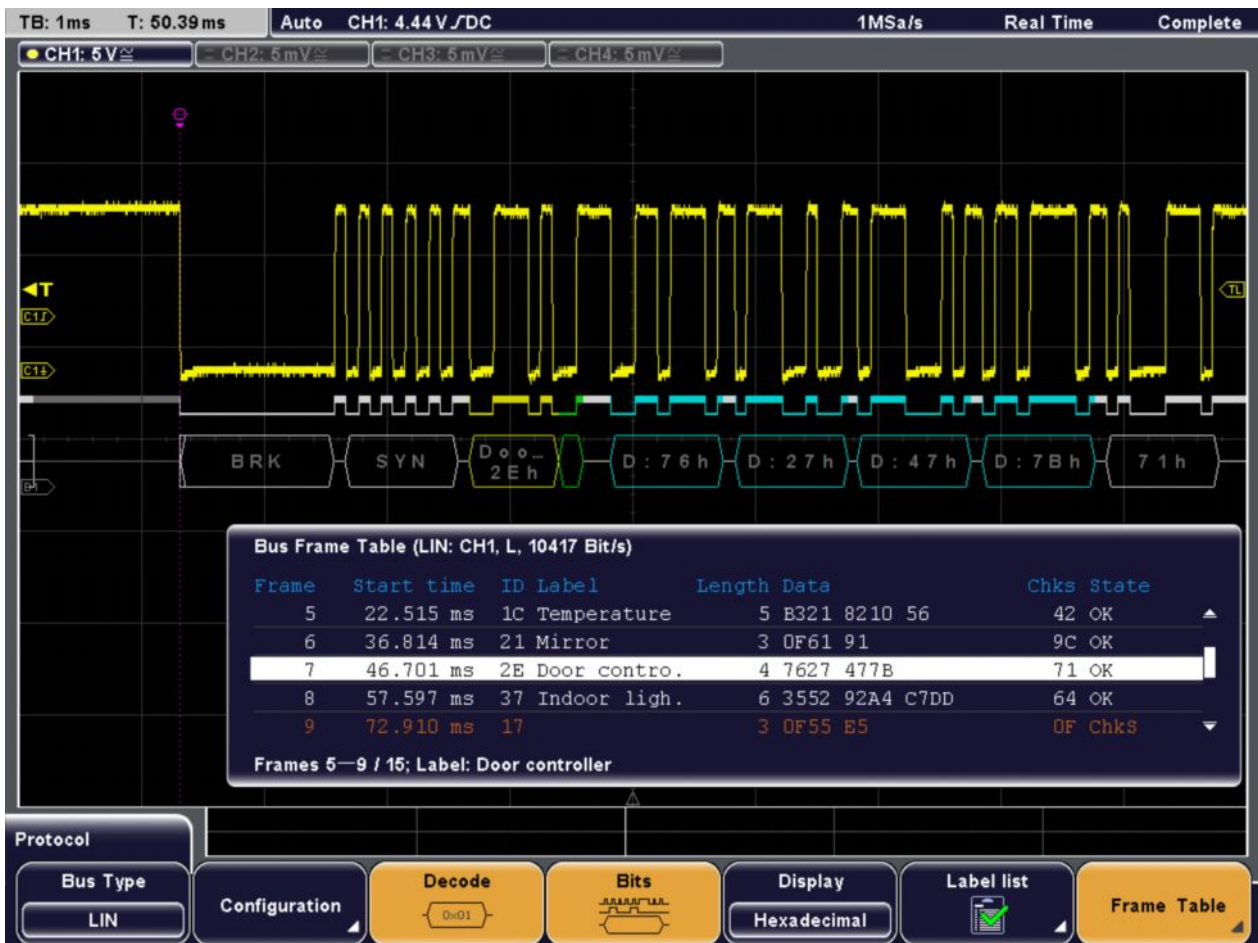


Рисунок 13-16 – Декодированный сигнал шины LIN с таблицей кадров и примененным списком меток

серый = прерывание синхронизации, байт синхронизации, правильная контрольная сумма  
 желтый = идентификатор  
 зеленый = биты четности  
 синий = слова данных (слова UART)

Таблица 13-5 – Содержимое таблицы кадров шины LIN

Столбец	Описание
Start time	Время начала кадра относительно точки запуска
ID	Значение идентификатора, шестнадцатеричное значение
Label	Символьная метка, доступна при загруженном и примененном списке меток
Length	Количество байт данных
Data	Шестнадцатеричные значения байтов данных
Chks	Значение контрольной суммы
State	Общее состояние кадра

Команды ДУ:

- `BUS<b>:LIN:FCOunt?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:DATA?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:STATus?`

- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:START?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:STOP?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:VERSion?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:CSStAtte?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:CSVAlue?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:IDPValue?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:IDStAtte?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:IDVAlue?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:SYStAtte?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:SYVAlue?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:BCOunt?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:BYTE<o>:StAtte?`
- `BUS<b>:LIN:FRAME<n>:BYTE<o>:VAlue?`

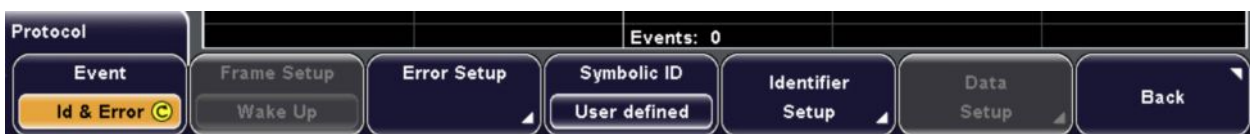
### 13.6.6 Поиск по декодированным данным шины LIN

Используя функции поиска можно находить различные события в декодированных данных, т.е. такие же события, по которым можно производить запуск. Перед началом поиска необходимо правильно настроить шину и сбор декодированных данных.

Для поиска по декодированным данным используют тип поиска "Protocol". Источник автоматически устанавливается на настроенный протокол.

См. также главу 12 "Функции поиска".

#### 13.6.6.1 Настройка поиска по шине LIN



##### Event (событие)

Установка искомого события или комбинации событий. В зависимости от выбранного события в меню функциональной клавиши активируются соответствующие настройки.

Команда ДУ:

`SEARCh:PROTOcol:LIN:CONDition`

##### Frame Setup (настройка кадра)

Выбор искомого типа кадра: начало кадра или кадр пробуждения.

Данная настройка доступна только при выборе события "Event" = "Frame".

Команда ДУ:

`SEARCh:PROTOcol:LIN:FRAME`

**Error Setup** (настройка ошибки)

Выбор искомого типа ошибки. Можно выбрать один или несколько типов ошибок в качестве условия поиска.

Типы ошибок совпадают с описанными в настройке запуска шины LIN типами, см. подраздел "[Error <type>](#)".

Данная настройка доступна только при выборе события "Event" = "Error" или "ID & Error".

Команды ДУ:

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:CHKSError](#)

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:IPERror](#)

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:SYERror](#)

**Symbolic ID** (символьный идентификатор)

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

**Identifier Setup** (настройка идентификатора)

Открытие меню установки шаблона идентификатора при выбранном событии "Event" = "Identifier" или "ID & Data" или "ID & Error".

Данные параметры идентичны параметрам для настройки запуска по идентификатору, см. раздел "[Identifier](#)".

Команды ДУ:

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:ICONdition](#)

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:IDENtifier](#)

**Data Setup** (настройка данных)

Открытие меню для установки искомого шаблона данных при выбранном событии "Event" = "ID & Data".

После установки длины "No. of Bytes" и условия сравнения "Compare", можно побитово вводить значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Также можно ввести шестнадцатеричное значение каждого байта.

Данные параметры идентичны параметрам настройки запуска по данным, см. раздел "[Data Setup](#)" ранее.

Команды ДУ:

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:DLENgth](#)

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:DCONDition](#)

[SEARCH:PROTOCOL:LIN:DATA](#)

### 13.6.6.2 Результаты поиска по шине LIN

Результаты поиска (события) отмечаются на осциллограмме и перечисляются, как правило, в таблице событий. Вместо таблицы событий можно отобразить таблицу кадров, в которой также отмечены искомые результаты. Флаги событий не сохраняются в csv-файле таблицы кадров.

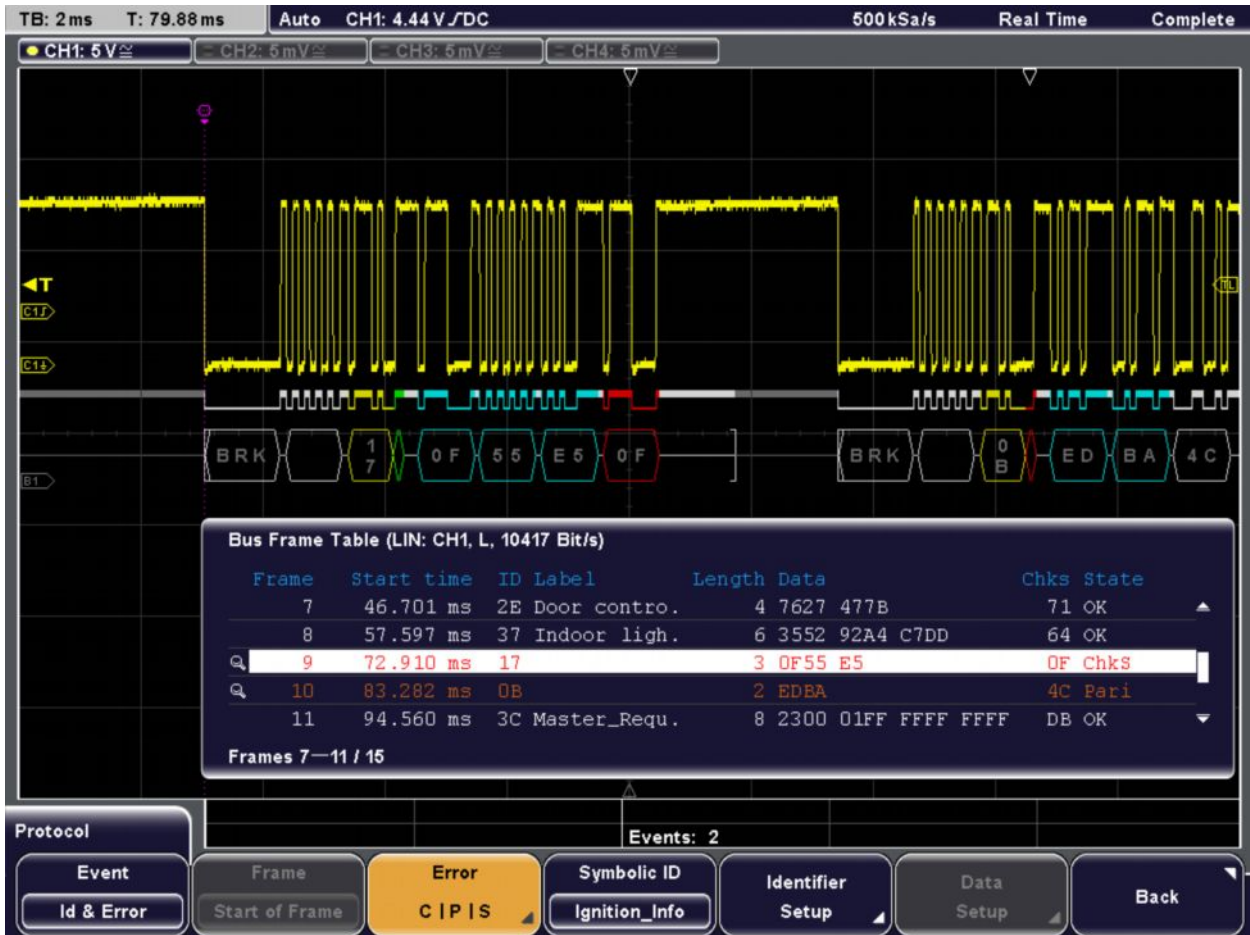


Рисунок 13-17 – Поиск кадров данных с идентификатором длиной 11 битов, результаты поиска отмечены в таблице кадров и на декодированных данных

## 13.7 Аудиосигналы (опция R&S RTM-K5)

Осциллограф R&S RTM может использоваться для анализа ряда стандартизованных и фактически ставших стандартизованными протоколов сигналов: стандартный аудиоформат I<sup>2</sup>S Inter-IC Sound, форматы данных LJ (с выравниванием влево), RJ (с выравниванием вправо) и аудиоформат с временным мультиплексированием (TDM).

### 13.7.1 Протоколы передачи аудиоданных

Для всех протоколов передачи аудиоданных используются 3 линии:

- Тактовая линия – для генерации битового тактового сигнала.
- Линия выбора слова (WS или word clock) служит для определения начала кадра и максимальной длины слова данных.  
Для сигналов с импульсно-кодовой модуляцией (стандарт I<sup>2</sup>S и форматы данных с левым и правым выравниванием) WS сигнал определяет использование правого и левого канала для слов данных.  
В формате TDM для идентификации начала кадра используются импульсы кадровой синхронизации по линии WS.
- Линия данных служит для передачи аудиоданных в каналах данных с временным мультиплексированием

#### 13.7.1.1 Стандарт I<sup>2</sup>S

I<sup>2</sup>S является стандартным интерфейсом передачи по двум аудиоканалам с импульсно-кодовой модуляцией. Линия WS служит для выбора рабочего канала – левый или правый канал. Обычно по каждому каналу передается 32 бита. Слово данных может быть короче длины канала, в таком случае при приеме излишние биты игнорируются. Первый байт слова аудиоданных задерживается на один период тактовой частоты относительно первого фронта импульса выбора слова. Осциллограф R&S RTO может использоваться для работы с декодированием стандартных сигналов I<sup>2</sup>S в форматах с порядком бит MSBF (первый старший бит) и LSBF (первый младший бит).

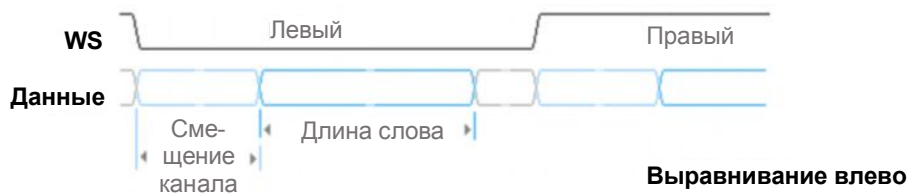


#### 13.7.1.2 Формат данных с выравниванием влево

Формат данных с выравниванием влево аналогичен стандарту I<sup>2</sup>S, но первый байт слова аудиоданных выровнен относительно первого фронта слова выбора импульса. Таким образом, слово аудиоданных имеет левое выравнивание относительно кадра. Слово данных может быть короче длины канала.

Кроме того, в стандартной конфигурации, осциллограф R&S RTO может быть использован для анализа данных с выравниванием влево, передаваемых со смещением по фронту WS. Может быть использован любой порядок бит – MSBF (первый старший бит) или LSBF (первый младший бит).

## Аудиосигналы (опция R&amp;S RTM-K5)



## 13.7.1.3 Формат данных с выравниванием вправо

Формат данных с выравниванием вправо аналогичен формату данных с выравниванием влево, но последний байт слова в кадре выравнивается по последнему фронту импульса выбора слова. Таким образом, слово аудиоданных имеет правое выравнивание относительно кадра.

При работе с осциллографом R&S RTO может быть использован любой порядок бит – MSBF (первый старший бит) или LSBF (первый младший бит).



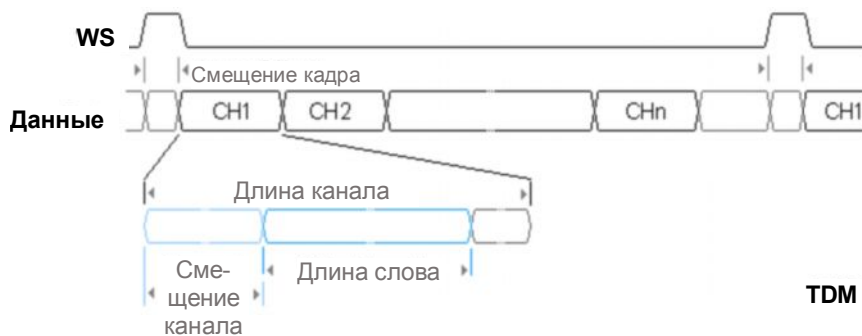
## 13.7.1.4 TDM

Формат аудиоданных TDM (Time Division Multiplexed – формат с временным уплотнением) не является стандартизованным форматом и позволяет передавать более двух каналов аудиоданных по одной линии. Для идентификации начала кадра используются импульсы кадровой синхронизации по линии выбора слова. По линии данных передаются блоки канала определенной длины. Каждый блок содержит слово аудиоданных, которое может быть короче длины канала.

Каждый кадр начинается с битов смещения кадра, которые предшествуют первому каналу. В канале слово аудиоданных также может иметь сдвиг относительно начала канала.

Длина канала, смещение канала и длина слова являются взаимозависимыми величинами:

$$\text{Длина канала} \geq \text{Длина слова} + \text{Смещение канала}$$



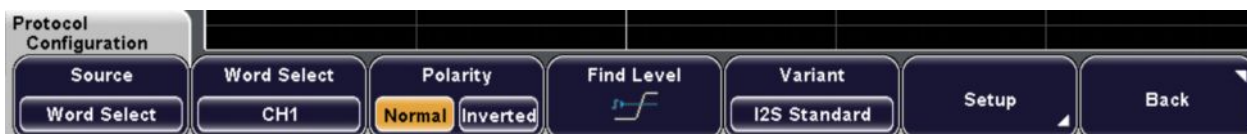


## 13.7.2 Конфигурация аудиосигналов

Для конфигурации декодирования аудиосигналов используются два меню. Меню "Configuration" является общим для всех аудиосигналов. Меню "Setup" содержит специализированные настройки для выбранного варианта аудиосигнала.

### 13.7.2.1 Общая конфигурация

Доступ: PROTOCOL LOGIC > "Bus type" = "Audio" > "Configuration"



#### Threshold setup (настройка порога)

Убедитесь в том, что для линий аудиосигнала установлены пороговые значения. Нажмите "Find level", чтобы автоматически установить порог для всех аналоговых источников, или установите пороговые значения для каждого канала вручную.

Если используются аналоговые каналы, установите пороги в меню "CH N" > "More" > "Threshold"; см. также: "[Установка логического порога для аналоговых каналов](#)" в разделе 13.1.1.

Если используются цифровые каналы (опция MSO R&S RTM-B1), установите пороги в меню "Logic" > "Threshold", см. также "[Threshold](#)".

Команды ДУ:

`BUS<b>: I2S: CLOCk: THReshold`

`BUS<b>: I2S: DATA: THReshold`

`BUS<b>: I2S: WSElect: THReshold`

#### Source (источник)

Выбор линии аудиосигнала, которую необходимо настроить в меню.

#### Word Select (выбор слова)

Выбор источника линии выбора слова. Могут использоваться все аналоговые каналы прибора. Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), также можно использовать один из цифровых каналов.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S: WSElect: SOURce`

#### Polarity (полярность)

Для сигналов I<sup>2</sup>S, LJ и RJ полярность определяет значения выбора слова, назначенные левому и правому каналам.

- "Normal": 0 указывает на левый канал, а 1 – на правый канал. Это стандартная настройка.
- "Inverted": указывает на правый канал, а 1 – на левый канал.

Для сигналов TDM полярность определяет фронт импульса кадровой синхронизации, который обозначает начало кадра. Кадр начинается со следующим фронтом тактового сигнала после выбранного фронта FSYNC.

- "Normal": кадр начинается с нарастающего фронта. Это стандартная настройка.
- "Inverted": кадр начинается со спадающего фронта.

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:WSElect:POLarity`

#### **Clock** (такт)

Выбор источника линии тактового сигнала. Могут использоваться все аналоговые каналы прибора.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), также можно использовать один из цифровых каналов.

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:CLOCK:SOURce`

#### **Slope** (перепад)

Установка фронта тактового сигнала, по которому прибор выполняет оцифровку данных по линии данных. Как правило, используется нарастающий фронт. Прибор R&S RTM способен также анализировать обратную настройку.

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:CLOCK:POLarity`

#### **Data** (данные)

Выбор источника линии данных. Могут использоваться все аналоговые каналы прибора.

Если установлена опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO), также можно использовать один из цифровых каналов.

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:DATA:SOURce`

#### **Active** (активный уровень)

Определение интерпретации высокого и низкого состояний сигнала.

- "Active high" (активный высокий): HIGH (уровень сигнала выше порогового уровня) = 1 и LOW (уровень сигнала ниже порогового уровня) = 0
- "Active low" (активный низкий): HIGH = 0 и LOW = 1

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:DATA:POLarity`

#### **Find Level** (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "Threshold" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold:FINDlevel`

#### **Variant** (версия)

Выбор варианта протокола аудиосигнала. Возможности конфигурации в приборе R&S RTM превышают определения стандартов.

См. также: [глава 13.7.1 "Протоколы передачи аудиоданных"](#)



## Аудиосигналы (опция R&amp;S RTM-K5)

"I2S Standard"	Аудиоформат в стандарте Inter-IC Sound. Первый байт слова аудиоданных задерживается на один такт от переднего фронта импульса выбора слова.
"Left justified"	В формате с выравниванием влево используются те же линии, что и в стандарте I <sup>2</sup> S. Первый байт слова аудиоданных выравнивается по переднему фронту импульса выбора слова, т.е. в кадре производится выравнивание слова влево. В приборе R&S RTM можно установить дополнительное смещение слова аудиоданных.
"Right justified"	Формат с выравниванием вправо аналогичен формату с выравниванием влево, за исключением того, что в нем последний байт последнего слова выравнивается по заднему фронту импульса выбора слова, т.е. в кадре производится выравнивание слова вправо. В приборе R&S RTM можно установить дополнительное смещение слова аудиоданных.
"TDM"	Аудиоформат с временным мультиплексированием обеспечивает передачу до 8 каналов аудиоданных по одной линии. На линии выбора слова используются для идентификации начала кадра в формате используются импульсы кадровой синхронизации. По линии данных передаются каналные блоки заданной длины. Каждый блок содержит слово аудиоданных.

Команда ДУ:

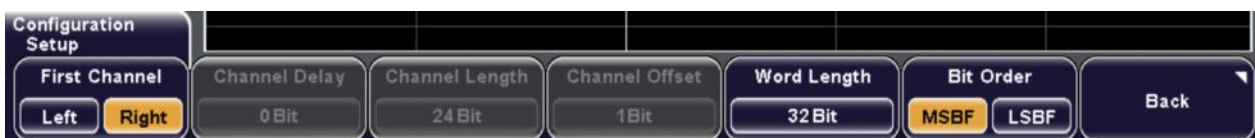
`BUS<b>:I2S:AVARiant`

### 13.7.2.2 Настройка версий аудиопротоколов

Доступ: PROTOCOL LOGIC > "Bus type" = "Audio" > "Configuration" > выбрать "Variant" > "Setup"

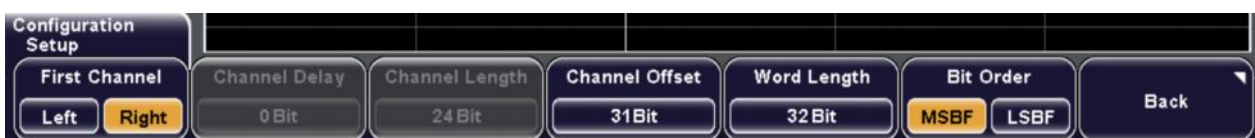
В зависимости от выбранной версии аудиопротокола, в меню "Setup" доступны различные настройки.

#### Настройки стандарта I<sup>2</sup>S



- "First Channel"
- "Word Length"
- "Bit Order"

#### Настройки аудиосигнала с выравниванием влево и вправо



- "First Channel"
- "Channel Offset"
- "Word Length"
- "Bit Order"

### Настройки сигнала TDM



- "No. of Channels"
- "Channel Delay"
- "Channel Length"
- "Channel Offset"
- "Word Length"
- "Bit Order"

#### First Channel (первый канал)

Определение первого канала в кадре: левый или правый канал.

Данная настройка доступна для стандарта I<sup>2</sup>S, аудиосигналов с выравниванием влево и вправо.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S:CHANnel:ORDer`

#### No. of Channels (количество каналов)

Установка количества каналов, передаваемых по линии аудиосигнала TDM.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S:CHANnel:TDMCount`

#### Channel Delay (задержка канала)

Установка задержки канальных блоков после начала кадра (фронт выбора слова). В результате, сдвигаются все каналы.

Данная настройка доступна только для сигналов TDM.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S:FOFFset`

#### Channel Length (длина канала)

Установка количества битов в канальном блоке для аудиосигналов TDM (длина передатчика).

Данная настройка доступна только для сигналов TDM.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S:CHANnel:LENGth`

#### Channel Offset (смещение канала)

Установка количества битов между началом канала и началом слова аудиоданных. Настройка доступна для формата данных с выравниванием влево и аудиосигналов TDM.

Для сигналов TDM возможные значения зависят от длины канала *Channel length* и длины слова *Word length*. Максимальное смещение определяется как *Channel length - Word length*. Если изменить длину канала или длину слова, смещение канала будет отрегулировано автоматически..

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S:CHANnel:OFFSet`

**Word Length** (длина слова)

Определение количества битов в словах аудиоданных (длина приемника).

Минимальная длина составляет 1 бит, максимальная длина равна длине канала.

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:WLENgth`

**Bit Order** (порядок битов)

Установка порядка битов в словах аудиоданных. Как правило, первым передается старший бит (MSB).

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:BORDeR`

### 13.7.3 Запуск по аудиосигналам

Если аудиошина настроена и режим декодирования включен, можно осуществлять запуск по аудиосигналам. Доступны четыре типа запуска: по данным, по окну, по выбору слова и по ошибке.



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина: Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source", см. главу 13.1.6 "Источник запуска".

#### 13.7.3.1 Выбор типа запуска

Доступ: Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Setup"



Для настройки запуска по данным, окну или выбору слова нажмите клавишу один раз, чтобы включить выбранный тип запуска, и второй раз, чтобы открыть меню настройки. Для запуска по ошибке меню настройки отсутствует.

**Data** (данные)

Установка запуска по слову данных или диапазону данных, встречающемуся в указанном канале. Запуск прибора производится по последнему биту указанного шаблона данных.

Также можно осуществлять запуск по И-комбинации состояний данных в разных каналах. Запуск прибора производится, если все состояния встречаются внутри одного кадра.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2S:TYPE (DATA)`

**Window** (окно)

Установка запуска по окнам. Это запуск по данным с дополнительным минимальным временным пределом. Запуск прибора производится, если условия состояния данных выполняются, как минимум, для заданного числа последующих кадров.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2S:TYPE (WINDow)`

**Word Select** (выбор слова)

Установка фронта сигнала выбора слова в качестве условия запуска. При использовании данного типа запуска можно выполнять запуск по правому или левому каналу сигналов с импульсной кодовой модуляцией, а также по началу кадра сигналов TDM. Запуск прибора производится по первому тактовому фронту после указанного фронта.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2S:TYPE (WSElect)`

**Error** (ошибка)

В осциллографе для контроля канала и длины кадра используется линия WS или FSYNC. Если два последовательных кадра имеют разную длину, детектируется ошибка. Запуск прибора производится по первому тактовому фронту после обнаружения ошибки.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2S:TYPE (ERRCondition)`

**13.7.3.2 Настройка запуска по данным**

Установка запуска по слову данных или диапазону данных, встречающемуся в указанном канале. Запуск прибора производится по последнему биту указанного шаблона данных.

Также можно осуществлять запуск по И-комбинации состояний данных в разных каналах. Запуск прибора производится, если все состояния встречаются внутри одного кадра.

**Channel** (канал)

Выбор аудиоканала, по которому прибор ищет указанное состояние данных.

Настройка важна для таких типов запуска как запуск по данным и по окну.

**Compare** (сравнение)

Определение оператора для сравнения декодированного слова данных с указанным словом данных.

Могут быть установлены следующие операторы: Equal (равно), Not equal (не равно), Greater than (больше чем), Lower than (меньше чем), In range (в диапазоне) и Out of range (вне диапазона).

Если данные в выбранном канале не важны для условия запуска, выберите вариант "Don't care".

Настройка важна для таких типов запуска как запуск по данным и по окну.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:I2S:CHANnel:LEFT:CONDition`

`TRIGger:A:I2S:CHANnel:RIGHT:CONDition`

`TRIGger:A:I2S:CHANnel:TDM<n>:CONDition`

**Data (данные) / Data min. (мин. данные) / Data max. (макс. данные)**

Определение слов(а) данных, которое будет сравниваться с декодированным словом данных. Формат данных десятичный. Максимальное значение ограничено длиной слова. Будем считать, что слова аудиоданных являются числами со знаком в формате дополнения до двух(дополнительный код). Например, 8-битное слово данных имеет диапазон значений от -128 до 127.

Настройка важна для таких типов запуска как запуск по данным и по окну.

Команды ДУ:

```
TRIGger:A:I2S:CHANnel:LEFT:DMIN
TRIGger:A:I2S:CHANnel:LEFT:DMAX
TRIGger:A:I2S:CHANnel:RIGHT:DMIN
TRIGger:A:I2S:CHANnel:RIGHT:DMAX
TRIGger:A:I2S:CHANnel:TDM<n>:DMIN
TRIGger:A:I2S:CHANnel:TDM<n>:DMAX
```

**Combination (комбинация)**

Установка логической комбинации для запуска по словам данных в разных каналах. Запуск прибора производится, если выполняются все условия внутри одного кадра.

AND: запуск производится, если условия по данным выполняются во всех выбранных каналах.

OR: запуск производится, если выполняется одно из указанных условий по данным.

Настройка важна для таких типов запуска как запуск по данным и по окну.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:I2S:FUNCTION
```

**13.7.3.3 Настройка запуска по окну**

Запуск по окнам – это запуск по данным с дополнительным минимальным временным пределом. Запуск прибора производится, если условия состояния данных выполняются, как минимум, для заданного числа последующих кадров.



За исключением длины окна, для запуска по окнам используются те же настройки, что и для запуска по данным:

- "Compare"
- "Channel"
- "Data / Data min. / Data max."
- "Combination"

**Window Length (длина окна)**

Установка количества последовательных кадров (выборок аудиоданных), для которых выполняется условие по данным.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:I2S:WINDOW:LENGTH
```

### 13.7.3.4 Настройка запуска по выбору слова

Установка фронта сигнала выбора слова в качестве условия запуска. При использовании данного типа запуска можно выполнять запуск по правому или левому каналу сигналов с импульсной кодовой модуляцией, а также по началу кадра сигналов TDM. Запуск прибора производится по первому тактовому фронту после указанного фронта.

#### **Positive** (положительный)

Установка нарастающего фронта сигнала выбора слова в качестве условия запуска. Следует учесть настройку WS "Polarity" в меню конфигурации аудиосигнала.

См. также: "[Polarity](#)" ранее

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2S:WSSlope (POS)`

#### **Negative** (отрицательный)

Установка спадающего фронта сигнала выбора слова в качестве условия запуска. Следует учесть настройку WS "Polarity" в меню конфигурации аудиосигнала.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:I2S:WSSlope (NEG)`

## 13.7.4 Отображение аудиосигналов

Доступ: PROTOCOL LOGIC > "Bus type" = "Audio" > "Display"

Если выбран протокол аудиосигнала "Audio", меню "Display" содержит дополнительные функции для аудиопrotocolов.



Для всех типов протоколов используются следующие функции отображения:

- "[Data format](#)" в главе 13.1.3
- "[Label](#)" в главе 13.1.3

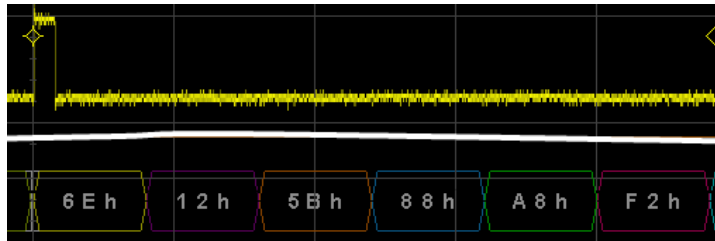
Для аудиопrotocolов специфичными являются следующие функции:

- [Display](#)
- [Track Channel](#)
- [Track Setup](#)
- [Default](#)

#### **Display** (отображение)

Определение способа отображения декодированной шины, битовых линий каналов и треков.

"Sequential" Декодированные слова данных каналов показаны последовательно, по горизонтали.



"Seq. + Bits" Декодированные слова данных каналов показаны последовательно, а отдельные битовые линии показаны выше.

"Seq. + Track" Декодированные слова данных каналов показаны последовательно, а отдельные осциллограммы треков показаны выше.

"Parallel" Декодированные слова данных каналов упорядочены по вертикали. Слова данных показываются так, как слышится аудиосигнал: все каналы в одно время, с длиной один кадр.



"Paral. + Track" Декодированные слова данных каналов упорядочены по вертикали с длиной кадра, а отдельные осциллограммы треков показаны выше.

"Track" Отображаются только отдельные осциллограммы треков.

Команда ДУ:

`BUS<b>:I2S:DISPlay`

**Track Channel** (канал трека)

Выбор осциллограммы трека, который подстраивается с помощью ручки масштаба и положения по вертикали.

Для сигналов TDM функция "Track Channel" служит также для выбора видимых на экране треков. Поворачивайте ручку навигации, чтобы выделить осциллограмму трека и нажмите ручку, чтобы выбрать или отменить выбор этого трека.

Команда ДУ:

```
BUS<b>: I2S: TRACk: TDM<o>: STATe
```

**Track Setup** (канал трека)

Открытие меню "Track Setup", в котором можно настроить масштаб и положение осциллограммы трека.

См. главу 13.7.5 "Отслеживание аудиосигналов".

**Default** (по умолчанию)

Установка всех выбранных треков на середину экрана и масштабирование их на полную высоту экрана (8 делений). Осциллограммы треков будут перекрываться.

Команда ДУ:

```
BUS<b>: I2S: TRACk: SET: DEFault
```

### 13.7.5 Отслеживание аудиосигналов

Трек (дорожка) – это осциллограмма, которая показывает измеренные значения, согласованные по времени с аудиосигналом. Он является графической интерпретацией всех измеренных значений одной выборки. Для аудиосигналов значения, измеренные по вертикальной оси, являются декодированным значениями из аудиоканалов, временной масштаб эквивалентен масштабу исходных осциллограмм.



Рисунок 13-18 – Треки сигнала I<sup>S</sup>

Доступ: PROTOCOL LOGIC > "Bus type" = "Audio" > "Display" > "Track Setup"

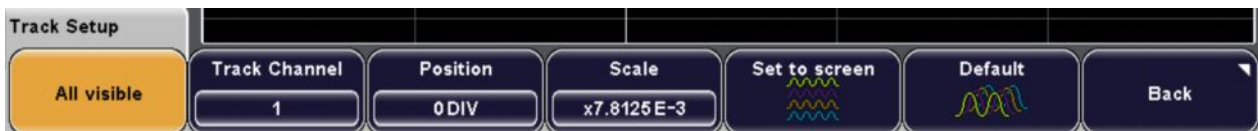
Рисунок 13-19 – Настройка трека для аудиосигналов I<sup>S</sup>, LJ и RJ

Рисунок 13-20 – Настройка трека для сигналов TDM

**Left Position** (положение слева) / **Right Position** (положение справа) / **Position** (положение)

Установка вертикального положения выбранной осциллограммы трека в делениях.

Также для треков доступен виртуальный экран. Таким образом, для размещения всех линий может быть использовано 20 делений.

Команды ДУ:

BUS<b>:I2S:TRACk:TDM<o>:POSition

BUS<b>:I2S:TRACk:LEFt:POSition

BUS<b>:I2S:TRACk:RIGHT:POSition

**Left Scale** (масштаб слева) / **Right Scale** (масштаб справа) / **Scale** (масштаб)  
Установка коэффициента масштабирования выбранной осциллограммы трека.  
Ручка навигации устанавливает значение с шагом  $2^n$ .

Коэффициент масштабирования зависит от длины слова. Он равен 1, если используются все 8 делений экрана. Если коэффициент больше 1, отображение трека отсекается и можно анализировать подробности осциллограммы трека.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S: TRACk: TDM<o>: SCALE`

**All visible** (показать все) / **Track Channel** (канал трека)

Выбор аудиоканала TDM, для которого необходимо отобразить осциллограмму трека. См. также: "[Track Channel](#)" ранее.

**Set to screen** (установка на экран)

Упорядочивание выбранных треков по вертикали, один над другим. Прибор регулирует вертикальный масштаб согласно длине слова и количеству отображаемых каналов. Осциллограммы треков не будут перекрываться.

Команда ДУ:

`BUS<b>: I2S: TRACk: SET: SCReen`

**Default** (по умолчанию)

См. "[Default](#)" ранее.

### 13.7.6 Результаты декодирования аудиосигналов

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения в формате, заданном параметрами "Display" и "Data Format".

См. также [главу 13.7.4 "Отображение аудиосигналов"](#)

Чтобы получить значения данных можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, начальное время кадра и данные аудиоканала.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования "](#)

## Аудиосигналы (опция R&amp;S RTM-K5)

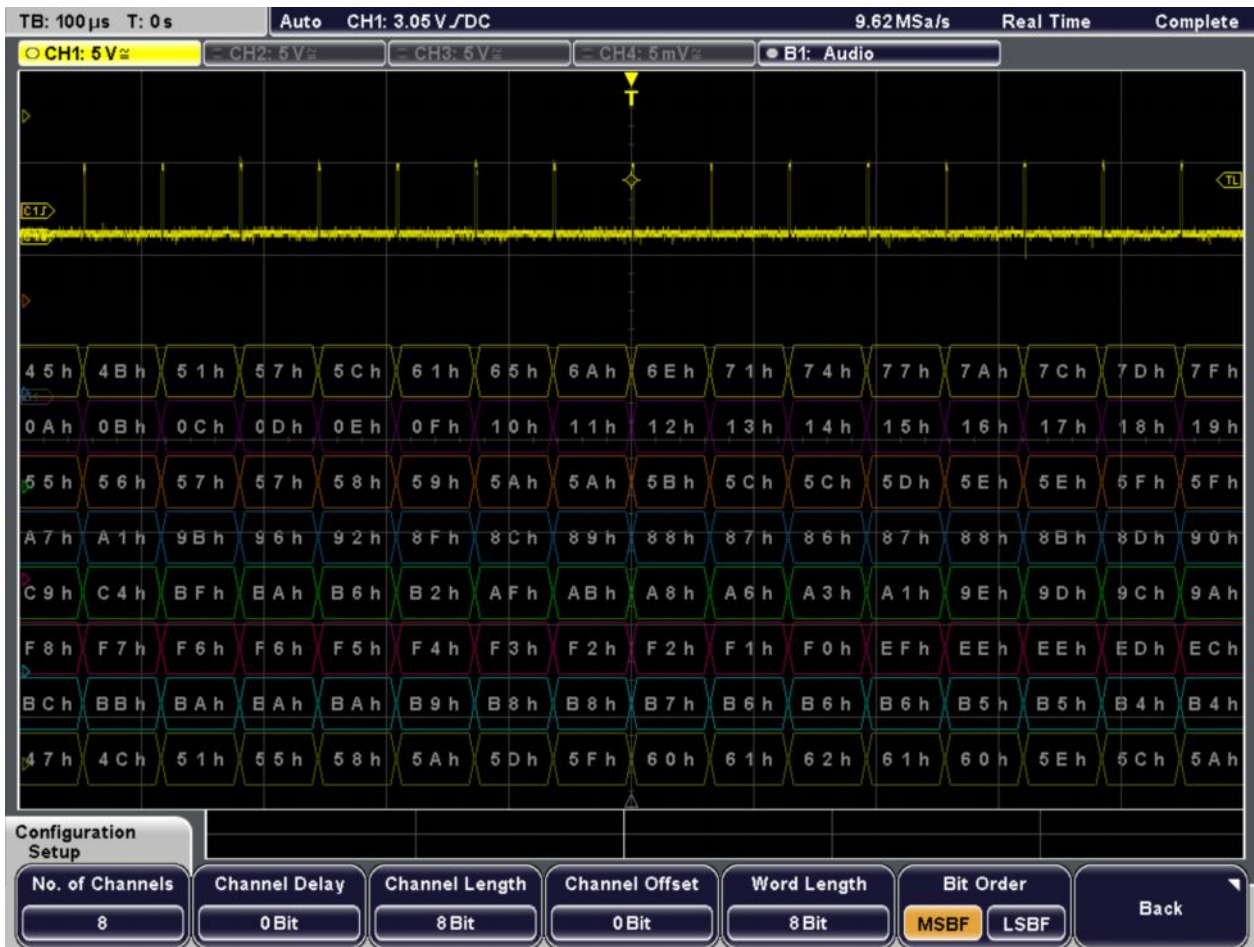


Рисунок 13-21 – Декодированный сигнал TDM, CH1 = Word Select. Параллельно отображаются аудиоканалы, которые обозначаются разными цветами

Рисунок 13-22 – Декодированный сигнал I<sup>2</sup>S с таблицей кадров

Таблица 13-1 – Содержимое таблицы кадров аудиошины

Столбец	Описание
Frame	Номер кадра
Start time	Время начала кадра относительно точки запуска
Left, Right (I <sup>2</sup> S, LJ, RJ) CH1, CH2,...CH8 (TDM)	Шестнадцатеричные значения слов аудиоданных

Команды ДУ:

- `BUS<b>: I2S: FCOunt?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: STATE?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: START?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: STOP?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: LEFT: STATE?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: LEFT: VALue?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: RIGHT: STATE?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: RIGHT: VALue?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: TDM<o>: STATE?`
- `BUS<b>: I2S: FRAMe<n>: TDM<o>: VALue?`

## 13.8 Шина MIL-STD-1553 (опция R&S RTM-K6)

### 13.8.1 Стандарт MIL-STD-1553

Стандарт MIL-STD-1553 определяет характеристики последовательной шины данных изначально предназначенной для использования в военной авиационной электронике (авионике). Сейчас он также используется при бортовой обработке данных в космических аппаратах.

Шина является 2-проводной, в ней используются дифференциальные сигналы.

Система MIL-STD-1553 состоит из следующих компонентов:

- Контроллер шины (BC): инициирует и координирует поток данных в системе.
- Удаленный терминал (RT): взаимодействует с различными подсистемами по шине данных. Система может содержать до 31 терминалов RT, каждый из которых может иметь 31 подадрес.  
Подадреса 0 и 31 относятся к команде кода режима.
- Монитор шины (BM) (опционально): принимает все сообщения и способен регистрировать выбранные данные для оперативного или автономного анализа.

Информация передается по шине заданными сериями слов с использованием манчестерского кода, при котором каждый бит передается в виде перехода высокий-низкий уровень (логическая 1) или перехода низкий-высокий уровень (логический 0). Имеется три типа слов: команды, данные и состояние.

#### Командное слово



Рисунок 13-23 – Структура командного слова

Формат командного слова складывается из следующих частей (см. [рисунок 13-23](#)):

- Синхр: неверный манчестерский сигнал.
- Адрес удаленного терминала RT: уникальный адрес соответствующего терминала RT.
- Передача/Прием (T/R): индикация действия, требуемого от RT.
- Подадрес/код режима: индикация подадреса RT. Подадреса 0 и 31 указывают на передачу кода режима.
- Число слов данных / код режима: индикация количества слов, переданных/принятых терминалом RT. Допускается не более 32 слов. Данное поле может быть использовано для передачи значения кода режима.
- Четность: проверка битовых ошибок при передаче. Общее количество битов с логической 1 для слова (биты синхронизации не учитываются) должно быть нечетным.

**Слово данных****Рисунок 13-24 – Структура слова данных**

Формат слова данных складывается из следующих частей (см. [рисунок 13-24](#)):

- Синхр: неверный манчестерский сигнал.
- Данные: передаваемая информация (16 бит).
- Четность: проверка битовых ошибок при передаче. Общее количество битов с логической 1 для слова (биты синхронизации не учитываются) должно быть нечетным.

**Слово состояния****Рисунок 13-25 – Структура слова состояния**

Формат слова состояния складывается из следующих частей (см. [рисунок 13-25](#)):

- Синхр: неверный манчестерский сигнал.
- Адрес удаленного терминала RT: уникальный адрес соответствующего терминала RT.
- Ошибка сообщения: индикация ошибки при передаче командного слова/слова данных из контроллера ВС. Логическая 1 указывает на наличие ошибки сообщения, а логический 0 - на ее отсутствие.
- Применение: служит для различения слова состояния и командного слова. Логическое состояние данного бита должно быть равно 0.
- Запрос на обслуживание: индикация того, что терминалу RT требуется обслуживание. Логическая 1 указывает на наличие запроса на обслуживание, а логический 0 - на его отсутствие.
- Резерв: бит зарезервирован для будущего использования.



## Шина MIL-STD-1553 (опция R&amp;S RTM-K6)

- Широковещательная команда: логическая 1 указывает, что предшествующее действительное командное слово было широковещательной командой, а логический 0 - что не было.
- Занято: состояние занятости указывает на то, что терминал RT или подсистема не может передавать данные. Логическая 1 указывает на наличие состояния занятости, а логический 0 - на его отсутствие.
- Флаг подсистемы: флаг сбоя подсистемы. Логическая 1 указывает на наличие флага, а логический 0 - на его отсутствие.
- Принятие динамического управления шиной: логическая 1 указывает на принятие динамического управления шиной, а логический 0 - на отказ.
- Терминальный флаг: флаги состояния сбоя RT. Логическая 1 указывает на наличие флага, а логический 0 - на его отсутствие.
- Четность: проверка битовых ошибок при передаче. Общее количество битов с логической 1 для слова (биты синхронизации не учитываются) должно быть нечетным.

Для удобства анализа можно загрузить редактируемый список меток, чтобы интерпретировать переданные числовые значения в значимые текстовые метки.

## 13.8.2 Конфигурация шины MIL-STD-1553

- [Конфигурирование шины MIL-STD-1553](#)
- [Параметры конфигурации шины MIL-STD-1553](#)

### 13.8.2.1 Конфигурирование шины MIL-STD-1553

Можно задать входной канал и установить некоторые параметры протокола.

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если открыто меню "Logic", нажать функциональную клавишу "Protocol".
3. Нажать функциональную клавишу "Bus Type" и выбрать пункт "MIL-STD-1553".
4. Нажать функциональную клавишу "Configuration".
5. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать нужный канал.
6. Установить полярность "Polarity" сигнала.
7. Установить пороговые уровни сигнала "Threshold High" и "Threshold Low" или нажать функциональную клавишу "Find level".

См. ["Установка логического порога для аналоговых каналов"](#) в главе 13.1.1.

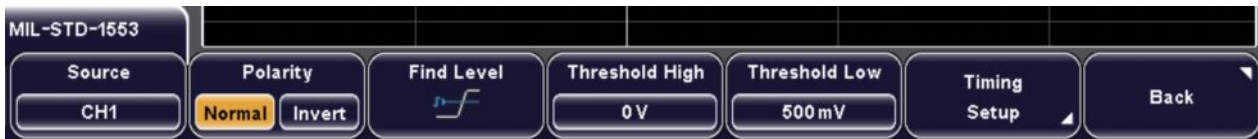
8. Нажать функциональную клавишу "Timing setup" и установить максимальное значение времени отклика.

Теперь можно отображать декодированный сигнал и таблицу кадров с результатами.

Отображение декодированных данных описано в [главе 13.8.5 "Результаты декодирования шины MIL-STD-1553"](#).

### 13.8.2.2 Параметры конфигурации шины MIL-STD-1553

Доступ: PROTOCOL > "Bus type" = "MIL-STD-1553"> "Configuration"



#### Source (источник)

Установка канала для источника сигнала.

Команда ДУ:

`BUS<b>;MILStd:SOURce`

#### Polarity (полярность)

Установка полярности шины.

Команда ДУ:

`BUS<b>;MILStd:POLarity`

#### Find Level (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "Threshold" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>;THReshold:FINDlevel`

#### Threshold High (порог высокого уровня)

Установка верхнего порогового уровня сигнала.

Команда ДУ:

`BUS<b>;MILStd:THReshold:HIGH`

#### Threshold Low (порог низкого уровня)

Установка нижнего порогового уровня сигнала.

Команда ДУ:

`BUS<b>;MILStd:THReshold:LOW`

#### Timing Setup (настройка выдержки времени)

Открытие подменю для установки диапазонов времен ожидания (таймаутов).





**Response Max** (макс. отклик)← **Timing Setup**

Установка значения для максимального времени отклика.

Команда ДУ:

`BUS<b>;MILStd:RESPonsetime:MAXimum`

**Default Timing** (стандартный отклик)← **Timing Setup**

Сброс времени отклика на стандартное значение 14 мкс.

### 13.8.3 Параметры запуска MIL-STD-1553

#### 13.8.3.1 Запуск по шинам MIL-STD-1553

Предварительные требования: шина MIL-STD-1553 сконфигурирована. После конфигурации доступен тип запуска "Protocol (MIL-STD-1553)". См. главу 13.8.2 "Конфигурация шины MIL-STD-1553".



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

1. Нажать клавишу SETUP в области запуска на передней панели.
2. Выбрать пункт "Trigger Type": "Protocol (MIL-STD-1553)"
3. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать шину в качестве источника запуска.
4. Нажать функциональную клавишу "Back".
5. Нажать функциональную клавишу "Setup".
6. Нажать функциональную клавишу требуемого условия запуска:
  - "Synchronization": синхронизация
  - "Word": слово
  - "Error": ошибка
  - "Command": команда
  - "Status": состояние
  - "Cmd. and data": команда и данные
7. Если выбран пункт "Error", снова нажать функциональную клавишу и включить тип ошибок, по которым должен выполняться запуск.
8. Если выбран пункт "Command", снова нажать функциональную клавишу и задать командное слово.
9. Если выбран пункт "Status", снова нажать функциональную клавишу и задать слово состояния.
10. Если выбран пункт "Cmd. and data", снова нажать функциональную клавишу и задать тип передачи, а также командное слово и слово данных.

### 13.8.3.2 Параметры запуска MIL-STD-1553

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".  
Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина:  
Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source",  
см. главу 13.1.6 "Источник запуска".



- Synchronization
- Word
- Error
  - └ Synchronization
  - └ Parity
  - └ Manchester
  - └ Timeout
- Command
  - └ Cmd. Type
  - └ Symbolic ID
  - └ RT Address
    - └ Compare
    - └ Edit Minimum/Edit Maximum
      - └ Bit
      - └ Byte
      - └ State
      - └ Value
  - └ Data Direction
  - └ Subaddress
    - └ Compare
    - └ Edit Minimum/Edit Maximum
  - └ Word Count
    - └ Compare
    - └ Minimum
    - └ Maximum
  - └ Subaddress
  - └ Mode Code

- Status
  - └ Status
  - └ State
- Cmd. and data
  - └ Transmission
  - └ Command
  - └ Data
    - └ Offset Compare
    - └ Offset
    - └ Data Words
    - └ Data Compare
    - └ Minimum/Maximum

### Synchronization (синхронизация)

Запуск по синхроимпульсу. Можно выбрать запуск по импульсу "C/S" (команда/статус), по импульсу "Data" (данные) или по всем "All" синхроимпульсам.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:SYNC`

### Word (слово)

Выбор типа слова, по которому будет выполняться запуск. Выбранный тип слова указывается в названии функциональной клавиши.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:WORD`

### Error (ошибка)

Запуск по любой комбинации ошибок протокола. Можно включить запуск по указанному типу ошибки в подменю.



### Synchronization (синхронизация) ← Error

Выполняется запуск, если синхроимпульс не удовлетворяет техническим требованиям или при недействительной передаче.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:ERRor:SYNC`

### Parity (четность) ← Error

Проверка четности каждого слова и запуск в случае четности.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:ERRor:PARity`

**Manchester** (манчестерский код) ← **Error**

Запуск при наличии ошибки в манчестерском кодировании сигнала.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:ERRor:MANChester`

**Timeout** (таймаут) ← **Error**

Запуск при выходе таймаута (времени ожидания) за установленный диапазон. Диапазон может быть установлен в меню "Bus type" = "MIL-STD-1553"> "Configuration" > "Timing setup".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:ERRor:TIMEout`

**Command** (команда)

Запуск по командному слову, которое указывается в подменю.

**Cmd. Type** (тип команды) ← **Command**

Выбор типа команды.

**Symbolic ID** (символьный идентификатор) ← **Command**

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

**RT Address** (RT-адрес) ← **Command**

Открытие подменю для установки адреса удаленного терминала.

**Compare** (сравнение) ← **RT Address** ← **Command**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:RTADdress:CONDition`

**Edit Minimum**(правка мин.)/**Edit Maximum**(правка макс.) ← **RT Address** ← **Command**

Открытие подменю "Edit Minimum"/"Edit Maximum".

После установки условия сравнения "Compare", можно побитово ввести значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Или же можно ввести шестнадцатеричное значение.



Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:RTAddress:MAXimum](#)

[TRIGger:A:MILStd:RTAddress:MINimum](#)

**Bit** (бит) ← **Edit Minimum/Edit Maximum** ← **RT Address** ← **Command**

Выбор количества битов в шаблоне для побитового ввода. Для каждого выбранного бита введите его состояние "State".

**Byte** (байт) ← **Edit Minimum/Edit Maximum** ← **RT Address** ← **Command**

Выбор байта для ввода шаблона данных. Для каждого выбранного байта введите шестнадцатеричное значение или установите состояние "State" для каждого выбранного бита "Bit".

**State** (состояние) ← **Edit Minimum/Edit Maximum** ← **RT Address** ← **Command**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Value** (значение) ← **Edit Minimum/Edit Maximum** ← **RT Address** ← **Command**

Установка шестнадцатеричного значения для выбранного байта путем поворота ручки навигации.

**Data Direction** (направление передачи данных) ← **Command**

Переключение направления передачи данных выбранной команды: T (передача), R (прием) или X (любое).

Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:TRMode](#)

**Subaddress** (подадрес) ← **Command**

Открытие подменю для установки подадреса.



**Compare** (сравнение) ← **Subaddress** ← **Command**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:SADdress:CONDition](#)

**Edit Minimum**(правка мин.)/**Edit Maximum**(правка макс.) ← **Subaddress** ← **Command**

Открытие подменю "Edit Minimum"/"Edit Maximum".

После установки условия сравнения "Compare", можно побитово ввести значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Или же можно ввести шестнадцатеричное значение.

Эти функции аналогичны функциям в меню "RT Address", см.: ["RT Address"](#) ранее.

Команды ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:SADdress:MAXimum](#)

[TRIGger:A:MILStd:SADdress:MINimum](#)

**Word Count** (число слов)← **Command**

Открытие подменю для установки количества слов.

**Compare** (сравнение)← **Word Count** ← **Command**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:WCOunt:CONDition](#)

**Minimum** (минимум)← **Word Count** ← **Command**

Установка минимального значения диапазона количества слов.

Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:WCOunt:MINimum](#)

**Maximum** (максимум)← **Word Count** ← **Command**

Установка максимального значения диапазона количества слов.

Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:WCOunt:MAXimum](#)

**Subaddress** (подадрес)← **Command**

Если выбран код режима "Command Type" > "Mode Code", то выбор подадреса ограничен значениями "0", "31" или "0 | 31"

Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:SADDRESS:MCADDRESS](#)

**Mode Code** (код режима)← **Command**

Выбор типа кода режима при выбранной функции "Command Type" > "Mode Code".

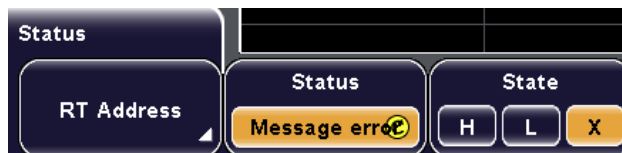
Команда ДУ:

[TRIGger:A:MILStd:MCODE:CODE](#)

**Status** (статус)

Запуск по статусному слову, которое указано в подменю.

Функции подменю "RT Address" аналогичны функциям для слова "Command", см. : ["RT Address"](#) ранее.



**Status (статус)← Status**

Выбор статусного бита. Для каждого бита можно выбрать состояние "State", по которому будет выполняться запуск.

См. также: "[Status Word](#)" ранее.

Команды ДУ:

```
TRIGger:A:MILStd:STATus:BCReceived
TRIGger:A:MILStd:STATus:BUSY
TRIGger:A:MILStd:STATus:DBCaccept
TRIGger:A:MILStd:STATus:INSTRument
TRIGger:A:MILStd:STATus:MERRor
TRIGger:A:MILStd:STATus:SREQuest
TRIGger:A:MILStd:STATus:SUBSystem
TRIGger:A:MILStd:STATus:TERMinal
```

**State (состояние)← Status**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Cmd. and data (команда и данные)**

Запуск по команде и данным, которые указаны в подменю.

**Transmission (передача)← Cmd. and data**

Установка типа передачи: "BC-RT" (контроллер шины – удаленный терминал); "RT - BC" (удаленный терминал – контроллер шины), "RT - RT" (удаленный терминал – удаленный терминал), "Mode Code with data".

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:MILStd:TTYPe
```

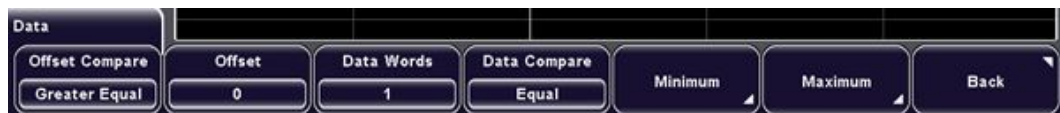
**Command (команда)← Cmd. and data**

Запуск по команде, которая указана в подменю. Доступные настройки зависят от выбранного типа передачи "Transmission".

Командные настройки описаны в разделе "[Command](#)" ранее.

**Data (данные)← Cmd. and data**

Запуск по данным, которые указаны в подменю.

**Offset Compare (сравнение смещения)← Data ← Cmd. and data**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным смещением.

Команда ДУ:

```
TRIGger:A:MILStd:DATA:OFFSet:CONDition
```

**Offset (смещение) ← Data ← Cmd. and data**

Установка смещения слова.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:DATA:OFFSet`

**Data Words (слова данных) ← Data ← Cmd. and data**

Установка количества слов. Можно задать до четырех слов.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:DATA:WORDs`

**Data Compare (сравнение данных) ← Data ← Cmd. and data**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:DATA:CONDition`

**Minimum (минимум) / Maximum(максимум) ← Data ← Cmd. and data**

Открытие подменю "Minimum"/"Maximum".

После установки условия сравнения "Compare", можно побитово ввести значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Или же можно ввести шестнадцатеричное значение.

Эти функции аналогичны функциям в меню "RT Address", см.: "RT Address" ранее.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:MILStd:DATA:MAXimum`

`TRIGger:A:MILStd:DATA:MINimum`

### 13.8.4 Список меток протокола MIL-STD-1553

Список меток зависит от конкретного протокола. Файл меток MIL-STD-1553 содержит три значения для каждого идентификатора:

- "Symbolic label": символьное имя адресуемого устройства, обозначающее его функцию, а также метка подадреса. Метки расположены в алфавитном порядке.
- "RT Addr.": шестнадцатеричное значение адреса удаленного терминала
- "Sub Addr": шестнадцатеричное значение подадреса

#### Пример: РТТ-файл для протокола MIL

```
# -----
# Метки для протокола MIL.1553
# Порядок столбцов: адрес RT, метка RT, подадрес, метка подадреса
# -----
@PROTOCOL_NAME = mil1553
0Ah,Engine,01x,Thrust
03h,Main panel,07x,Altimeter
03h,Main panel,01x,Speed
0Eh,Only RTA
```



```

Label list: MIL-STD-1553 (Imported on: 2014-06-27; 12:31)
Symbolic label      RT Addr/Subaddr
Altimeter           0x03 0x07
Engine              0x0A
Main panel          0x03
Only RTA            0x0E
Speed               0x03 0x01
Thrust              0x0A 0x01

```

### 13.8.5 Результаты декодирования протокола MIL-STD-1553

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display".

См. также [главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"](#)

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, тип слова, адрес RTA, направление передачи данных, подадрес, метка, количество слов, данные, время отклика/IMG и состояние кадра.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"](#)

Таблица 13-7 – Содержимое таблицы кадров шины MIL-STD-1553

Столбец	Описание
Start time	Время начала слова относительно точки запуска
Type	Тип слова
RTA	Адрес удаленного терминала
Label	Символьная метка, доступна при загруженном и примененном списке меток
T/R	Направление передачи данных, передача (T) или прием (R)
Sub	Подадрес
Length	Число слов в кадре
Data	Шестнадцатеричные значения байтов данных
RT/IMG	Время отклика/временной интервал между сообщениями
State	Общее состояние кадра

Команды ДУ:

- `BUS<b>:MILStd:WCOunt?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:COMMand:MCODE:CODE?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:COMMand:MCODE:VALue?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:COMMand:RTAdDress?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:COMMand:SAdDress?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:COMMand:WCOunt?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:DATA?`

## Шина MIL-STD-1553 (опция R&amp;S RTM-K6)

- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:IMGTime?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:PARity?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:RTIME?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:START?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:BCReceived?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:BUSY?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:DBCaccept?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:INSTRument?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:MERRor?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:RTADdress?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:SREQuest?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:SUBSystem?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STATus:TERMinal?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:STOP?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:TRMode?`
- `BUS<b>:MILStd:WORD<n>:TYPE?`

### 13.8.6 Поиск по декодированным данным шины MIL-STD-1553

Используя функции поиска можно находить различные события в декодированных данных, т.е. такие же события, по которым можно производить запуск. Перед началом поиска необходимо правильно настроить шину и сбор декодированных данных.

Для поиска по декодированным данным используйте тип поиска "Protocol" и выберите источник "Source" – шину, которая настроена на протокол MIL-STD-1553.

См. также главу 12 "Функции поиска".

#### 13.8.6.1 Настройка поиска по шине MIL-STD-1553



**Event** (событие)

Установка искомого события или комбинации событий. В зависимости от выбранного события в меню функциональной клавиши активируются соответствующие настройки.

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:CONDition`

**Word Start** (начало слова)

Выбор искомого начала слова.

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:WStart`

**Error** (ошибка)

Поиск выбранного типа ошибки.

Типы ошибок совпадают с описанными в настройке запуска шины MIL-STD-1553 см. подраздел "Error".

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:ERRor`

**RT Address** (RT-адрес)

Открытие подменю для установки искомого адреса удаленного терминала.

Параметры совпадают с описанными в настройке запуска по адресу RT, см. подраздел "RT Address".

Команды ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:RTAddress:COMPare`

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:RTAddress:CONDition`

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:RTAddress:MAXimum`

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:RTAddress:MINimum`

**Data direction** (направление передачи данных)

Выбор искомого направления передачи данных: T (передача), R (прием) или X (любое).

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:TRMode`

**Sub Address** (подадрес)

Открытие подменю для установки искомого подадреса.

Параметры совпадают с описанными в настройке запуска по подадресу, см. подраздел "Subaddress".

Команды ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:SADdress:COMPare`

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:SADdress:CONDition`

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:SADdress:MAXimum`

`SEARCH:PROTOCOL:MILStd:SADdress:MINimum`

**Word Count** (подадрес)

Открытие подменю для установки искомого количества слов.

Параметры совпадают с описанными в настройке запуска по количеству слов, см. подраздел "Word Count".

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:WCOunt:COMPare
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:WCOunt:CONDition
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:WCOunt:MAXimum
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:WCOunt:MINimum
```

**Sub Address** (подадрес) (**Mode Code** (код режима))

Поиск подадреса кода режима.

Команда ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:SADDRESS:MCADDRESS
```

**Mode Code** (код режима)

Установка искомого кода режима.

Команда ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:MCODE
```

**Status** (статус)

Выбор искомого статусного бита. Для каждого бита можно выбрать искомое состояние "State".

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:BCReceived
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:BUSY
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:DBCaccept
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:INSTRument
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:MERRor
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:SREQuest
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:SUBSystem
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:STATUS:TERMinal
```

**State** (состояние)

Переключение логического состояния выбранного статусного бита "Status": 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Data** (данные)

Поиск указанных данных.

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:DATA:COMPare
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:DATA:CONDition
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:DATA:MAXimum
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:DATA:MINimum
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:DATA:OFFSet
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:DATA:WORDs
```

**Transmission** (передача)

Установка искомого типа передачи: "BC-RT" (контроллер шины – удаленный терминал); "RT - BC" (удаленный терминал – контроллер шины), "RT - RT" (удаленный терминал – удаленный терминал), "Mode Code with data".

Команда ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:MILStd:TTYPe
```

**Command** (команда)

Открытие подменю для настройки искомой команды.

Параметры совпадают с описанными в настройке запуска по команде, см. подраздел "[Command](#)".

## 13.9 Шина ARINC 429 (опция R&S RTM-K7)

### 13.9.1 Основные сведения о шине ARINC 429

ARINC 429 представляет собой стандарт, который определяет характеристики шины данных авионики, используемой в гражданской и транспортной авиации.

В системе ARINC 429 один передатчик/источник подключен к 1-20 приемникам/потребителям с помощью одной витой пары. В шине используются дифференциальные сигналы. В стандарте ARINC 429 используется симплексная связь - данные могут передаваться только в одном направлении. Информация передается по шине заданными сериями слов.

#### Формат слова

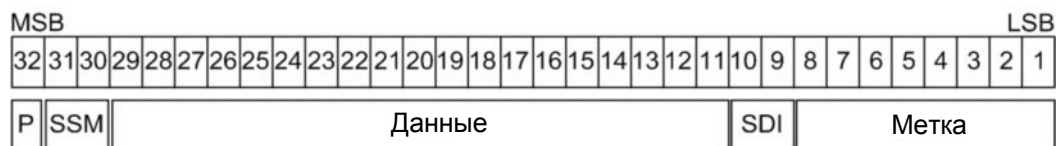


Рисунок 13-26 – Структура слова ARINC 429

Слово ARINC 429 является 32-битным и состоит из следующих частей (см. [рисунок 13-26](#)):

- Четность: старший бит (MSB). Проверка битовых ошибок при передаче. Общее количество битов с логической 1 для слова должно быть нечетным.
- Матрица знака/состояния (SSM): значение этих битов зависит от типа данных. Матрица может использоваться для отчета о состоянии аппаратуры.
- Данные:
  - Двоичные (BNR): сохранение данных в виде двоичного числа.
  - Двоично-десятичный код (BCD): используется 4 бита полей данных для представления десятичного разряда.
  - Дискретные данные: комбинация BNR и/или BCD или отдельных битов, которая выражает конкретное состояние оборудования.
  - Данные обслуживания и подтверждение
  - Протокол Вилльямсбурга / Букхорна: битово-ориентированный протокол, который используется для передачи файлов.

- Идентификатор источника/назначения (SDI): индикация назначенного приемника или передающей подсистемы.
- Метка: предоставление информации о типе данных слова.

Для удобства анализа можно загрузить редактируемый список меток, чтобы интерпретировать переданные числовые значения в значимые текстовые метки.

## 13.9.2 Конфигурация шины ARINC 429

- [Конфигурирование шины ARINC 429](#)
- [Параметры конфигурации шины ARINC 429](#)
- [Параметры отображения шины ARINC 429](#)

### 13.9.2.1 Настройки конфигурации шины ARINC 429

Можно задать входной канал и установить некоторые параметры протокола.

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если открыто меню "Logic", нажать функциональную клавишу "Protocol".
3. Нажать функциональную клавишу "Bus Type" и выбрать пункт "ARINC 429".
4. Нажать функциональную клавишу "Configuration".
5. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать нужный канал.
6. Установить полярность "Polarity" сигнала.
7. Установить пороговые уровни сигнала "Threshold High" и "Threshold Low" или нажать функциональную клавишу "Find level".

См. ["Установка логического порога для аналоговых каналов"](#) в главе 13.1.1.

8. Нажать функциональную клавишу "Bitrate" и установить скорость передачи данных.

Теперь можно отображать декодированный сигнал и таблицу кадров с результатами.

Отображение декодированных данных описано в главе 13.9.5 ["Результаты декодирования шины ARINC 429"](#).

### 13.9.2.2 Параметры конфигурации шины ARINC 429

Доступ: PROTOCOL > "Bus type" = "ARINC 429"> "Configuration"



**Source** (источник)

Установка канала для источника сигнала.

Команда ДУ:

`BUS<b>:ARINc:SOURce`

**Polarity** (полярность)

Установка полярности шины.

Команда ДУ:

`BUS<b>:ARINc:POLarity`

**Find Level** (поиск уровня)

В приборе производится анализ всех аналоговых каналов, которые сконфигурированы для выбранной шины, и установка порога для оцифровки каждого канала. Если уровень не обнаруживается, существующее значение остается неизменным, а порог можно задать вручную в меню канала: CH N > "More" (стр. 2) > "Threshold".

См. подраздел "**Threshold**" в главе 4.3.3.2.

Функция "Find Level" не действует для цифровых каналов (опция MSO R&S RTM-B1). Пороги для цифровых каналов устанавливаются в меню "Logic > Threshold".

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:THReshold:FINDlevel`

**Threshold High** (порог высокого уровня)

Установка верхнего порогового уровня сигнала.

Команда ДУ:

`BUS<b>:ARINc:THReshold:HIGH`

**Threshold Low** (порог низкого уровня)

Установка нижнего порогового уровня сигнала.

Команда ДУ:

`BUS<b>:ARINc:THReshold:LOW`

**Bit Rate** (битовая скорость)

Открытие подменю для установки битовой скорости.



"Low Speed" Установка скорости передачи данных 12,5 кбит/с

"High Speed" Установка скорости передачи данных 100 кбит/с

"User" Установка пользовательской скорости передачи данных.

Команды ДУ:

`BUS<b>:ARINc:BRMode`

`BUS<b>:ARINc:BRValue`

### 13.9.2.3 Параметры отображения шины ARINC 429

Доступ: PROTOCOL LOGIC > если отображается меню "Logic": "Protocol" > "Display"

В данной главе описаны только параметры отображения для стандарта ARINC 429. Описание общих параметров отображения протоколов см. в [главе 13.1.3 "Настройки отображения"](#).

**Decode format** (формат декодирования)

Установка формата декодированных данных для шины ARINC 429: Data, SSM+Data, SSM+Data+SDI, Data+SDI.

Команда ДУ:

BUS<b>: ARINC : DATA : FORMat

## 13.9.3 Параметры запуска ARINC 429

### 13.9.3.1 Запуск по шинам ARINC 429

Предварительные требования: шина ARINC 429 сконфигурирована. После конфигурации доступен тип запуска "Protocol (ARINC 429)". См. [главу 13.9.2 "Конфигурация шины ARINC 429"](#).



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".

1. Нажать клавишу SETUP в области запуска на передней панели.
2. Выбрать пункт "Trigger Type": "Protocol (ARINC 429)"
3. Нажать функциональную клавишу "Source" и выбрать шину в качестве источника запуска.
4. Нажать функциональную клавишу "Back".
5. Нажать функциональную клавишу "Setup".
6. Нажать функциональную клавишу требуемого условия запуска:
  - "Word": слово
  - "Error": ошибка
  - "Label": метка
  - "Label and Data": метка и данные
  - "Transmission": передача данных
7. Если выбран пункт "Error", снова нажать функциональную клавишу и включить тип ошибок, по которым должен выполняться запуск.
8. Если выбран пункт "Label", снова нажать функциональную клавишу и задать диапазон меток.
9. Если выбран пункт "Label and Data", снова нажать функциональную клавишу и задать метку, формат запуска SSM/SDI и данные.
10. Если выбран пункт "Transmission", снова нажать функциональную клавишу и задать метку, формат запуска и настройки синхронизации.

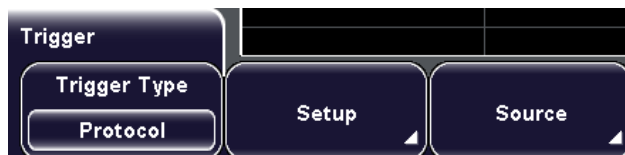


### 13.9.3.2 Параметры запуска ARINC 429

Доступ: TRIGGER SETUP > "Trigger Type" = "Protocol"



Синхронизация (запуск) доступна только при включенной функции "Decode".  
Убедитесь, что в качестве источника запуска установлена правильная шина:  
Trigger SETUP > "Trigger type" = "Protocol" > "Source",  
см. главу 13.1.6 "Источник запуска".



- Word
- Error
  - └ Parity
  - └ Gap Error
  - └ Coding Error
- Label
  - └ Symbolic ID
  - └ Compare
  - └ Edit Label Minimum/Edit Label Maximum
    - └ Bit
    - └ Byte
    - └ State
    - └ Value
- Label and Data
  - └ Label
  - └ Trigger Format
  - └ SSM
  - └ Data
    - └ Data Offset
    - └ Data Size
    - └ Compare
    - └ Edit Data Min/Edit Data Max
  - └ SDI
- Transmission
  - └ Symbolic ID
  - └ Label
  - └ Trigger Format
  - └ SDI

- └ Timing Setup
  - └ Compare
  - └ Min. Time
  - └ Max. Time

**Word** (слово)

Запуск по началу или концу слова.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:WORD:TYPE`

**Error** (ошибка)

Запуск по любой комбинации ошибок протокола. В подменю можно включить запуск по конкретному типу ошибки.

**Parity** (четность) ← **Error**

Проверка четности и запуск в случае четности.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:ERRor:PARity`

**Gap Error** (ошибка интервала) ← **Error**

Запуск по ошибке интервала. Интервал вычисляется автоматически по частоте дискретизации.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:ERRor:GAP`

**Coding Error** (ошибка кодирования) ← **Error**

Запуск по ошибке кодирования.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:ERRor:CODing`

**Label** (метка)

Открытие подменю для установки метки.

**Symbolic ID** (символьный идентификатор) ← **Label**

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

**Compare** (сравнение) ← **Label**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINC:LABel:CONDition`

**Edit Label Minimum** (правка мин. метки) / **Edit Label Maximum** (правка макс. метки) ← **Label**

Открытие подменю "Edit Minimum"/"Edit Maximum".

После установки условия сравнения "Compare" можно побитово ввести значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Или же можно ввести шестнадцатеричное значение.



Команды ДУ:

`TRIGger:A:ARINC:LABel:MAXimum`

`TRIGger:A:ARINC:LABel:MINimum`

**Bit** (бит) ← **Edit Label Minimum/Edit Label Maximum** ← **Label**

Выбор количества битов в шаблоне для побитового ввода. Для каждого выбранного бита введите его состояние "State".

**Byte** (байт) ← **Edit Label Minimum/Edit Label Maximum** ← **Label**

Выбор байта для ввода шаблона данных. Для каждого выбранного байта введите шестнадцатеричное значение или установите состояние "State" для каждого выбранного бита "Bit".

**State** (состояние) ← **Edit Label Minimum/Edit Label Maximum** ← **Label**

Переключение логического состояния выбранного бита: 0 (низкое), 1 (высокое) или X (безразличное).

**Value** (значение) ← **Edit Label Minimum/Edit Label Maximum** ← **Label**

Установка шестнадцатеричного значения для выбранного байта путем поворота ручки навигации.

**Label and Data** (метка и данные)

Открытие подменю для установки метки и данных.

**Label** (метка) ← **Label and Data**

Открытие подменю для конфигурирования метки.

См.: "Label" ранее.

**Trigger Format (формат запуска) ← Label and Data**

Выбор формата передачи данных, по которому производится запуск: "Data", "SSM+Data", "SSM+Data+SDI", "Data+SDI".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:FORMat`

**SSM ← Label and Data**

Установка значений для битов матрицы знаков/состояния (SSM).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:SSM`

**Data (данные) ← Label and Data**

Запуск по данным, которые указаны в подменю.

**Data Offset (смещение данных) ← Data ← Label and Data**

Установка смещения данных.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:DATA:OFFSet`

**Data Size (размер данных) ← Data ← Label and Data**

Установка размера данных.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:DATA:SIZE`

**Compare (сравнение) ← Data ← Label and Data**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:DATA:CONDition`

**Edit Data Min/Edit Data Max ← Data ← Label and Data**

После установки условия сравнения "Compare", можно побитово ввести значение путем установки высокого, низкого или безразличного состояния для каждого отдельного бита. Или же можно ввести шестнадцатеричное значение.

Эти функции аналогичны функциям в меню "Label", см: "Label" ранее.

Команды ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:DATA:MAXimum`

`TRIGger:A:ARINc:DATA:MINimum`

**SDI ← Label and Data**

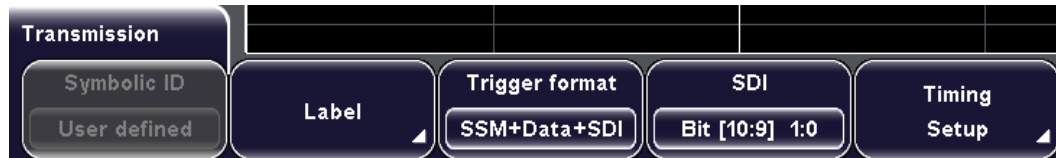
Установка значений для битов идентификатора источника/назначения (SDI).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINc:SDI`

**Transmission** (передача данных)

Открытие меню для установки параметров передачи данных.

**Symbolic ID** (символьный идентификатор) ← **Transmission**

Если список меток с названиями узлов был загружен и применен в данной конфигурации шины, то вместо ввода числового идентификатора можно просто выбрать символьный идентификатор из этого списка.

Прибор будет запускаться по идентификатору выбранного узла.

**Label** (метка) ← **Transmission**

Открытие подменю для конфигурирования метки.

См.: "Label" ранее.

**Trigger Format** (формат запуска) ← **Transmission**

Выбор формата передачи данных, по которому производится запуск: "Data", "SSM+Data", "SSM+Data+SDI", "Data+SDI".

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINC:FORMat`

**SDI** ← **Transmission**

Установка значений для битов идентификатора источника/назначения (SDI).

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINC:SDI`

**Timing Setup** (настройка выдержки времени) ← **Transmission**

Открытие подменю для установки интервала времени передачи по которому будет производиться запуск. Сведения о значениях времени передачи в реальном масштабе времени, которым должна удовлетворять система, см. в описании стандарта ARINC 429.

**Compare** (сравнение) ← **Timing Setup** ← **Transmission**

Установка условия сравнения декодированного значения с заданным диапазоном.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINC:TTime:CONDition`

**Min. Time** ← **Timing Setup** ← **Transmission**

Установка минимального значения диапазона времени передачи.

Команда ДУ:

`TRIGger:A:ARINC:TTime:MINimum`

**Max. Time ← Timing Setup ← Transmission**

Установка максимального значения диапазона времени передачи.

Команда ДУ:

TRIGger:A:ARINc:TTime:MAXimum

**13.9.4 Список меток ARINC 429**

Список меток зависит от конкретного протокола. Файл меток ARINC 429 содержит три значения для каждого идентификатора:

- "Arinc Label": значение метки Arinc 429, которая определяет тип данных и параметры с ним связанные.
- "Symbolic label": символьное имя метки, определяющее функцию устройства.
- "Word Format": необязательный параметр для описания состава слова ARINC 429. Он может быть как целым, так и мнемоническим значением.

**Определение формата слова**

0 или DATA	= <P><	Data	><Label>
1 или DATA_SDI	= <P><	Data	><SDI><Label>
2 или DATA_SSM	= <P><SSM><	Data	><Label>
3 или DATA_SDI_SSM	= <P><SSM><	Data	><SDI><Label>

>3 или SYSTEM\_DEFAULT или пусто = стандартный формат, заданный в осциллографе.

**Пример: РТТ-файл ARINC 429**

```
# -----
@FILE_VERSION = 1.0
@PROTOCOL_NAME = arinc429
# -----
# Метки для протокола ARINC
# Порядок столбцов: числовой адрес (метка), символьная метка, формат слова
# -----
# ----Определение----
@PROTOCOL_NAME = arinc429
101o, Distance to Go, 0
102o, Time to Go, DATA_SDI
103o, Engine Discrete, DATA_SSM
104o, Latitude, 3
105o, Ground Speed, 4
106o, Magnetic heading
# -----
```

```

Label list: ARINC 429 (Imported on: 2014-07-08; 15:31)
Symbolic label      Label  Decode format
Distance to Go     101o  Data
Engine Discrete    103o  SSM+Data
Ground Speed       105o  Unknown format
Latitude           104o  SSM+Data+SDI
Magnetic heading   106o  Unknown format
Time to Go         102o  Data+SDI

```

### 13.9.5 Результаты декодирования протокола ARINC 429

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также [главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"](#)

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, метку, SDI, SSM, данные и состояние кадра.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"](#)

**Таблица 13-8 – Содержимое таблицы кадров шины ARINC 429**

Столбец	Описание
Start time	Время начала слова относительно точки запуска
Stop time	Время окончания слова относительно точки запуска
Label name	Символьная метка, доступна при загруженном и примененном списке меток
Label	Значение байтов метки
SDI	Состояние битов SDI
SSM	Состояние битов SSM
Data	Значение байтов данных
State	Общее состояние кадра

Количество битов в столбце данных зависит от состояния SDI и/или SSM. Каждое из полей SDI и SSM содержит по 2 бита. Формат слова также учитывается при комбинированном отображении данных.

Bus Frame Table: B1 (ARINC 429: CH1, A Leg, 100000 Bit/s)

Frame	Start time	Label(oct)	Label name	SDI	Data	SSM	State
1	-7.655 ms	101	Distance t.		0x6AAAAA		OK
2	-7.280 ms	101	Distance t.		0x222222		OK
3	-6.900 ms	102	Time to Go	01	0x1D5555		OK
4	-6.510 ms	102	Time to Go	01	0x195555		OK
5	-6.100 ms	103	Engine Dis.		0x044445	01	OK
6	-5.650 ms	104	Latitude	10	0x012121	10	OK
7	-5.120 ms	105	Ground Spe.	11	0x193131		OK
8	-4.430 ms	106	Magnetic h.	01	0x112341		Parity
9	-1.635 ms	101	Distance t.		0x6AAAAA		OK
10	-1.260 ms	101	Distance t.		0x222222		OK
11	-879.987 µs	102	Time to Go	01	0x1D5555		OK
12	-489.958 µs	102	Time to Go	01	0x195555		OK
13	-79.936 µs	103	Engine Dis.		0x044445	01	OK
14	370.061 µs	104	Latitude	10	0x012121	10	OK
15	900.019 µs	105	Ground Spe.	11	0x193131		OK
16	1.590 ms	106	Magnetic h.	01	0x112341		Parity
17	4.385 ms	101	Distance t.		0x6AAAAA		OK
18	4.760 ms	101	Distance t.		0x222222		OK
19	5.140 ms	102	Time to Go	01	0x1D5555		OK
20	5.530 ms	102	Time to Go	01	0x195555		OK

Frames: 1–20 / 24; Label name: Distance to Go

Рисунок 13-27 – Символьные метки и декодированные данные в таблице результатов для протокола ARINC 429

синий = столбцы SDI, Data и SSM установлены согласно заданному формату слов  
 пурпурный = формат слова или SYSTEM\_DEFAULT не заданы. Используется настройка "Decode Format".

Distance Label: 101o		Data: 22 2222h		DATA
Time to Label: 102o	01	Data: 1D 5555h		DATA_SDI
Engine D. Label: 103o		Data: 04 4445h	01	DATA_SSM
Latitude Label: 104o	10	Data: 1 2121h	10	DATA_SDI_SSM

Команды ДУ:

- `BUS<b>:ARINC:DATA:FORMAt`
- `BUS<b>:ARINC:WCOunt?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:DATA?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:DATA[:VALue]?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:FORMAt?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:LABEl?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:LABEl[:VALue]?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:PARity?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:PATTern?`



- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:SDI?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:SSM?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:START?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:STOP?`
- `BUS<b>:ARINC:WORD<n>:STATUS?`

### 13.9.6 Поиск по декодированным данным шины ARINC 429

Используя функции поиска можно находить различные события в декодированных данных, т.е. такие же события, по которым можно производить запуск. Перед началом поиска необходимо правильно настроить шину и сбор декодированных данных.

Для поиска по декодированным данным используют тип поиска "Protocol" и выберите источник "Source" – шина, которая настроена для протокола ARINC 429.

См. также главу 12 "Функции поиска".

#### 13.9.6.1 Настройка поиска по шине ARINC 429



##### **Event** (событие)

Установка искомого события или комбинации событий. В зависимости от выбранного события в меню функциональной клавиши активируются соответствующие настройки.

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:ARINC:CONDITION`

##### **Word Start** (начало слова) / **Word Stop** (конец слова)

Поиск по началу или концу слова.

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:ARINC:WORD[:TYPE]`

##### **Error** (ошибка)

Выбор искомого типа ошибки.

Типы ошибок совпадают с описанными в настройке запуска шины ARINC 429 типами, см. подраздел "Error" ранее.

Команда ДУ:

`SEARCH:PROTOCOL:ARINC:ERROR`

##### **Label** (метка)

Открытие меню для установки искомой метки.

Параметры совпадают с описанными в настройке запуска по метке, см. подраздел "Label" ранее.

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:LABEL:CONDITION  
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:LABEL:MAXIMUM  
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:LABEL:MINIMUM
```

**Data format** (формат данных)

Выбор искомого формата данных.

Команда ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:FORMAT
```

**SDI**

Поиск битов идентификатора источника/назначения (SDI).

Команда ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:SDI
```

**Data** (данные)

Открытие меню для установки искомых данных.

Параметры совпадают с описанными в настройке запуска по метке, см. подраздел "Data" ранее.

Команды ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:DATA:CONDITION  
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:DATA:MAXIMUM  
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:DATA:MINIMUM  
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:DATA:OFFSET  
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:DATA:SIZE
```

**SSM**

Поиск битов матрицы знаков/состояния (SSM).

Команда ДУ:

```
SEARCH:PROTOCOL:ARINC:SSM
```

## 14 Анализ параметров электропитания (опция R&S RTM-K31)

С помощью прибора R&S RTM и опции R&S RTM-K31 возможно проведение измерений с выполнением анализа параметров электропитания.

Доступны следующие типы измерений:

- Качество электроэнергии
- Энергопотребление
- Гармоники тока
- Пусковой ток
- Пульсации на выходе
- Выходной спектр
- Переходная характеристика
- Скорость нарастания
- Модуляция
- Динамическое сопротивление во включенном состоянии
- Коэффициент полезного действия (КПД)
- Потери при переключении
- Время включения/выключения
- Область надежной работы (S.O.A.)

### 14.1 Регулировка пробников

#### 14.1.1 Компенсация фазового сдвига пробников

Для некоторых силовых измерений требуются токовые пробники и пробники напряжения. Чтобы получить правильные результаты, перед началом любого из этих измерений необходимо провести корректировку (компенсацию фазового сдвига) пробников. Меню настроек соответствующих измерений содержит функцию "Probe" для регулировки пробников.

Требуемое оборудование:

- Калибровочная плата R&S RT-ZF20
- Пробник напряжения компании Rohde & Schwarz
- Токовый пробник компании Rohde & Schwarz

1. Подключите пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.
2. Проверьте и отрегулируйте настройки для каждого пробника: клавиша CH N > "More" > "Probe".
3. Нажмите клавишу TOOLS.

4. Выберите функцию "Power Analysis".
5. Последовательно нажимайте кнопку "Analysis" до тех пор, пока не будет выбрано требуемое измерение.
6. Выберите правильные каналы для напряжения "Voltage" и тока "Current".
7. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.  
Подробное описание см. в руководстве к плате R&S RT-ZF20.
8. Нажмите функциональную клавишу "Probe".
9. Нажмите функциональную клавишу "Deskew".  
Процедура автоматической компенсации фазового сдвига выполнит выравнивание осциллограмм всех видимых каналов.

### 14.1.2 Настройки пробника для силовых измерений

Меню пробника доступно из главного меню "Power", если выключена функция "Analysis". Оно также доступно во многих меню силовых измерений.



#### **Deskew** (компенсация фазового сдвига)

Для компенсации фазового сдвига пробников используйте калибровочную плату R&S RT-ZF20.

Запустите автоматическую процедуру компенсации для выравнивания осциллограмм всех видимых каналов. Компенсацию фазового сдвига необходимо проводить, если в измерении используется токовый пробник и пробник напряжения.

Команда ДУ:

`POWer:DESKew[:EXECute]`

#### **Zero Offset** (смещение нуля)

Разница между уровнями земли в ИУ и в осциллографе может приводить к появлению больших погрешностей установки нуля, которые будут влиять на осциллограмму. Если ИУ заземлено, функция "Zero Offset" корректирует погрешность установки нуля пробника, позволяя оптимизировать результаты измерений при малых уровнях сигнала.

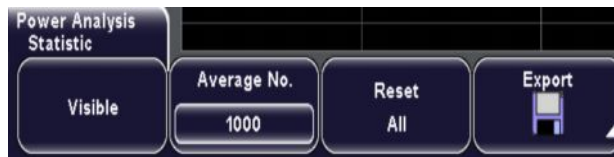
замкните сигнальный контакт с контактом заземления и соедините их с землей ИУ. Затем нажмите функциональную клавишу "Zero Offset".

Команда ДУ:

`POWer:ZOFFset[:EXECute]`

## 14.2 Настройки меню статистики

В меню статистических характеристик можно включить и настроить статистических измерений. Они доступны только для некоторых видов силовых измерений.

**Visible** (показать)

Включение или выключение статистического анализа измерения.

**Average No.** (количество усреднений)

Установка количества измеренных осциллограмм, используемых для расчета среднего значения и среднеквадратического отклонения. Максимальное значение параметра составляет 1000.

**Reset all** (сбросить все)

Удаление статистических результатов для текущего или всех измерений, соответственно, а также запуск нового статистического анализа если выполняется захват данных,

**Export** (экспорт)

Открытие меню "Export" для сохранения результатов измерения в файле формата CSV.

См.: [глава 17.2.1.3 "Общие настройки хранения"](#).

Команды ДУ:

```
EXPort:MEASurement<m>:STATistics:NAME
EXPort:MEASurement<m>:STATistics:SAVE
EXPort:MEASurement<m>:STATistics:ALL:NAME
EXPort:MEASurement<m>:STATistics:ALL:SAVE
```

## 14.3 Настройки таблицы результатов

В меню таблицы результатов можно установить параметры отображения и выполнить экспорт результатов в файл. Эти функции доступны только для некоторых видов силовых измерений.

**Result Table** (таблица результатов)

Отображение или скрытие таблицы результатов.

Команда ДУ:

```
POWer:RESult:TABLE
```

**Track Frame** (отслеживать кадр)

Определение вида синхронизации отображаемой осциллограммы и строк в таблице результатов.

"Off"                      Таблица результатов и осциллограмма несинхронизированы.

"Frame Index"            Осциллограмма привязана к результату, который выбран в таблице результатов. Выбранный результат показывается в центре экрана. При выборе другого результата автоматически будет выполнена подстройка осциллограммы.

"Hori. Position" Выбор результата в таблице результатов привязан к осциллограмме. Результат в центре экрана выбирается в таблице результатов. При изменении горизонтального положения осциллограммы автоматически будет выполнена подстройка выбора в таблице результатов.

**Export** (экспорт)

Открытие меню "Save" для сохранения результатов измерения.

См.: "Save Menu" в главе 17.2.1.3.

Результаты сохраняются в файл Excel.

**Restart** (перезапуск)

Перезапуск текущего измерения.

Команды ДУ:

`POWer:HARMonics:RESult<n>:RESet`

`POWer:SPEctrum:RESult<n>:RESet`

## 14.4 Отчет

При силовых измерениях формируются различные данные с результатами. Для документирования этих результатов измерений можно создавать отчеты в формате PDF с помощью средства для создания отчетов R&S Report tool.

R&S Report tool – это отдельная программа, которая устанавливается на компьютер. Для передачи результатов измерения на компьютер экспортируйте их из осциллографа R&S RTM на USB-носитель и скопируйте файл с результатами на компьютер.

В ПО R&S Report tool имеется несколько вариантов, позволяющих настроить отчет под свои нужды:

- выбрать включаемые в отчет результаты
- задать компоновку отчета: размер бумаги, шрифт, цвет снимков экрана и логотип
- задать элементы содержания, которые будут включены в отчет, например, титульная страница, данные о настройках, настройки измерения и другие.

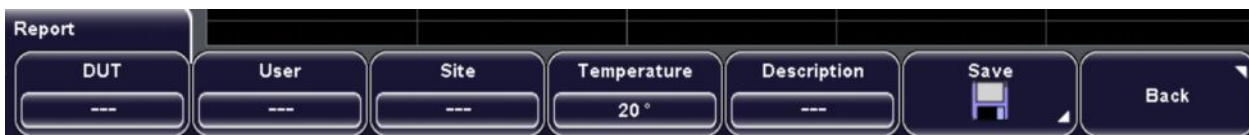
### 14.4.1 Экспорт данных в отчет

По завершении силовых измерений можно сохранить настройки измерений и их результаты в файл отчета. В ПО R&S Report tool сохраненные данные используются для создания отчета об измерениях.

#### 14.4.1.1 Настройки отчета

Меню отчета "Report" доступно из главного меню "Power" при выключенной функции анализа "Analysis". Меню также доступно во всех меню силовых измерений.

В меню "Report" можно ввести описание испытуемого устройства (ИУ, DUT) и условий испытания. Данная информация может использоваться на титульной странице отчета, сформированного по результатам измерений параметров электропитания "Power Analysis".

**Report** (отчет)

Открытие меню отчета Report для ввода ИУ и информации об испытании, а также для запуска экспорта результатов.

**DUT** (испытуемое устройство, ИУ)

Ввод имени ИУ пользователя.

Команда ДУ:

[POWer:REPort:DUT](#)

**User** (пользователь)

Ввод имени пользователя.

Команда ДУ:

[POWer:REPort:USER](#)

**Site** (местоположение)

Ввод местоположения.

Команда ДУ:

[POWer:REPort:SITE](#)

**Temperature** (температура)

Ввод температуры.

Команда ДУ:

[POWer:REPort:TEMPerature](#)

**Description** (описание)

Ввод описания.

Команда ДУ:

[POWer:REPort:DESCRiption](#)

**Save** (сохранить)

Открытие меню "Save", в котором устанавливаются параметры сохранения и сохраняется отчет на USB-носитель. Имя файла присваивается автоматически.

См.: "Save Menu" в главе 17.2.1.3.

Команда ДУ:

[POWer:REPort:OUTPut](#)

## 14.4.2 ПО R&S Report Tool

ПО R&S Report Tool – это Java-программа, которая позволяет создавать отчеты по результатам измерений параметров электропитания. Программа устанавливается на компьютер, а не на прибор.

### Предварительные требования:

- Установленная среда Java Runtime Environment версии 7.0

### Установка ПО R&S Report Tool

1. Загрузить файл RSReportCreator\_Setup.exe с сайта [www.rohde-schwarz.com/en/software/rtm2000/](http://www.rohde-schwarz.com/en/software/rtm2000/) .
2. На компьютере с установленной средой выполнения Java запустить RSReportCreator\_Setup.exe и следовать инструкциям по установке.

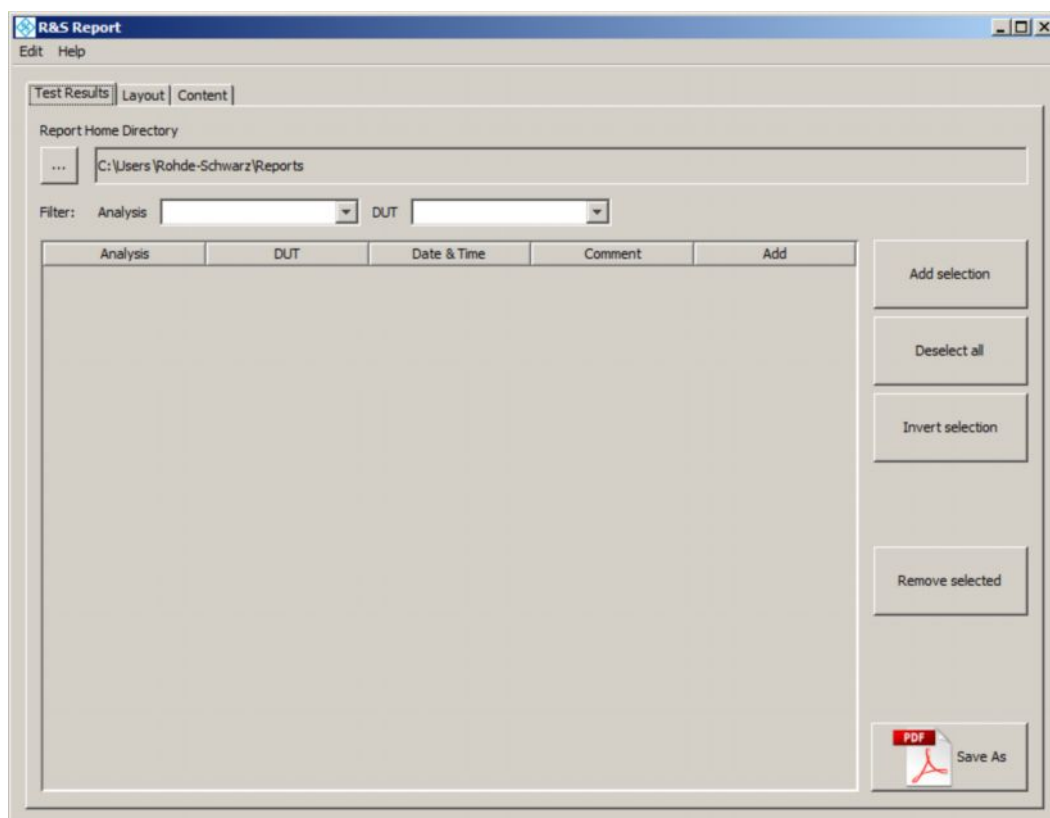
### Создание отчета

1. Выполнить измерения параметров электропитания на осциллографе и сохранить результат на USB-носитель.
2. Перенести результаты измерений с USB-носителя на компьютер.
3. На компьютере запустить программу R&S Report.
4. Задать домашний каталог "Report Home Directory" и добавить необходимые отчеты.
5. На вкладках "Layout" и "Contents" установить параметры согласно своим требованиям.
6. Для создания отчета нажать "Test Results > Save As" и выбрать имя и каталог, в котором будет храниться отчет.

### 14.4.2.1 Вкладка Test Results

На вкладке Test Results (результаты тестирования) можно управлять всеми сохраненными результатами измерений.



**Filter** (фильтр)

Включение фильтра по выбранному условию.

"Analysis" Показывать только результаты для выбранного вида анализа.

"DUT" Показывать только результаты для выбранного ИУ.

**Report Table** (таблица отчета)

Отображение списка доступных измерений.

"Analysis" Показывать тип измерения параметров электропитания.

"DUT" Показывать имя ИУ, см. [главу 14.4.1.1 "Настройки отчета"](#).

"Date & Time" Показывать дату и время добавления результата к отчету.

"Comment" Ввод комментария.

"Add" Добавление выбранного измерения к отчету

**Selection** (выбор)

Управление выбором отчетов о результатах.

**Add selection** (добавить выбор) ← **Selection**

Добавление выбранного измерения к отчету.

**Deselect all** (отменить выбор) ← **Selection**

Отменить выбор всех отчетов о результатах.

**Invert selection** (инверсия выбора) ← **Selection**

Инверсия выбора всех отчетов о результатах, то есть отмена выбора всех выбранных отчетов и наоборот.

**Remove selected** (удалить выбранное) ← **Selection**

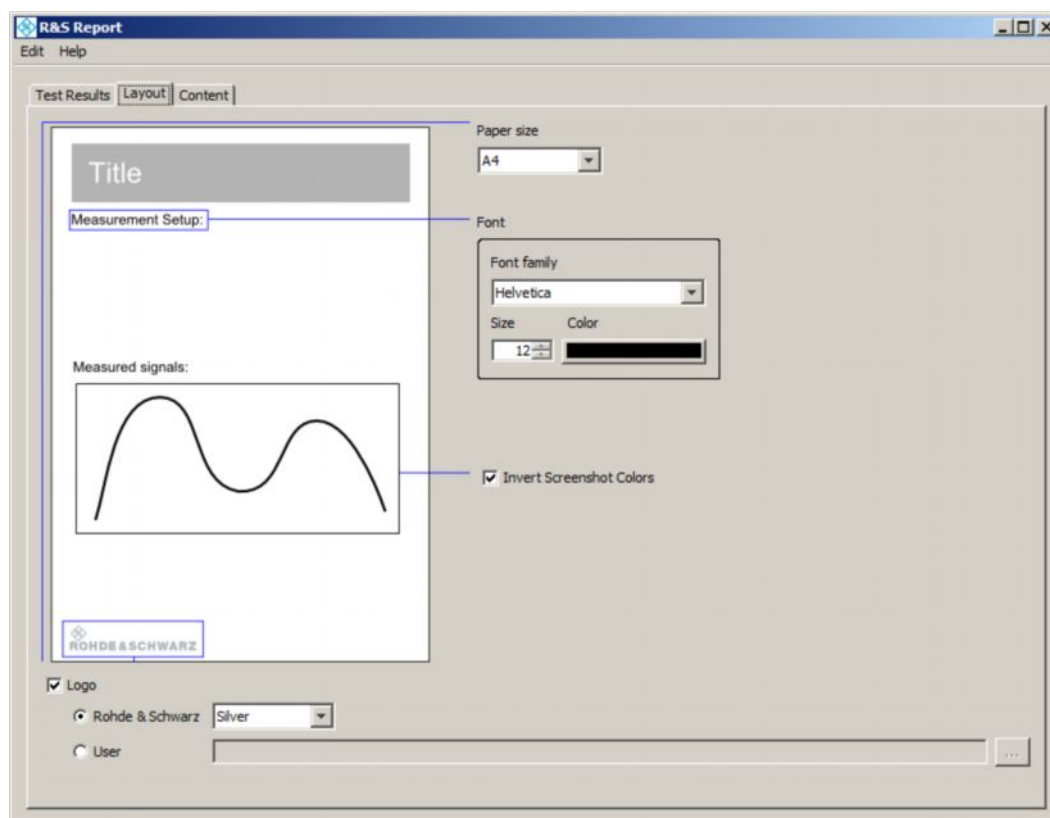
Удаление выбранных отчетов о результатах.

**Save As** (сохранить как)

Открытие диалогового окна выбора файла и сохранение данных в выбранный файл.

### 14.4.2.2 Вкладка Layout

На вкладке Layout (компоновка) можно настроить компоновку отчета.

**Paper size** (размер бумаги)

Выбор размера бумаги.

"A4"                      Выбор формата A4.

"US Letter"            Выбор формата US Letter.

**Font** (шрифт)

Установка шрифта для печати отчета.

**Font Family** (семейство шрифтов) ← **Font**

Выбор семейства шрифтов из списка.

**Size** (размер) ← **Font**

Установка размера шрифта.

**Color** (цвет) ← **Font**

Установка цвета шрифта.

**Invert Screenshot Colors** (инвертировать цвета снимка экрана)

Инверсия цвета снимка экрана.

**Logo** (логотип)

Добавление логотипа к отчету.

**Rohde & Schwarz** ← **Logo**

Добавление логотипа Rohde & Schwarz. В качестве отображаемого цвета можно выбрать серебряный "Silver" или светло-голубой "Cyan".

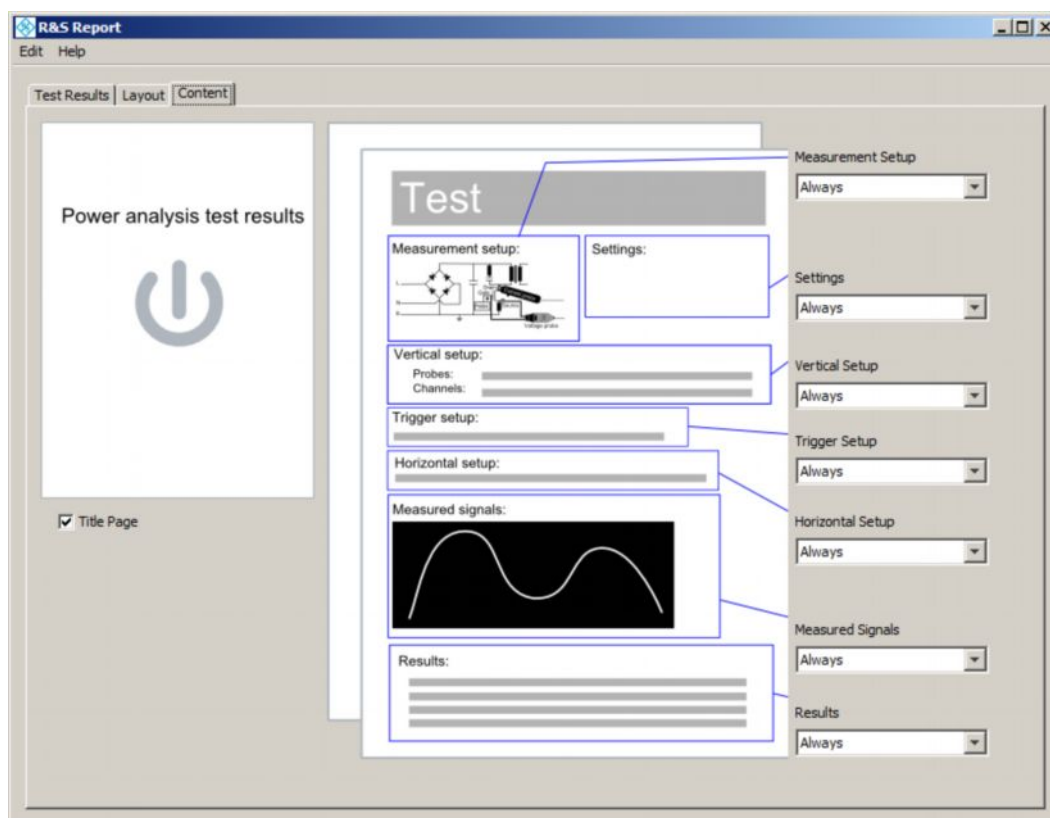
**User** (пользователь) ← **Logo**

Выбор пути к файлу логотипа пользователя.

#### 14.4.2.3 Вкладка Content

На вкладке Content (содержание) можно выбрать содержимое отчета. Для каждого содержимого можно выбрать частоту его включения в отчет:

- "Always": показывать соответствующее содержимое для каждого измерения.
- "Never": не показывать соответствующее содержимое в отчете.
- "Once": показывать соответствующее содержимое один раз в начале отчета.

**Title Page** (титульная страница)

Добавление титульной страницы в отчет.

Содержимое можно настроить в меню "Report", см. [главу 14.4.1.1 "Настройки отчета"](#).

**Measurement Setup** (измерительная установка)

Добавление графического изображения измерительной установки.

**Settings** (настройки)

Добавление настроек анализа.

**Vertical Setup** (вертикальные настройки)

Добавление вертикальных настроек.

**Trigger Setup** (настройки запуска)

Добавление настроек запуска.

**Horizontal Setup** (горизонтальные настройки)

Добавление горизонтальных настроек.

**Measured signals** (измеряемые сигналы)

Добавление диаграммы измеряемого сигнала.

**Results** (результаты)

Добавление окна результатов.

## 14.5 Измерение входных параметров электропитания

Анализ входной линии электропитания используется для измерения входных характеристик электропитания, а также для анализа влияния источника питания на входную линию питания.

- [Качество электроэнергии](#)
- [Энергопотребление](#)
- [Гармоники тока](#)
- [Пусковой ток](#)

### 14.5.1 Качество электроэнергии

Для анализа качества электропитания (качества электроэнергии) выполняются измерения входного напряжения, входного тока и результирующей мощности. Результаты характеризуют качество входной линии питания переменного тока.

#### 14.5.1.1 Результаты измерения качества электроэнергии

Результатами измерения качества электроэнергии "Quality" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- осциллограмма мощности, которая является произведением осциллограмм тока и напряжения
- числовые результаты измерения

Кроме того, для каждого результата измерений можно включить статистический анализ получаемых результатов. Возвращается текущее, минимальное и максимальное значения результатов, среднее значение и среднеквадратическое отклонение, а также количество измерительных осциллограмм.

#### Результаты измерения напряжения и тока

Результаты измерения напряжения и тока определяются следующим образом:

Результат	Описание
RMS	Среднеквадратическое значение тока или напряжения, усредненное по N периодам
Crest, crest factor	Пиковое значение / СКЗ (= коэффициент амплитуды или пик-фактор)
f, frequency	Частота сигнала

Команды ДУ:

- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:RMS[:ACTual]?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:RMS:AVG?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:RMS:NPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:RMS:PPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:RMS:STDDev?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:RMS:WFMCOUNT?`

## Измерение входных параметров электропитания

Команды ДУ, коэффициент амплитуды (пик-фактор):

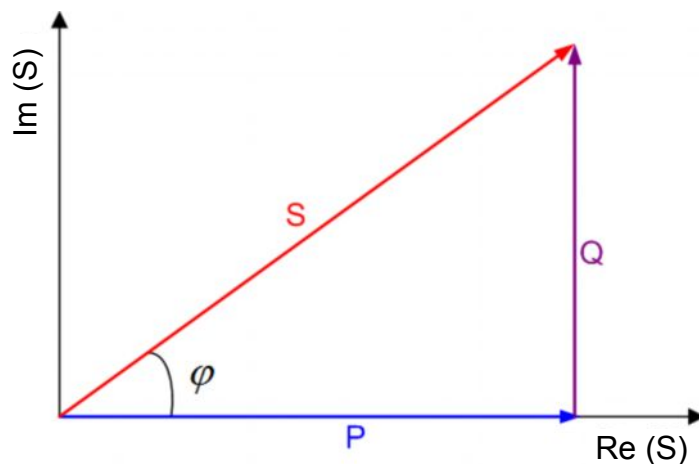
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:CREStfactor[:ACTual]?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:CREStfactor:AVG?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:CREStfactor:NPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:CREStfactor:PPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:CREStfactor:STDDev?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:CREStfactor:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, частота:

- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:FREQuency[:ACTual]?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:FREQuency:AVG?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:FREQuency:NPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:FREQuency:PPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:FREQuency:STDDev?`
- `POWer:QUALity:RESult:CURRent:FREQuency:WFMCOUNT?`

### Результаты измерения мощности

Мощность в системе описывается несколькими физическими величинами: полезная мощность, реактивная мощность, полная мощность и угол сдвига фазы. На [рисунке 14-1](#) показано соотношение этих величин в случае синусоидальных токов и напряжений.  $\|S\|$  – значение нормы вектора  $S$ .



**Рисунок 14-1 – Диаграмма мощности для синусоидальных сигналов**

$P$  = полезная мощность [W, Вт]

$Q$  = реактивная мощность [VAR, ВАР]

$\|S\|$  = полная мощность [VA, ВА]

$\varphi$  = угол сдвига фазы между синусоидами напряжения и тока [°]

Результаты измерения мощности определяются следующим образом (см. [рисунок 14-1](#)):

## Измерение входных параметров электропитания

Результат	Название, единицы измерения	Формула	Описание
Apparent	Полная мощность $  S  $ (VA, ВА)	$  S   = V_{RMS} \cdot I_{RMS}$ (усреднение по N периодам)	$ S $ – это модуль векторной суммы полезной и реактивной мощностей.
Active	Полезная мощность P (W, Вт)	$P = V_{INSTANTENEOUS} \cdot I_{INSTANTENEOUS}$ (усреднение по N периодам)	Энергия системы, которая может быть использована для выполнения работы.
Reactive	Реактивная мощность Q (VAR, ВАР (вольт-ампер реактивный))	$Q =   S   \sin\phi$	Поток мощности, который временно хранится в системе вследствие наличия индуктивных и емкостных компонентов.
Factor	Коэффициент мощности $P_{Factor}$	$P_{Factor} =   P   /   S  $	Мера КПД системы. Значение находится в диапазоне от -1 до 1.
Angle	Фаза, $\phi$ (°)	$\phi = \arccos(P_{Factor})$	Угол сдвига фазы между синусоидами напряжения и тока.

Команды ДУ, полная мощность:

- `POWER:QUALity:RESult:POWER:APParent[:ACTual]?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:APParent:AVG?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:APParent:NPEak?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:APParent:PPEak?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:APParent:STDDev?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:APParent:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, полезная мощность (активная):

- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower[:ACTual]?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:AVG?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:NPEak?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:PPEak?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:STDDev?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, реактивная мощность:

- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REACTive[:ACTual]?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:AVG?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:NPEak?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:PPEak?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:STDDev?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:REALpower:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, коэффициент мощности:

- `POWER:QUALity:RESult:POWER:PFACTOR[:ACTual]?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:PFACTOR:AVG?`
- `POWER:QUALity:RESult:POWER:PFACTOR:NPEak?`

## Измерение входных параметров электропитания

- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PFACTOR:PPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PFACTOR:STDDev?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PFACTOR:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, фаза:

- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PHASE[:ACTual]?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PHASE:AVG?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PHASE:NPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PHASE:PPEak?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PHASE:STDDev?`
- `POWer:QUALity:RESult:POWer:PHASE:WFMCOUNT?`

#### 14.5.1.2 Конфигурирование измерения качества электроэнергии

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.5.1.3 "Настройки измерения качества электроэнергии".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Quality".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения с фазовым входом питания переменного тока.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с нейтральным входом питания переменного тока. Убедитесь, что используется общее заземление.
  - Подключите токовый пробник в направлении протекания тока к фазовому входу питания переменного тока.
10. Выберите соответствующие каналы для источников тока "Current" и напряжения "Voltage".
11. Чтобы включить статистический анализ результатов измерений, выберите пункт "Statistic" > "Visible".



## Измерение входных параметров электропитания

12. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и мощности. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к главе 14.5.1.1 "Результаты измерения качества электроэнергии".

## 14.5.1.3 Настройки измерения качества электроэнергии

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis =Quality".

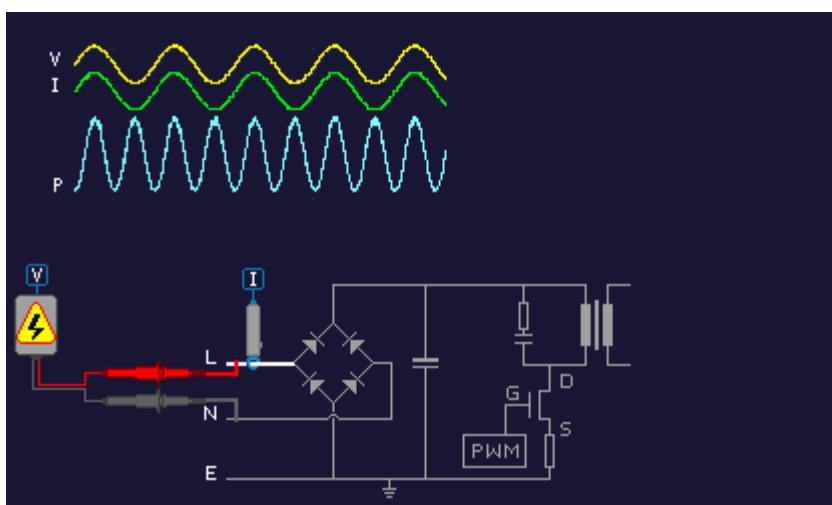
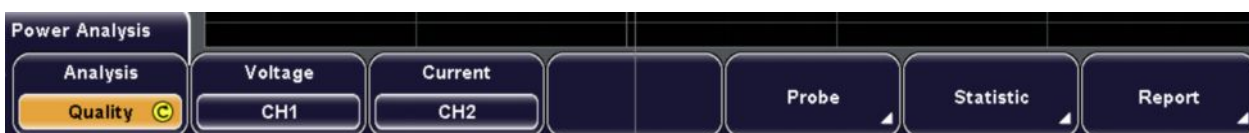


Рисунок 14-2 – Схема для проведения анализа качества электроэнергии

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений".

Для получения статистических результатов параметров качества электропитания, выберите пункт "Statistic" > "Visible". См. главу 14.2 "Настройки меню статистики".

**Voltage** (напряжение)

Установка канала для входа источника напряжения. Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.

Команда ДУ:

POWer:SOURce:VOLTage<n>

## Измерение входных параметров электропитания

**Current** (ток)

Установка канала для источника тока. Подключите токовый пробник в направлении протекания тока.

Команда ДУ:

`POWer:SOURce:CURRent<n>`

## 14.5.2 Энергопотребление

Для анализа энергопотребления выполняются измерения входного напряжения, входного тока и результирующей мощности. Используя эти значения, производится расчет энергии, потребляемой за период времени. Анализ энергопотребления наилучшим образом подходит для неперiodических измерений, например, для измерения энергопотребления устройства в дежурном режиме.

### 14.5.2.1 Результаты измерения энергопотребления

Результатами измерения энергопотребления "Consumption" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- осциллограмма мощности, которая является произведением осциллограмм тока и напряжения
- числовые результаты измерения

Результаты измерения энергопотребления определяются следующим образом:

Результат	Описание
Duration	Продолжительность измерения в секундах
Energy	Рассчитанное значение энергии
Active, real power	Энергия системы, которая может использоваться для выполнения работы

Команды ДУ:

- `POWer:CONSumption:RESult:DURation?`
- `POWer:CONSumption:RESult:ENERgy?`
- `POWer:CONSumption:RESult:REALpower?`

### 14.5.2.2 Конфигурирование измерения энергопотребления

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.5.2.3 "Настройка измерения энергопотребления".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Consumption".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.

## Измерение входных параметров электропитания

4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения с фазовым входом питания переменного тока.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с нейтральным входом питания переменного тока. Убедитесь, что используется общее заземление.
  - Подключите токовый пробник в направлении протекания тока к фазовому входу питания переменного тока.
10. Выберите соответствующие каналы для источников тока "Current" и напряжения "Voltage".
11. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.
12. Чтобы включить статистический анализ результатов измерений, выберите пункт "Statistic" > "Visible".

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и мощности. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.5.1.1 "Результаты измерения качества электроэнергии"](#).

### 14.5.2.3 Настройки измерения энергопотребления

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Consumption"

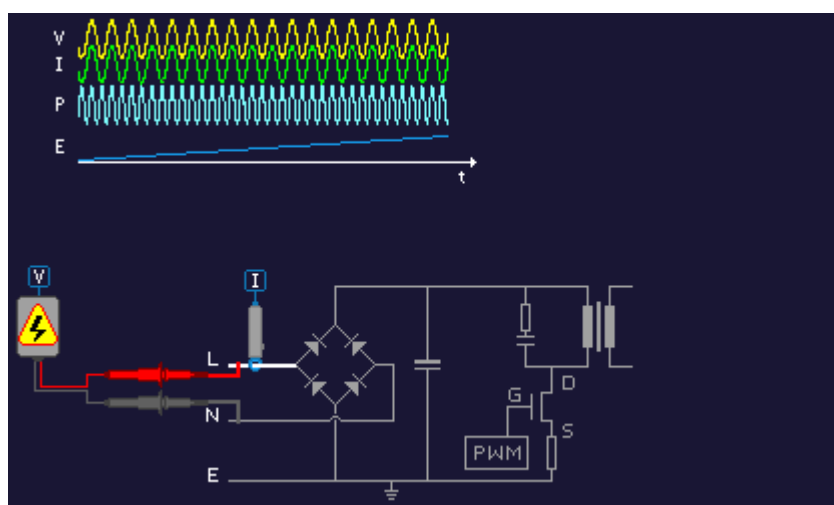
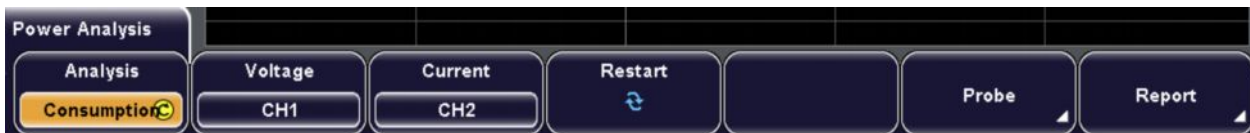


Рисунок 14-3 – Схема для проведения анализа энергопотребления

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Настройки источников тока и напряжения совпадают с настройками при анализе качества электропитания, см. подразделы "Voltage" и "Current" в главе 14.5.1.3.

#### **Restart** (перезапуск)

Перезапуск измерения электропотребления.

Команда ДУ:

`POWER:CONSUMPTION:RESTART`

### 14.5.3 Гармоники тока

Для анализа гармоник тока выполняются измерения амплитуд частотных составляющих, которые могут попасть обратно в линии питания переменного тока. В связи с этим проводится БПФ-анализ с использованием окна с плоской вершиной.

Функция анализа гармоник тока позволяет проводить предварительные испытания на соответствие стандартам EN 61000-3-2 A / B / C / D.

#### 14.5.3.1 Результаты измерения гармоник тока

Результатами измерения гармоник тока "Harmonics" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- числовые результаты измерения
- гистограмма, на которой показаны измеренные значения амплитуд гармоник относительно значений, заданных в стандарте

*Таблица 14-1 – Результаты измерения гармоник тока*

Таблица результатов	Описание
Order	Порядок гармоники
Frequency	Значение частоты сигнала
Level	Уровень гармоники
Minimum	Минимальное измеренное значение
Maximum	Максимальное измеренное значение
Average	Средний уровень гармоники

## Измерение входных параметров электропитания

Таблица результатов	Описание
Limit bar chart	Значение, заданное в стандарте (белый столбец) и измеренное значение гармоники (зеленый столбец: значение в пределах, допускаемых стандартом; красный столбец: значение выходит за пределы, допускаемые стандартом)
Limit	Максимально допустимое значение для данной гармоники

Команды ДУ:

- `POWer:HARMonics:AVailable?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:DURation?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:FREQuency:AVG?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:FREQuency:NPEak?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:FREQuency:PPEak?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:FREQuency:STDDev?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:FREQuency[:ACTual]?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:REALpower[:ACTual]?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:THDistortion:AVG?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:THDistortion:NPEak?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:THDistortion:PPEak?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:THDistortion:STDDev?`
- `POWer:HARMonics:MEASurement:THDistortion[:ACTual]?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:FREQuency?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:LEVel:LIMit?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:LEVel[:VALue]?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:MAXimum?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:MINimum?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:MEAN?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:VALid?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:VCOunt?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:WFMCCount?`
- `POWer:HARMonics:RESult<n>:RESet`
- `EXPort:POWer:NAME`
- `EXPort:POWer:SAVE`

#### 14.5.3.2 Конфигурирование измерения гармоник тока

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к [главе 14.5.3.3 "Настройки измерения гармоник тока"](#).

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Harmonics".

## Измерение входных параметров электропитания

3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения с фазовым входом питания переменного тока.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с нейтральным входом питания переменного тока. Убедитесь, что используется общее заземление.
  - Подключите токовый пробник в направлении протекания тока к фазовому входу питания переменного тока.
6. Выберите соответствующие каналы для источников тока "Current" и напряжения "Voltage".
7. Выберите "Standard".
8. Выберите "Fundamental".
9. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.
10. При необходимости измените параметры "Span" и "Points" для выполнения БПФ-анализа. Будет автоматически установлено окно с плоской вершиной.
  - а) Нажмите FFT.
  - б) Нажмите "FFT Setup", чтобы открыть подменю.
  - в) Установите параметр "Span", чтобы настроить ширину отображаемого диапазона частот.
  - г) Установите параметр "Points", чтобы задать количество отсчетов, используемых для вычисления БПФ.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и мощности. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.5.3.1 "Результаты измерения гармоник тока"](#).

### 14.5.3.3 Настройки измерения гармоник тока

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Harmonics"

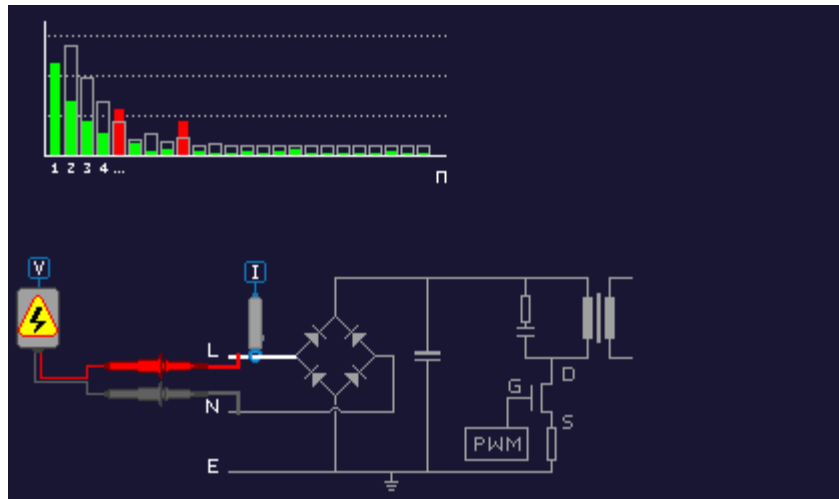
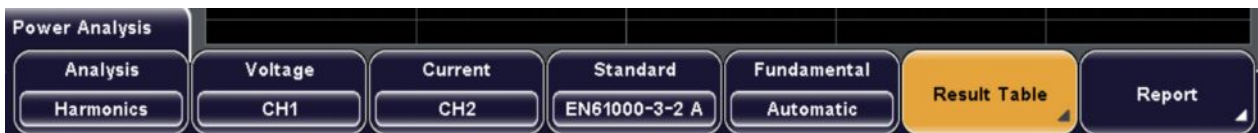


Рисунок 14-4 – Схема для проведения анализа гармоник

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Для просмотра таблицы результатов с параметрами гармоник тока выберите пункт "Result Table" > "Result Table". См. [главу 14.3 "Настройки таблицы результатов"](#).

Настройки источников тока и напряжения совпадают с настройками при анализе качества электропитания, см. подразделы "Voltage" и "Current" в [главе 14.5.1.3](#).

#### Standard (стандарт)

Выбор стандарта для предварительных испытаний на соответствие.

"EN 61000-3-2 Class A" Оборудование с балансировкой нагрузки между тремя фазами, бытовые электроприборы (исключая оборудование класса D), электрические инструменты (исключая переносные), регуляторы силы света для ламп накаливания, звуковое оборудование

#### "EN 61000-3-2 Class B"

Переносные электрические инструменты, непрофессиональное оборудование для дуговой сварки

#### "EN 61000-3-2 Class C"

Осветительное оборудование

#### "EN 61000-3-2 Class D"

ПК, мониторы ПК, радио- или ТВ-приемники, входная мощность которых не превышает или равна 600 Вт

## Измерение входных параметров электропитания

"MIL-STD-1399"

Военное судовое пользовательское оборудование

"RTCA DO-160"

Климатические испытания авиационного радиоэлектронного оборудования

Команда ДУ:

`POWer:HARMonics:STANdard`

**Fundamental** (основная гармоника)

Выбор частоты входного сигнала. Если установлено значение "Automatic", в приборе осуществляется анализ сигнала и устанавливается соответствующая частота основной гармоника.

Команды ДУ:

`POWer:HARMonics:ENFRequency`

`POWer:HARMonics:MIFRequency`

`POWer:HARMonics:DOFRequency`

**Result Table** (таблица результатов)

Открытие меню таблицы результатов, в котором можно установить настройки отображения и выполнить экспорт результатов в файл.

#### 14.5.4 Пусковой ток

Для анализа пускового тока выполняются измерения пиковых значений входного тока, который потребляется устройством при его включении.

##### 14.5.4.1 Результаты измерения пускового тока

Результатами измерения пускового тока "Inrush Current" являются:

- осциллограмма тока
- числовые результаты измерения:
  - "Peak1": пусковой ток (максимальный ток) для строба
  - "|y(x)\*x|": область строба

Команды ДУ:

• `POWer:INRushcurrent:RESult<n>:AREA?`

• `POWer:INRushcurrent:RESult<n>:MAXCurrent?`

##### 14.5.4.2 Конфигурирование измерения пускового тока

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.5.4.3 "Настройки измерения пускового тока".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Inrush Current".
3. Подключите токовый пробник к осциллографу.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.



## Измерение входных параметров электропитания

5. Подключите токовый пробник в направлении протекания тока к фазовому входу питания переменного тока ИУ.
6. Выберите соответствующий канал для источников тока "Current".
7. Установите количество стробов "Gate Count".
8. При необходимости ручной настройки курсоров:
  - а) Нажимайте поворотную ручку NAVIGATION до тех пор, пока не будет выбран соответствующий курсор.
  - б) Поворачивайте поворотную ручку NAVIGATION, чтобы изменить положение курсора.

На экране отобразится измерительная осциллограмма тока. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.5.4.1 "Результаты измерения пускового тока"](#).

## 14.5.4.3 Настройки измерения пускового тока

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Inrush Current".

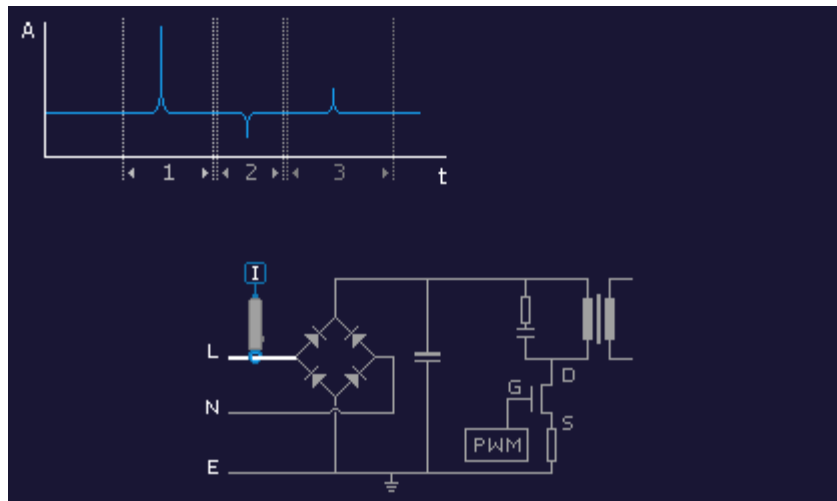
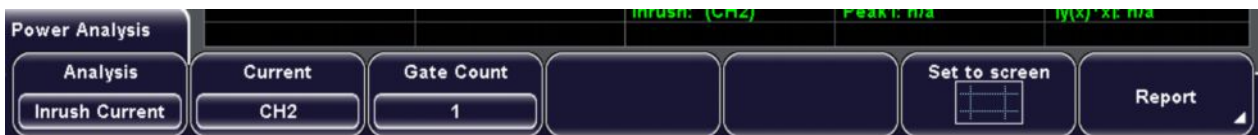


Рисунок 14-5 – Схема для проведения анализа пускового тока

Необходимые пробники:

- Токовый пробник

**Current** (ток)

Установка канала для источника тока. Подключите токовый пробник в направлении протекания тока.

## Измерение выходных параметров электропитания

**Gate Count** (количество стробов)

Установка до трех стробов.

Команды ДУ:

```
POWer:INRushcurrent:GCOunt
POWer:INRushcurrent:GATE<n>:START
POWer:INRushcurrent:GATE<n>:STOP
```

**Set to Screen** (установка на экран)

Установка курсоров на их начальные позиции. Функция полезна при исчезновении курсоров с экрана или при необходимости их перемещения на большие расстояния.

## 14.6 Измерение выходных параметров электропитания

Анализ выходных параметров используется для измерения характеристик выходного напряжения электропитания

- [Пульсации на выходе](#)
- [Выходной спектр](#)
- [Переходная характеристика](#)

### 14.6.1 Пульсации на выходе

Для анализа пульсаций "Ripple" выполняются измерения уровня пульсаций на выходе устройства. В этом измерении интерес представляют экстремумы размаха выходного сигнала постоянного тока. В измерение также входит определение СКЗ переменной составляющей выходного сигнала постоянного тока, которое рассчитывается как СКО.

#### 14.6.1.1 Результаты измерения пульсаций

Результатами измерения пульсаций "Ripple" являются:

- осциллограмма напряжения
- числовые результаты измерения

Кроме того, для каждого результата измерений можно включить статистический анализ получаемых результатов. Возвращается текущее, минимальное и максимальное значения результатов, среднее значение и среднеквадратическое отклонение, а также количество измерительных осциллограмм.

Числовые результаты измерения определяются следующим образом:

Таблица 14-2 – Параметры пульсаций на выходе

Тип измерения	Обозначение	Описание/результат
Peak +	V <sub>p+</sub>	Максимальное значение на отображаемом участке осциллограммы.
Peak -	V <sub>p-</sub>	Минимальное значение на отображаемом участке осциллограммы.
Peak peak	V <sub>pp</sub>	Значение размаха осциллограммы: разность максимального и минимального значений. $X_{Ampl} = X_{Max} - X_{Min}$

## Измерение выходных параметров электропитания

Тип измерения	Обозначение	Описание/результат
Mean	<i>Mean</i>	Среднее значение полностью отображаемой осциллограммы.
$\sigma$	$\sigma$	Среднеквадратическое отклонение отсчетов осциллограммы.
Period	<i>T</i>	Длительность самого левого периода сигнала на отображаемом участке осциллограммы.
Frequency	<i>f</i>	Частота сигнала. Результат опирается на значение длительности самого левого периода сигнала на отображаемом участке осциллограммы.
Pos. duty cycle	<i>Dty+</i>	Положительный коэффициент заполнения: значение ширины положительного импульса, выраженное в % по отношению к периоду. Для измерения требуется, по меньшей мере, один полный период синхронизированного сигнала.
Neg. duty cycle	<i>Dty-</i>	Отрицательный коэффициент заполнения: значение ширины отрицательного импульса, выраженное в % по отношению к периоду. Для измерения требуется, по меньшей мере, один полный период синхронизированного сигнала.

Команды ДУ, пик+ :

- `POWer:RIPPlE:RESult:UPEak[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:UPEak:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:UPEak:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:UPEak:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:UPEak:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:UPEak:WFMCCount?`

Команды ДУ, пик - :

- `POWer:RIPPlE:RESult:LPEak[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:LPEak:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:LPEak:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:LPEak:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:LPEak:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:LPEak:WFMCCount?`

Команды ДУ, пик-пик:

- `POWer:RIPPlE:RESult:PEAK[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PEAK:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PEAK:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PEAK:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PEAK:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PEAK:WFMCCount?`

Команды ДУ, среднее значение:

- `POWer:RIPPlE:RESult:MEAN[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:MEAN:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:MEAN:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:MEAN:PPEak?`

## Измерение выходных параметров электропитания

- `POWer:RIPPlE:RESult:MEAN:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:MEAN:WFMCCount?`

## Команды ДУ, СКО:

- `POWer:RIPPlE:RESult:STDDev[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:STDDev:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:STDDev:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:STDDev:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:STDDev:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:STDDev:WFMCCount?`

## Команды ДУ, частота:

- `POWer:RIPPlE:RESult:FREQuency[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:FREQuency:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:FREQuency:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:FREQuency:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:FREQuency:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:FREQuency:WFMCCount?`

## Команды ДУ, период:

- `POWer:RIPPlE:RESult:PERiod[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PERiod:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PERiod:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PERiod:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PERiod:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PERiod:WFMCCount?`

## Команды ДУ, положительный коэффициент заполнения:

- `POWer:RIPPlE:RESult:PDCYcle[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PDCYcle:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PDCYcle:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PDCYcle:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PDCYcle:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:PDCYcle:WFMCCount?`

## Команды ДУ, отрицательный коэффициент заполнения:

- `POWer:RIPPlE:RESult:NDCYcle[:ACTual]?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:NDCYcle:AVG?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:NDCYcle:NPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:NDCYcle:PPEak?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:NDCYcle:STDDev?`
- `POWer:RIPPlE:RESult:NDCYcle:WFMCCount?`

### 14.6.1.2 Конфигурирование измерений уровня пульсаций

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к [главе 14.6.1.3 "Настройки измерения уровня пульсаций"](#).

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Ripple".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Подключите пробник напряжения к выходному каскаду ИУ.
  - Подключите токовый пробник в направлении протекания тока к выходному каскаду ИУ.
10. Выберите соответствующий канал для источника "Source".
11. Чтобы включить статистический анализ результатов измерений, выберите пункт "Statistic" > "Visible".
12. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока и напряжения. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.6.1.1 "Результаты измерения пульсаций"](#).

### 14.6.1.3 Настройки измерения уровня пульсаций

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Ripple"

## Измерение выходных параметров электропитания

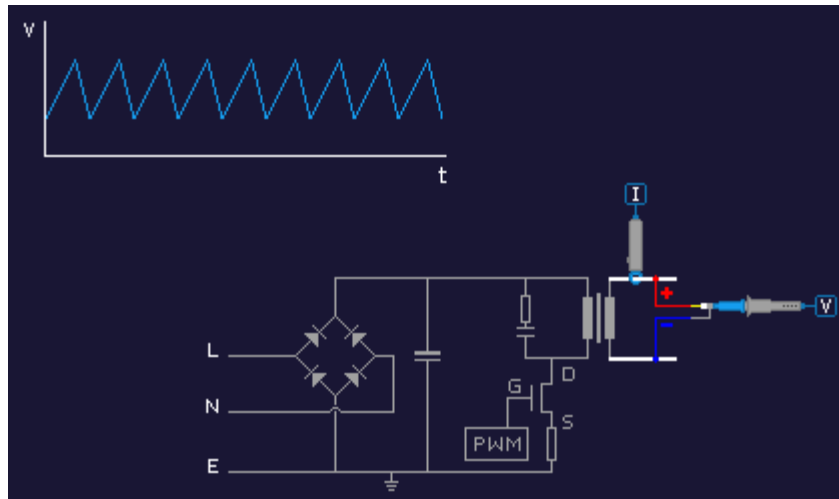


Рисунок 14-6 – Схема для проведения анализа уровня пульсаций

Необходимые пробники:

- Пробник напряжения
- (опция) Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Для получения статистических результатов параметров качества электропитания, выберите пункт "Statistic" > "Visible". См. [главу 14.2 "Настройки меню статистики"](#).

#### Source (источник)

Установка канала для входа источника. Это может быть как источник тока, так и источник напряжения.

## 14.6.2 Выходной спектр

Для анализа спектра выполняется измерение спектра выходного напряжения. Результаты могут применяться для выявления типовых проблем побочного воздействия в импульсных источниках питания (SMPS), например составляющих частоты коммутации внутренней схемы SMPS.

### 14.6.2.1 Результаты измерения спектра

Результатами измерения спектра "Spectrum" являются:

- осциллограмма напряжения
- спектр
- числовые результаты измерения

## Измерение выходных параметров электропитания

Подробное описание числовых параметров см. в [таблица 14-1](#).

Команды ДУ:

- `POWer:SPECtrum:RESult<n>:FREQuency?`
- `POWer:SPECtrum:RESult<n>:LEVel[:VALue]?`
- `POWer:SPECtrum:RESult<n>:MAXimum?`
- `POWer:SPECtrum:RESult<n>:MEAN?`
- `POWer:SPECtrum:RESult<n>:MINimum?`
- `POWer:SPECtrum:RESult<n>:RESet`
- `EXPort:POWer:NAME`
- `EXPort:POWer:SAVE`

#### 14.6.2.2 Конфигурирование измерения спектра

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к [главе 14.6.2.3 "Настройки измерения спектра"](#).

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Spectrum".
3. Подключите пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу. Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. При необходимости выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Подключите пробники к ИУ:
  - Подключите пробник напряжения к выходному каскаду ИУ.
  - Подключите токовый пробник в направлении протекания тока к выходному каскаду ИУ.
6. Выберите соответствующие каналы для источников тока "Current" и напряжения "Voltage".
7. Выберите "Fundamental".
8. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.
9. При необходимости измените полосу обзора "Span" и число точек "Points":
  - а) Нажать FFT.
  - б) Нажать "FFT Setup" для открытия подменю настройки.
  - в) Установить полосу обзора "Span", чтобы отрегулировать ширину отображаемого диапазона частот.
  - г) Установить количество точек "Points", чтобы задать количество отсчетов, используемых для вычисления БПФ.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и спектра. Кроме того, в таблице результатов будут показаны числовые результаты измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.6.2.1 "Результаты измерения спектра"](#).

### 14.6.2.3 Настройки измерения спектра

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Spectrum"

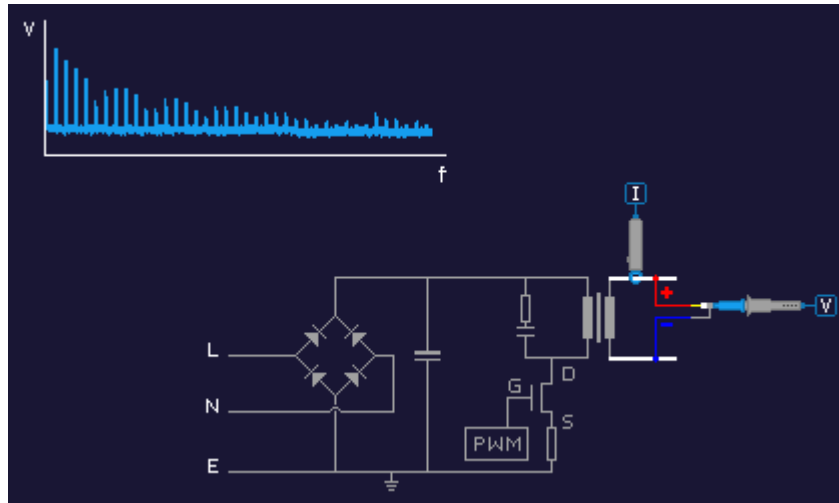


Рисунок 14-7 – Схема для проведения спектрального анализа

Необходимые пробники:

- Пробник напряжения
- Токовый пробник



Для просмотра таблицы результатов с параметрами спектра, выберите пункт "Result Table" > "Result Table". См. главу 14.3 "Настройки таблицы результатов".

**Source** (источник)

Установка канала для входа источника. Это может быть как источник тока, так и источник напряжения.

**Fundamental** (основная гармоника)

Установка частоты переключения устройства.

Команда ДУ:

`POWer:SPECTrum:FREQuency`

### 14.6.3 Переходная характеристика

Для анализа переходной характеристики выполняются измерения отклика системы на отклонение от устойчивого состояния. Этот отклик характеризуется различными параметрами, такими как уровень выбросов, время установления, время максимума и время задержки.



### 14.6.3.1 Результаты измерения переходной характеристики

Результатами измерения переходной характеристики "Transient Response" являются:

- осциллограмма напряжения
- числовые результаты измерения

Результаты измерения переходной характеристики определяются следующим образом:

Таблица 14-3 – Переходная характеристика

Результат	Обозначение	Описание
Rise time	tr	Время, затрачиваемое на изменение уровня сигнала с 10 % до 90 % от заданного значения высокого состояния сигнала.
Overshoot level	Ovr	Максимальное превышение уровнем сигнала заданного значения высокого состояния
Settling time	Sett.	Временной интервал между курсором 1 и курсором 2.
Peak time	tPeak	Время, затрачиваемое на достижение откликом системы первого максимума выброса.
Peak	Peak	Пиковое значение сигнала
Delay time	Delay	Время, затрачиваемое на достижение откликом системы уровня, равного половине заданного значения высокого состояния сигнала, после возникновения события запуска.

Команды ДУ:

- `POWer:TRANSient:RESult:DELAy?`
- `POWer:TRANSient:RESult:OVERshoot?`
- `POWer:TRANSient:RESult:PEAK:TIME?`
- `POWer:TRANSient:RESult:PEAK:VALue?`
- `POWer:TRANSient:RESult:RTIME?`
- `POWer:TRANSient:RESult:SETTlingtime?`

### 14.6.3.2 Конфигурирование измерения переходной характеристики

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.6.3.3 "Настройки измерения переходной характеристики".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Transient Response".
3. Подключите пробник напряжения к осциллографу.
4. Подключите пробник напряжения к выходному каскаду ИУ.
5. Выберите соответствующий канал для источника "Source".
6. Установите верхний уровень "Top Level" и нижний уровень "Base Level" сигнала.

## Измерение выходных параметров электропитания

7. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы напряжения. Кроме того, в таблице результатов будут показаны числовые результаты измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.6.3.1 "Результаты измерения переходной характеристики"](#).

### 14.6.3.3 Настройки измерения переходной характеристики

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Transient Response".

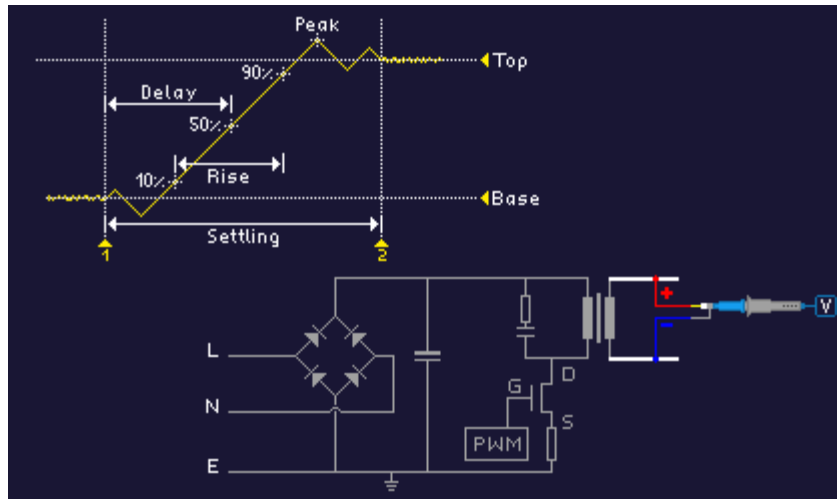


Рисунок 14-8 – Схема для проведения анализа переходной характеристики

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения



**Source** (источник)

Установка канала для входа источника напряжения.

**Top Level** (верхний уровень)

Установка ожидаемого значения верхнего уровня.

Команда ДУ:

`POWer:TRANsient:SIGHigh`

**Base Level** (нижний уровень)

Установка ожидаемого значения нижнего уровня.

Команда ДУ:

`POWer:TRANsient:SIGLow`

**Set to Screen** (установка на экран)

Установка курсоров на их начальные позиции. Функция полезна при исчезновении курсоров с экрана или при необходимости их перемещения на большие расстояния.

## 14.7 Измерение параметров переключения и контуров управления

Анализ параметров переключения и контуров управления используется для измерения внутренних характеристик коммутирующего устройства и надежности работы компонентов.

- [Скорость нарастания](#)
- [Модуляция](#)
- [Динамическое сопротивление во включенном состоянии](#)

### 14.7.1 Скорость нарастания

Для анализа скорости нарастания выполняются измерения скорости изменения значений осциллограмм напряжения или тока при переключении коммутирующего транзистора.

#### 14.7.1.1 Результаты измерения скорости нарастания

Результатами измерения скорости нарастания "Slew Rate" являются:

- осциллограмма напряжения или осциллограмма тока
- осциллограмма производной от напряжения и тока
- числовые результаты измерения

Подробное описание числовых результатов см. в [таблице 14-2](#).

Кроме того, для каждого результата измерений можно включить статистический анализ получаемых результатов. Возвращается текущее, минимальное и максимальное значения результатов, среднее значение и среднеквадратическое отклонение, а также количество измерительных осциллограмм.

Команды ДУ, пик- :

- `POWer:SLEWrate:RESult:LPEak[:ACTual]?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:LPEak:AVG?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:LPEak:NPEak?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:LPEak:PPEak?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:LPEak:STDDev?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:LPEak:WFMCCount?`

Команды ДУ, пик + :

- `POWer:SLEWrate:RESult:UPEak[:ACTual]?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:UPEak:AVG?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:UPEak:NPEak?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:UPEak:PPEak?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:UPEak:STDDev?`
- `POWer:SLEWrate:RESult:UPEak:WFMCCount?`

### 14.7.1.2 Конфигурирование измерений скорости нарастания

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к [главе 14.7.1.3 "Настройки измерения скорости нарастания"](#).

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Slew Rate".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения со стоком транзистора.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с истоком транзистора.
  - Подключите токовый пробник к истоку транзистора.
10. Выберите соответствующий канал для источника "Source".
11. Установите достаточно небольшое значение " $\Delta t$ ".
12. Чтобы включить статистический анализ результатов измерений, выберите пункт "Statistic" > "Visible".
13. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и производной от тока и напряжения. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.7.1.1 "Результаты измерения скорости нарастания"](#).

### 14.7.1.3 Настройки измерения скорости нарастания

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Slew Rate"

## Измерение параметров переключения и контуров управления

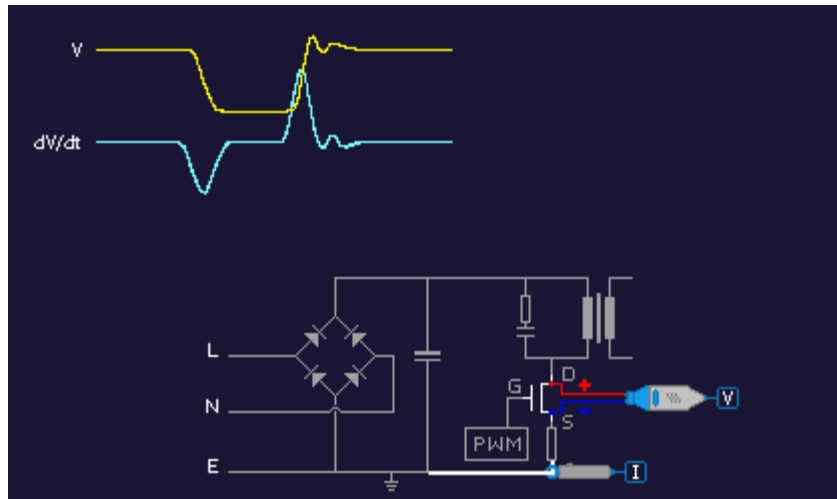


Рисунок 14-9 – Схема для проведения анализа скорости нарастания

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Для получения статистических результатов параметров скорости нарастания, выберите пункт "Statistic" > "Visible". См. [главу 14.2 "Настройки меню статистики"](#).

**Source** (источник)

Установка канала для входа источника. Это может быть как источник тока, так и источник напряжения.

**Delta t (дельта t)**

Установка разностного (дельта) времени.

Команда ДУ:

`POWer:SLEWrate:DTIME`

**14.7.2 Модуляция**

Для анализа модуляции выполняется измерение импульсного сигнала управления, передаваемого в переключающее устройство.

**14.7.2.1 Результаты измерения модуляции**

Результатами измерения модуляции "Modulation" являются:

- осциллограмма тока или напряжения
- числовые результаты измерения

## Измерение параметров переключения и контуров управления

Подробное описание числовых результатов см. в [таблице 14-2](#).

Кроме того, для каждого результата измерений можно включить статистический анализ получаемых результатов. Возвращается текущее, минимальное и максимальное значения результатов, среднее значение и среднеквадратическое отклонение, а также количество измерительных осциллограмм.

Команды ДУ, пик +:

- `POWer:MODulation:RESult:UPEak[:ACTual]?`
- `POWer:MODulation:RESult:UPEak:AVG?`
- `POWer:MODulation:RESult:UPEak:NPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:UPEak:PPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:UPEak:STDDev?`
- `POWer:MODulation:RESult:UPEak:WFMCCount?`

Команды ДУ, пик -:

- `POWer:MODulation:RESult:LPEak[:ACTual]?`
- `POWer:MODulation:RESult:LPEak:AVG?`
- `POWer:MODulation:RESult:LPEak:NPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:LPEak:PPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:LPEak:STDDev?`
- `POWer:MODulation:RESult:LPEak:WFMCCount?`

Команды ДУ, среднее:

- `POWer:MODulation:RESult:MEAN[:ACTual]?`
- `POWer:MODulation:RESult:MEAN:AVG?`
- `POWer:MODulation:RESult:MEAN:NPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:MEAN:PPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:MEAN:STDDev?`
- `POWer:MODulation:RESult:MEAN:WFMCCount?`

Команды ДУ, СКЗ:

- `POWer:MODulation:RESult:RMS[:ACTual]?`
- `POWer:MODulation:RESult:RMS:AVG?`
- `POWer:MODulation:RESult:RMS:NPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:RMS:PPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:RMS:STDDev?`
- `POWer:MODulation:RESult:RMS:WFMCCount?`

Команды ДУ, СКО:

- `POWer:MODulation:RESult:STDDev[:ACTual]?`
- `POWer:MODulation:RESult:STDDev:AVG?`
- `POWer:MODulation:RESult:STDDev:NPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:STDDev:PPEak?`
- `POWer:MODulation:RESult:STDDev:STDDev?`
- `POWer:MODulation:RESult:STDDev:WFMCCount?`

### 14.7.2.2 Конфигурирование измерений модуляции

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к [главе 14.7.2.3 "Настройки модуляционного анализа"](#).

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Modulation".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. При необходимости выполните размагничивание токового пробника.  
Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения с затвором транзистора.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с истоком транзистора.
  - Подключите токовый пробник к стоку транзистора.
6. Выберите соответствующий канал для источника "Source".
7. Чтобы включить статистический анализ результатов измерений, выберите пункт "Statistic" > "Visible".
8. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и мощности. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.5.1.1 "Результаты измерения качества электроэнергии"](#).

### 14.7.2.3 Настройки модуляционного анализа

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis =Modulation".

## Измерение параметров переключения и контуров управления

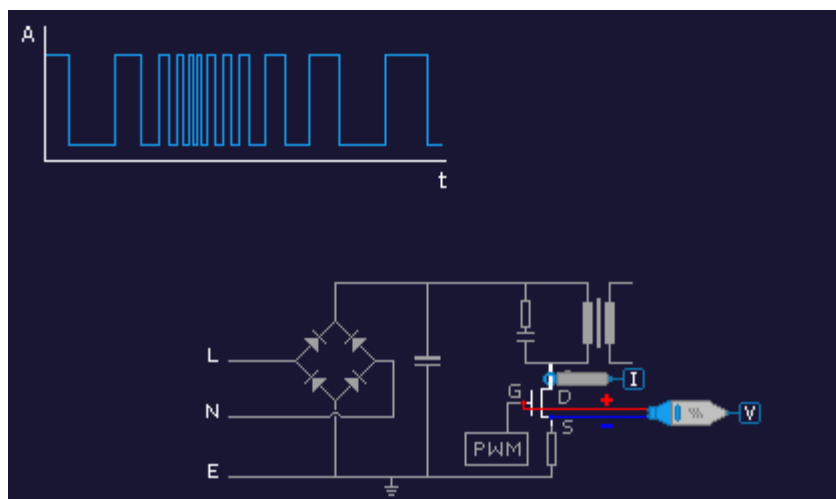


Рисунок 14-10 – Схема для проведения анализа модуляции

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для получения статистических результатов параметров модуляции, выберите пункт "Statistic" > "Visible". См. главу 14.2 "Настройки меню статистики".

**Source** (источник)

Установка канала для входа источника. Это может быть как источник тока, так и источник напряжения.

**Type** (тип)

Выбор вида модуляции. На экране показывается расчет осциллограммы для выбранного типа измерения. Можно выбрать период, частоту, положительный / отрицательный коэффициент заполнения и положительную/отрицательную длительность импульса.

Команда ДУ:

`POWer:MODulation:TYPE`

### 14.7.3 Динамическое сопротивление во включенном состоянии

Для анализа динамического сопротивления во включенном состоянии выполняются измерения сопротивления коммутирующего устройства в процессе работы. Поскольку напряжение и ток могут изменяться с течением времени, сопротивление не является постоянным. Такое сопротивление называется динамическим сопротивлением во включенном состоянии. Оно определяется соотношением  $dV/dI$ .



#### 14.7.3.1 Результаты измерения динамического сопротивления во включенном состоянии

Результатами измерения динамического сопротивления во включенном состоянии "Dynamic On Resistance" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- значение динамического сопротивления во включенном состоянии

Команды ДУ:

- `POWer:DONResistance:RESult:DONResistance?`
- `POWer:DONResistance:GATE<n>:START`
- `POWer:DONResistance:GATE<n>:STOP`

#### 14.7.3.2 Конфигурирование измерений динамического сопротивления во включенном состоянии

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.7.3.3 "Настройки измерения динамического сопротивления во включенном состоянии".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Dynamic On Resistance".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения со стоком транзистора.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с истоком транзистора.
  - Подключите токовый пробник к истоку транзистора.
10. Выберите соответствующие каналы для источника тока "Current" и источника напряжения "Voltage".
11. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.
12. При необходимости ручной настройки курсоров:

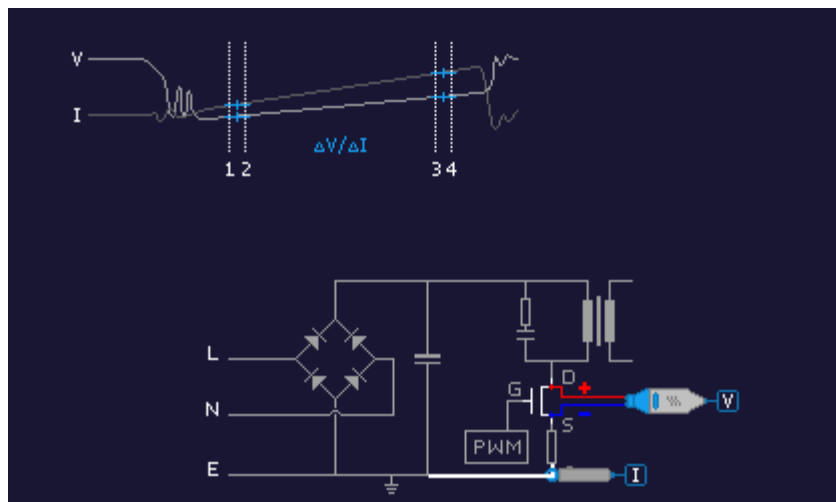
## Измерение параметров переключения и контуров управления

- Нажимайте поворотную ручку NAVIGATION до тех пор, пока не будет выбран соответствующий курсор.
- Поворачивайте поворотную ручку NAVIGATION, чтобы изменить положение курсора.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока и напряжения. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.7.3.1 "Результаты измерения динамического сопротивления во включенном состоянии"](#).

### 14.7.3.3 Настройки измерения динамического сопротивления во включенном состоянии

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Dynamic ON Resistance"



Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Настройки источников тока и напряжения совпадают с настройками при анализе качества электропитания, см. подразделы "Voltage" и "Current" в главе 14.5.1.3.

#### Set to Screen (установка на экран)

Установка курсоров на их начальные позиции. Функция полезна при исчезновении курсоров с экрана или при необходимости их перемещения на большие расстояния.

## 14.8 Анализ силового тракта

- Коэффициент полезного действия (КПД)
- Потери при переключении
- Время включения/выключения
- Область надежной работы (S.O.A.)

### 14.8.1 Коэффициент полезного действия (КПД)

Для анализа коэффициента полезного действия выполняются измерения входной и выходной мощностей источника питания. Затем выполняется расчет КПД источника питания, равного отношению выходной мощности к входной мощности.

#### 14.8.1.1 Результаты измерения КПД

Результатами измерения КПД "Efficiency" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- осциллограмма мощности, которая является произведением осциллограмм тока и напряжения
- числовые результаты измерения

Подробное описание числовых результатов см. в [таблице 14-2](#).

Кроме того, для каждого результата измерений можно включить статистический анализ получаемых результатов. Возвращается текущее, минимальное и максимальное значения результатов, среднее значение и среднеквадратическое отклонение, а также количество измерительных осциллограмм.

Команды ДУ, КПД:

- `POWer:EFFiciency:RESult:EFFiciency[:ACTual]?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:EFFiciency:AVG?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:EFFiciency:NPEak?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:EFFiciency:PPEak?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:EFFiciency:STDDev?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:EFFiciency:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, выходная полезная мощность:

- `POWer:EFFiciency:RESult:INPut:REALpower[:ACTual]?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:INPut:REALpower:AVG?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:INPut:REALpower:NPEak?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:INPut:REALpower:PPEak?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:INPut:REALpower:STDDev?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:INPut:REALpower:WFMCOUNT?`

Команды ДУ, входная полезная мощность:

- `POWer:EFFiciency:RESult:OUTPut:REALpower[:ACTual]?`

- `POWer:EFFiciency:RESult:OUTPut:REALpower:AVG?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:OUTPut:REALpower:NPEak?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:OUTPut:REALpower:PPEak?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:OUTPut:REALpower:STDDev?`
- `POWer:EFFiciency:RESult:OUTPut:REALpower:WFMCCount?`

#### 14.8.1.2 Конфигурирование измерений КПД

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.8.1.3 "Настройки измерения КПД".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Efficiency".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения с фазовым входом питания переменного тока.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с нейтральным входом питания переменного тока.
  - Подключите токовый пробник к фазовому входу питания переменного тока.
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) второго дифференциального пробника с входным трактом нагрузки.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) второго дифференциального пробника с обратным трактом нагрузки.
  - Подключите второй токовый пробник к входному тракту нагрузки так, чтобы стрелка указывала направление течения тока.
10. Выберите соответствующие каналы для источников входного тока "Input Current", входного напряжения "Input Voltage", выходного тока "Output Current" и выходного напряжения "Output Voltage".
11. Чтобы включить статистический анализ результатов измерений, выберите пункт "Statistic" > "Visible".

12. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

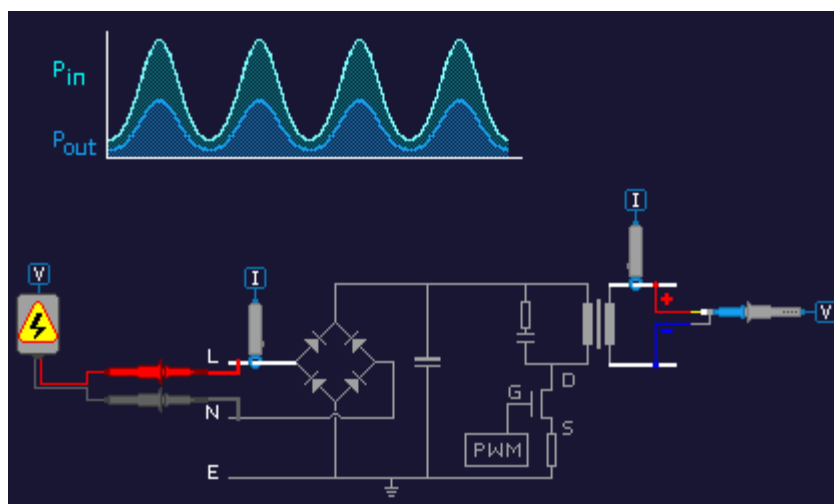
На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока и напряжения. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к [главе 14.8.1.1 "Результаты измерения КПД"](#).



При наличии двухканальной модели осциллографа или в отсутствии четырех пробников, необходимых для единоразового проведения анализа КПД, можно сначала сохранить входную осциллограмму в качестве опорной, а затем измерить выходную осциллограмму.

### 14.8.1.3 Настройки измерения КПД

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis =Efficiency".



Необходимые пробники:

- Два дифференциальных пробника напряжения
- Два токовых пробника



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Настройки источников тока и напряжения совпадают с настройками при анализе качества электропитания, см. подразделы "Voltage" и "Current" в главе 14.5.1.3.

**Input** (вход), **Output** (выход)

Отображение функциональных клавиш для установки входного/выходного напряжения и тока.

**Input Voltage** (входное напряжение), **Input Current** (входной ток)

Установка каналов для входного напряжения и входного тока.

**Output Voltage** (выходное напряжение), **Output Current** (выходной ток)

Установка каналов для выходного напряжения и выходного тока.

## 14.8.2 Потери при переключении

Для анализа потерь при переключении выполняются измерения потерь мощности и энергии коммутирующего устройства, возникающих в фазах переключения и проводимости коммутирующего транзистора.

### 14.8.2.1 Результаты измерения потерь при переключении

Результатами измерения потерь при переключении "Switching Loss" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- осциллограмма мощности, которая является произведением осциллограмм тока и напряжения
- числовые результаты измерения

Числовые результаты измерений могут отображаться в виде зависимости от мощности или энергии согласно выбранному типу "Type". Результаты измерения потерь при переключении показывают значения мощность/энергия в Вт/Дж для следующих фаз переключения:

Таблица 14-4 – Фазы потерь при переключении

Фаза	Обозначение	Область определения точек	Описание
Turn on (включение)	On	Область между "t <sub>1</sub> " и "t <sub>2</sub> "	Временной интервал после переключения устройства, в рамках которого уровень тока возрастает до значения, равного уровню тока насыщения.
Conduction (проводимость)	Cond	Область между "t <sub>2</sub> " и "t <sub>3</sub> "	Временной интервал, в рамках которого значение напряжения находится на минимальном уровне насыщения и имеет место протекание тока.
Turn off (выключение)	Off	Область между "t <sub>3</sub> " и "t <sub>4</sub> "	Временной интервал, в рамках которого по истечении короткого времени задержки значение напряжения возрастает до уровня, равного итоговому значению.
Non conduction (непроводимость)	No Cond	Область между "t <sub>4</sub> " и "t <sub>5</sub> "	Временной интервал, в рамках которого отсутствует протекание тока. Потери в рамках этого интервала в идеале должны быть нулевыми.
Total (все)	Total	Область между "t <sub>1</sub> " и "t <sub>5</sub> "	Период одного цикла переключения.

Команды ДУ:

- `POWer:SWITChing:RESult:CONDUction:ENERgy?`
- `POWer:SWITChing:RESult:CONDUction:POWer?`
- `POWer:SWITChing:RESult:NCONduction:ENERgy?`
- `POWer:SWITChing:RESult:NCONduction:POWer?`
- `POWer:SWITChing:RESult:TOFF:ENERgy?`

- [POWer:SWITChing:RESult:TOFF:POWer?](#)
- [POWer:SWITChing:RESult:TON:ENERgy?](#)
- [POWer:SWITChing:RESult:TON:POWer?](#)
- [POWer:SWITChing:RESult:TOTal:ENERgy?](#)
- [POWer:SWITChing:RESult:TOTal:POWer?](#)

#### 14.8.2.2 Конфигурирование измерения потерь при переключении

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.8.2.3 "Настройки измерения потерь при переключении".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Switching Loss".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения со стоком транзистора.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с истоком транзистора.
  - Подключите токовый пробник к истоку транзистора.
10. Выберите соответствующие каналы для источников тока "Current" и напряжения "Voltage".
11. Выберите тип "Type" измерения.
12. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы тока, напряжения и мощности. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к главе 14.8.2.1 "Результаты измерения потерь при переключении".

### 14.8.2.3 Настройки измерения потерь при переключении

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis =Switching Loss".

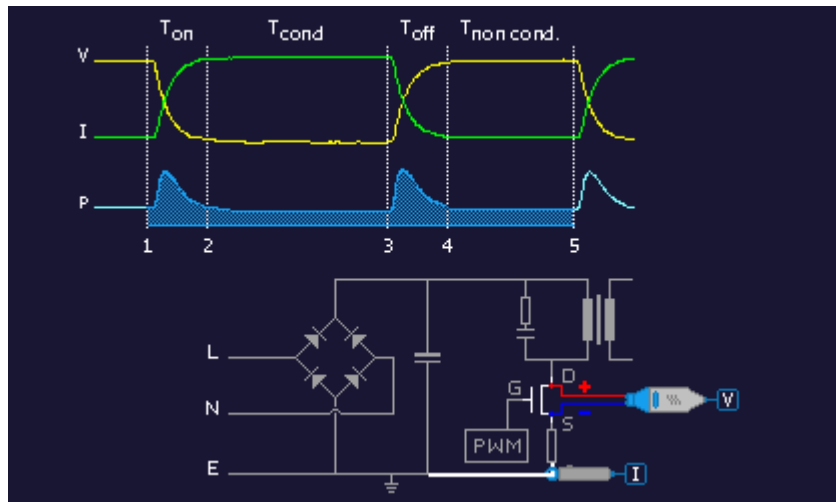
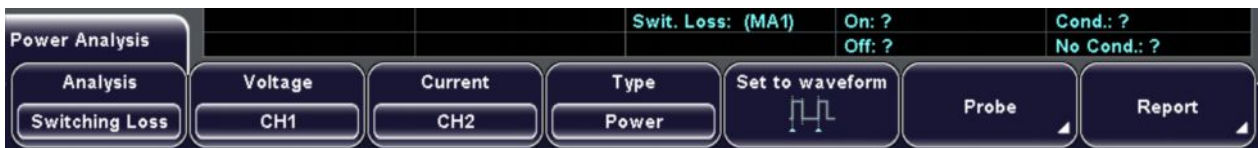


Рисунок 14-11 – Схема для проведения анализа потерь при переключении

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Настройки источников тока и напряжения совпадают с настройками при анализе качества электропитания, см. подразделы "Voltage" и "Current" в главе 14.5.1.3.

#### Type (тип)

Выбор типа измерения, мощности или энергии, для измерения потерь при переключении. Результаты измерения отображаются в Вт для измерений мощности или в Дж для измерений энергии.

Команда ДУ:

`POWer:SWITching:TYPE`

#### Set to waveform (установить на осциллограмму)

Автоматическая установка линий курсора, линии курсора устанавливаются на типичные точки осциллограммы в зависимости от выбранного типа измерения.



### 14.8.3 Время включения/выключения

Для анализа включения/выключения выполняются измерения времени, требуемого источнику питания для достижения определенного процента от выходного уровня устойчивого состояния при первоначальном включении или выключении.

#### 14.8.3.1 Результаты измерения включения/выключения

Результатами измерения включения/выключения "Turn ON/OFF Time" являются:

- осциллограмма входного напряжения
- осциллограмма выходного напряжения
- время включения/выключения

Команды ДУ:

- `POWer:ONOFF:RESult<n>:TIME?`

#### 14.8.3.2 Конфигурирование измерений включения/выключения

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к [главе 14.8.3.3 "Настройки измерения включения/выключения"](#).

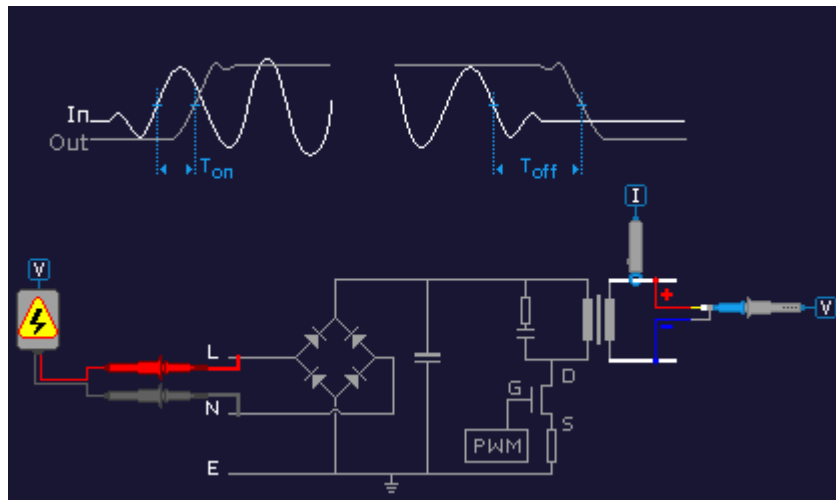
1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "Turn ON/OFF".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения с фазовым входом питания переменного тока.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с нейтральным входом питания переменного тока.
  - Подключите пассивный пробник напряжения к выходу постоянного тока ИУ.
  - Подключите токовый пробник к входному тракту нагрузки так, чтобы стрелка указывала направление течения тока.
10. Выберите соответствующие каналы для источников тока "Current" и напряжения "Voltage".

11. Выберите тип "Type" измерения.
12. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы входного и выходного напряжения. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к главе 14.8.3.1 "Результаты измерения включения/выключения".

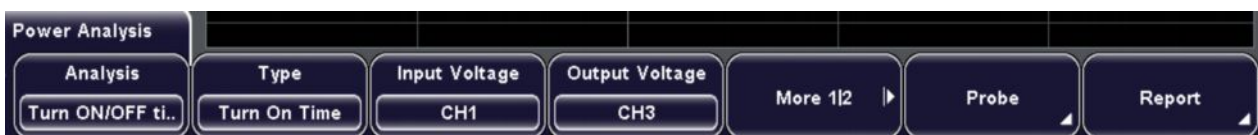
### 14.8.3.3 Настройки измерения включения/выключения

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = Turn ON/OFF time".



Необходимые пробники:

- Два пробника напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений".

#### Type (тип)

Выбор в качестве типа измерения времени включения или выключения.

#### Input Voltage (входное напряжение)

Установка канала для входного напряжения.

#### Output Voltage (выходное напряжение)

Установка канала для выходного напряжения.

#### More (еще)

Отображение дополнительных функциональных клавиш, принадлежащих к тому же подменю.

## 14.8.4 Область надежной работы (S.O.A.)

Область надежной работы определяется условиями по напряжению и току, при которых мощный полупроводниковый прибор должен работать без возникновения самоповреждений. Функция измерения области надежной работы "Safe Operating Area" позволяет получить диаграмму, определяющую безопасные условия эксплуатации устройства.

### 14.8.4.1 Результаты измерения области надежной работы

Результатами измерения области надежной работы "SOA" являются:

- осциллограмма напряжения
- осциллограмма тока
- числовые результаты измерения

К числовым результатам измерения относятся The numeric measurement results are:

Таблица 14-5 – Результаты тестирования по маске

Результат	Описание
Samples/ Acquisitions	Количество протестированных точек/выборок
Passed	Количество точек/выборок, которые успешно прошли тестирование по маске, т.е. они находятся в пределах заданной маской области надежной работы
Failed	Количество точек/выборок, которые не прошли тестирование по маске, т.е. они находятся за пределами заданной маской области надежной работы
Fail rate	Отношение количества выборок, нарушивших границы маски, к количеству протестированных выборок
Result	А Тестирование считается неудачным, если количество отчетов или выборок, нарушивших границы маски, превышает предельное количество нарушений "Total tolerance"/"Acq. tolerance"

Команды ДУ:

- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:FAILed?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:FRATe?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:PASSed?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:POINts?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:STATe?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:TOLerance`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:VCOunt?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:VIOLation<n>?`
- `POWer:SOA:RESult:ACQquisition:VIOLation<n>:VOLTagе?`

- POWER:SOA:RESult:ACQuisition:VIOLation<n>:CURRent?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:SAMPle:COUNT?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:SAMPle:FAILed?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:SAMPle:PASSed?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:COUNT?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:FAILed?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:FRATe?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:PASSed?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:STATe?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:TOLerance
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VCOunt?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA:HEADer?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA:XINCrement?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA:XORigin?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA:YINCrement?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA:YORigin?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:CURRent:DATA:YRESolution?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA:HEADer?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA:XINCrement?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA:XORigin?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA:YINCrement?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA:YORigin?
- POWER:SOA:RESult:TOTal:VIOLation<n>:VOLTage:DATA:YRESolution?

#### 14.8.4.2 Конфигурирование измерения области надежной работы

Для получения подробной информации о параметрах конфигурации обратитесь к главе 14.8.4.3 "Настройки измерения области надежной работы".

1. Нажмите клавишу "Tools" и выберите пункт "Power".
2. Нажмите "Analysis" и выберите пункт "SOA".
3. Подключите дифференциальный пробник напряжения и токовый пробник к осциллографу.  
Для измерений на входе питания ИУ рекомендуется использовать высоковольтный дифференциальный пробник.
4. Выполните размагничивание токового пробника. Подробности см. в руководстве к токовому пробнику.
5. Нажмите "Probe".
6. Подключите пробники к калибровочной плате R&S RT-ZF20.
7. Выполните коррекцию сдвига фазы "Deskew" между сигналами пробников и отрегулируйте смещение нуля "Zero Offset".
8. Отключите пробники от калибровочной платы R&S RT-ZF20 и нажмите "Back".
9. Подключите пробники к ИУ:
  - Соедините положительное сигнальное гнездо (+) дифференциального пробника напряжения со стоком транзистора.
  - Соедините отрицательное сигнальное гнездо (-) дифференциального пробника напряжения с истоком транзистора.
  - Подключите токовый пробник к истоку транзистора.
10. Выберите соответствующие каналы для источника тока "Current" и источника напряжения "Voltage".
11. Выберите пункт "Mask Setup" и настройте используемую для измерения маску.
12. Выберите пункт "Test Setup" и установите параметры "Total Tolerance", "Acq. Tolerance" и "Window Scale".
13. Нажмите кнопку AUTOSET, чтобы автоматически настроить шкалы (масштаб) отображения, или настройте их вручную.

На экране отобразятся измерительные осциллограммы входного и выходного напряжения. Кроме того, в нижнем левом углу отобразится окно с числовыми результатами измерения. Для получения подробной информации обратитесь к главе 14.8.4.1 "Результаты измерения области надежной работы".

#### 14.8.4.3 Настройки измерения области надежной работы

Доступ: TOOLS > "Power" > "Analysis = SOA".

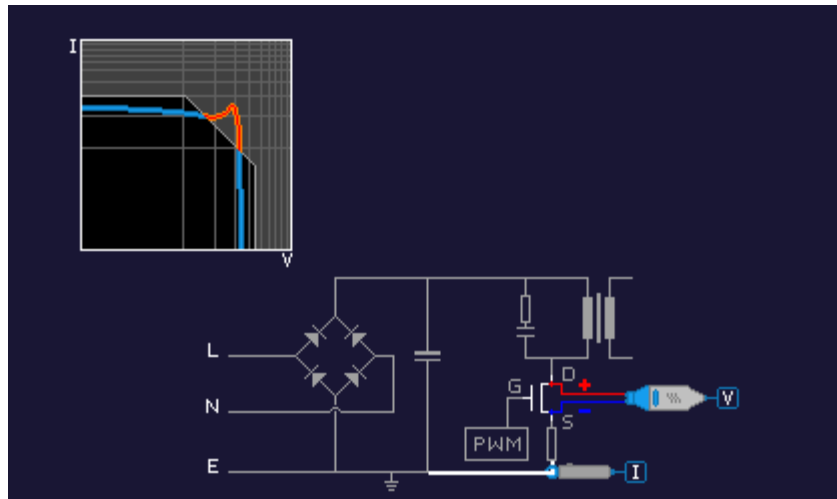
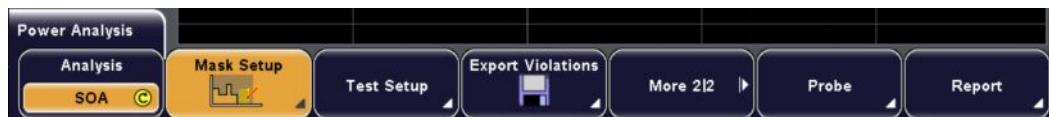


Рисунок 14-12– Схема для проведения анализа области надежной работы

Необходимые пробники:

- Дифференциальный пробник напряжения
- Токовый пробник



Для регулировки пробников откройте меню "Probe". Подробности см. в [главе 14.1.2 "Настройки пробника для силовых измерений"](#).

Настройки источников тока и напряжения совпадают с настройками при анализе качества электропитания, см. подразделы "Voltage" и "Current" в главе 14.5.1.3.

#### Restart (перезапуск)

Перезапуск измерения области надежной работы SOA.

Команда ДУ:

`POWer:SOA:REStart`

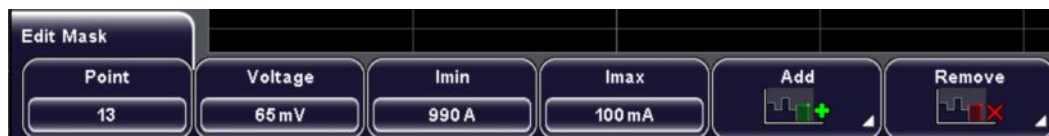
#### Mask Setup (настройка маски)

Открытие подменю для настройки маски.

#### Edit Mask (правка маски)

Открытие подменю для настройки задаваемых пользователем значений маски.

Для каждой точки маски устанавливается напряжение и минимальное и максимальное значение тока. Таким образом, задаются верхний и нижний пределы маски.



**Point** (точка) ← **Edit Mask**

Выбор задаваемой точки.

**Voltage** (напряжение) ← **Edit Mask**

Установка напряжения для выбранной точки.

Команды ДУ:

```
POWer:SOA:LINear:POINt<m>:VOLTage
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:POINt<m>:VOLTage
```

**Imin** (мин. ток) ← **Edit Mask**

Установка минимального значения тока для выбранной точки.

Команды ДУ:

```
POWer:SOA:LINear:POINt<m>:CURRent:MINimum
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:POINt<m>:CURRent:MINimum
```

**Imax** (макс. ток) ← **Edit Mask**

Установка максимального значения тока для выбранной точки.

Команды ДУ:

```
POWer:SOA:LINear:POINt<m>:CURRent:MAXimum
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:POINt<m>:CURRent:MAXimum
```

```
POWer:SOA:LINear:POINt<m>:CURRent
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:POINt<m>:CURRent
```

**Add** (добавить) ← **Edit Mask**

Добавление точки к списку определения области надежной работы.

Команды ДУ:

```
POWer:SOA:LINear:ADD
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:ADD
```

```
POWer:SOA:LINear:INSert
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:INSert
```

**Remove** (удалить) ← **Edit Mask**

Удаление выбранной точки из списка определения области надежной работы.

Команды ДУ:

```
POWer:SOA:LINear:REMOve
```

```
POWer:SOA:LOGarithmic:REMOve
```

**Save Mask** (сохранить маску)

Открытие подменю для сохранения маски.

См.: [глава 17.2.1.3 "Общие настройки хранения данных"](#).

**New File** (создать файл) ← **Save Mask**

Создание нового файла.

**More** (еще) ← **Save Mask**

Отображение дополнительных функциональных клавиш, принадлежащих к тому же подменю.

**Load Mask** (загрузить маску)

Открытие диспетчера файлов для выбора ранее сохраненной маски. Выбранная маска загружается и может использоваться для последующих испытаний.

См.: [глава 17.2.1.3 "Общие настройки хранения данных"](#).

**Mask Scale** (масштаб маски)

Выбор масштаба для маски: линейного или логарифмического.

Команда ДУ:

`POWer:SOA:SCALe:MASK`

**Test Setup** (настройка испытания)

Открытие подменю для определения допуска при тестировании, а также масштаба окна.

**Total Tolerance** (общий допуск) ← **Test Setup**

Установка допускаемого значения суммарного отклонения.

Команда ДУ:

`POWer:SOA:RESult:TOTal:TOLerance`

**Acq. Tolerance** (допуск по выборкам) ← **Test Setup**

Установка допускаемого значения отклонения по выборкам.

Команда ДУ:

`POWer:SOA:RESult:ACQuisition:TOLerance`

**Window Scale** (масштаб окна) ← **Acq. Tolerance** ← **Test Setup**

Выбор линейного или логарифмического масштаба для отображаемых результатов.

Команда ДУ:

`POWer:SOA:SCALe:DISPlay`

**Export Violations** (экспорт нарушений)

Открытие меню "Export" для сохранения результатов измерения в файл Excel.

См.: [глава 17.2.1.3 "Общие настройки хранения данных"](#).



## 15 Цифровой вольтметр и частотомер (опция R&S RTM-K32)

Интегрированный трехразрядный цифровой вольтметр (ЦВМ, DVM) упрощает проведение измерений, в частности, для обслуживающего персонала. Можно одновременно выполнить четыре настраиваемых измерения и задать положение окна с результатами измерений.

Доступны следующие виды измерений ЦВМ:

- DC: среднее значение сигнала
- AC+DC RMS: СКЗ сигнала
- AC RMS: СКЗ переменной составляющей сигнала
- Crest Factor: пик-фактор или коэффициент амплитуды,  $|X|_{\text{макс}} / X_{\text{СКЗ}}$
- Peak: максимум - минимум
- Peak +: максимальное значение
- Peak -: минимальное значение

Частотомер показывает два основных параметра источника запуска: частоту и период. Если используются оба типа А- и В-запуска, отображаются два результата.

Цифровой вольтметр захватывает входные данные с выбранной чувствительностью по вертикали и базовой точностью АЦП. Он не зависит от настроек захвата и постобработки. Все измерения базируются на измерительном интервале, который обеспечивает получение надежных результатов в заданном диапазоне частот.

### 15.1 Результаты измерения ЦВМ и частотомером

Если в меню инструментов TOOL включен цифровой вольтметр и/или частотомер, результаты измерений отображаются в окне результатов. Можно задать положение окна результатов.

Для измерений ЦВМ источник измерения обозначается цветом канала, результаты измерения частотомером отображаются белым цветом.



- 1 = Частота источника запуска (частотомер)  
 2 = Период источника запуска (частотомер)  
 3 = A/B-запуск и источник запуска (частотомер)

4 = Тип измерения (ЦВМ)  
 5 = Результат измерения (ЦВМ)  
 6 = Маркер ограничения (DVM)

Маркер ограничения указывает на ограничение сигнала верхним пределом диапазона АЦП, нижним пределом или обоими пределами.

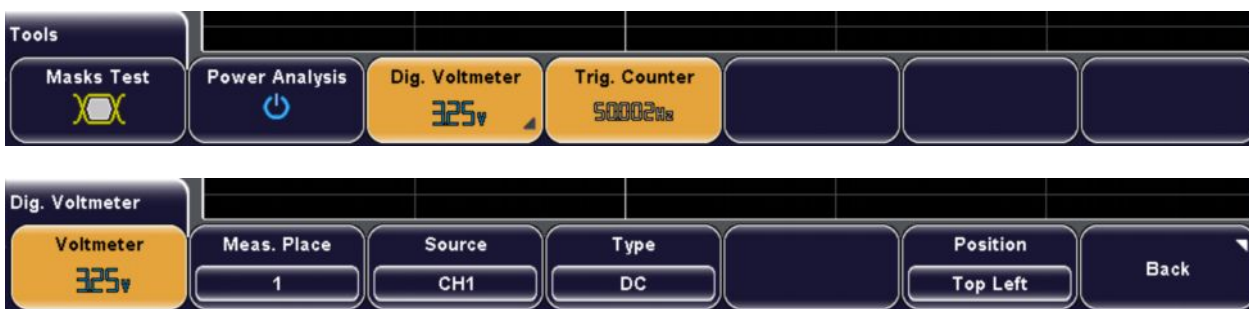
Команды ДУ:

- `TCOUNTER<t>:RESult[:ACTual]:FREQuency?`
- `TCOUNTER<t>:RESult[:ACTual]:PERiod?`
- `DVM<m>:RESult[:ACTual]?`
- `DVM<m>:RESult[:ACTual]:STATus?`

## 15.2 Настройки ЦВМ

Доступ: TOOLS

В меню "Tools" можно напрямую активировать измерения ЦВМ и частотомером, а также открыть меню с настройками цифрового вольтметра.



Trig. Counter  
 Dig. Voltmeter  
 L Voltmeter  
 L Meas. Place  
 L Source  
 L Type  
 L Position

**Trig. Counter** (частотомер запуска)

Включение и выключение частотомера запуска. Если он включен, частота и период источников А- и В-запуска отображаются на результатах ЦВМ. Частотомер выдает те же результаты, что и автоматические измерительные функции "Trigger Frequency" и "Trigger Period".

Команда ДУ:

`TCOUNTER<t>:ENAB`

**Dig. Voltmeter** (цифровой вольтметр)

Включение цифрового вольтметра и открытие меню "Digital Voltmeter", в котором можно настроить четыре независимых измерения вольтметром. Для каждого измерения можно задать источник и тип измерения.

**Voltmeter** (вольтметр) ← **Dig. Voltmeter**

Включение и выключение всех настроенных измерений вольтметром.

Если отключить вольтметр, останутся настройки измерений.

Команда ДУ:

`DVM<m>:ENABle`

**Meas. Place** (изм. место) ← **Dig. Voltmeter**

Выбор для настройки одного из четырех доступных измерений.

**Source** (источник) ← **Dig. Voltmeter**

Выбор аналогового канала в качестве источника выбранного измерения.

Команда ДУ:

`DVM<m>:SOURce`

**Type** (тип) ← **Dig. Voltmeter**

Определение типа измерения, выполняемого на выбранном источнике.

Выбор значения "Off" отключит измерение.

Доступны следующие измерения ЦВМ:

- DC: среднее значение сигнала
- AC+DC RMS: СКЗ сигнала
- AC RMS: СКЗ переменной составляющей сигнала
- Crest Factor: пик-фактор или коэффициент амплитуды,  $|X|_{\max} / X_{\text{СКЗ}}$
- Peak: максимум - минимум
- Peak +: максимальное значение
- Peak -: минимальное значение

Команда ДУ:

`DVM<m>:TYPE`

**Position** (положение) ← **Dig. Voltmeter**

Выбор угла экрана, в котором будут отображаться результаты измерений.

Команда ДУ:

`DVM<m>:POSition`

## 16 Опция смешанных сигналов MSO (R&S RTM-B1)

Опция смешанных сигналов R&S RTM-B1 (MSO) добавляет к обычным функциям осциллографа функцию логического анализатора. Используя опцию MSO, можно анализировать и отлаживать встроенные системы с сигналами смешанного типа, в которых одновременно используются аналоговые и связанные с ними цифровые сигналы.

### 16.1 Об опции MSO

Опция смешанных сигналов MSO позволяет работать с 16 цифровыми каналами, объединенными в два логических пробника (блок) с 8 каналами каждый. Прибор обеспечивает синхронизацию и выравнивание по времени аналоговых и цифровых сигналов, так что имеется возможность отображать и анализировать важные временные взаимодействия между ними. Автоматическое выравнивание компенсирует задержку между разъемами пробников для аналоговых каналов и корпусами пробников для цифровых каналов.

#### Цифровые каналы

Каждый цифровой канал может отображаться на экране и использоваться в качестве источника запуска. Блок цифровых сигналов может быть сохранен в качестве опорной осциллограммы (REF > "Source" > "Save") и экспортирован в файл (FILE > "Waveforms").

Цифровые каналы не могут участвовать в математических операциях. Поиск по цифровым каналам невозможен.

#### Параллельные шины

Цифровые каналы можно группировать и отображать в виде параллельных шин. Можно настроить до 4 параллельных шин; поддерживается два типа шин: синхронная (тактируемая) и асинхронная (нетактируемая). Последняя выбранная шина является активной шиной, которая показывается на экране, остальные настроенные шины отключаются.

#### Возможности запуска

В качестве источника запуска по фронту и длительности может использоваться один из цифровых каналов. Однако, при включенном запуске по В-событию, выбор цифровых каналов не поддерживается. Используя запуск по шаблону, можно осуществить запуск по параллельным шинам и логическим комбинациям аналоговых и цифровых каналов. Для всех цифровых источников запуска уровнем запуска является логический порог. Кроме того, можно задать время задержки запуска для запуска по фронту и длительности.

#### Курсорные измерения

Курсорные измерения могут проводиться на отдельных цифровых сигналах и блоках. Что касается всех измерений, доступны только активные и подходящие для выбранного типа измерений источники.

Источники D0 ... D15 доступны для измерения времени, отношения X, счета, коэффициента заполнения и длительности пакета. Блоки D0...D7 и D8...D15 доступны для измерений V-маркером, что дает 8-битное значение линий блока.

### Автоматические измерения и статистика

Автоматическое измерение времени и счетное измерение могут проводиться на активных цифровых каналах. Что касается всех измерений, доступны только активные и подходящие для выбранного типа измерений источники.

Для отдельных цифровых каналов (битов) доступны следующие типы измерений: частота, период, подсчет фронтов и импульсов, фаза, задержка, коэффициент заполнения, длительность пакетного сигнала. Также возможно проведение статистического анализа этих измерений.

Быстрые измерения в цифровых каналах недоступны.

## 16.2 Цифровые каналы

### 16.2.1 Цифровые каналы: индикация активности

Цветовые метки осциллограмм для цифровых каналов в верхней части окна показывают текущий статус всех логических каналов независимо от настроек запуска, даже без какого-либо сбора данных. Состояние может быть высоким, низким и переключаемым.



Команды ДУ:

- DIGital<m>:CURRent:STATe:MAXimum?
- DIGital<m>:CURRent:STATe:MINimum?

### 16.2.1 Цифровые каналы: конфигурация

Доступ: PROTOCOL LOGIC > если открыто меню "Protocol": "Logic"



- D7-D0 / D15-D8
- Visible
- Deskew
- Threshold
  - └ Nibble
  - └ Threshold
  - └ Technology
  - └ Hysteresis
  - └ Couple Levels
- Label
  - └ Bit

- └ Label
- └ Library
- └ Edit Label

- POSITION
- SCALE

**D7-D0 / D15-D8**

Одновременное включение или выключение всех цифровых каналов блока.

**Visible** (показать)

Включение или выключение отдельных цифровых каналов.

Вращать поворотную ручку NAVIGATION для выбора цифрового канала, затем нажать ручку для включения или выключения выбранного канала.

Команда ДУ:

DIGital<m>:DISPlay

**Deskew** (компенсация фазового сдвига)

Параметр сдвига компенсирует задержки, которые известны для конкретных цепей или вызваны разной длиной кабелей. Сдвиг между блоками цифровых каналов пробника и разъемов аналоговых каналов пробника автоматически компенсируется в приборе.

Можно установить компенсацию сразу для всех каналов логического пробника или для каждого логического канала по отдельности.



- |                 |  |
|-----------------|--|
| "Logic Probe"   | Выбор блока  |
| "Deskew"        | Включение компенсации для выбранного логического пробника.   |
| "Logic Channel" | Если необходимо компенсировать отдельные логические каналы, выберите канал и установите значение компенсации с помощью функции "Deskew". |
| "Value"         | Установка значения компенсации для выбранного логического канала или для выбранного логического пробника.                                |
| "Set probe to"  | Применение текущего значения компенсации ко всем логическим каналам выбранного логического пробника.                                     |

Команда ДУ:

DIGital<m>:DESKew

**Threshold** (порог)

Открытие меню "Threshold".

Цифровой порог можно задать несколькими способами:

- Для всех цифровых каналов используются одинаковые значения порога и гистерезиса: включить функцию "Couple Levels" и установить значения.
- Для отдельных канальных групп (полубайтов) используются различные значения порога и гистерезиса: выключить функцию "Couple Levels" и установить порог и гистерезис для каждого полубайта.

**Nibble** (полубайт) ← **Threshold**

Выбор группы из 4 цифровых каналов, для которых будут установлены порог и гистерезис.

**Threshold** (порог) ← **Threshold**

Установка порогового значения для выбранного полубайта или для всех цифровых каналов, если включена функция "Couple Levels".

Установка порога возможна при пользовательском значении уровня "User Level" параметра "Technology".

Для каждого захваченного отсчета прибор сравнивает входное напряжение с пороговым значением. Если входное напряжение выше порога, сохраняется состояние сигнала "1". В противном случае, если входное напряжение ниже порога, сохраняется состояние сигнала "0".

Команда ДУ:

`DIGital<m>:THReshold`

**Technology** (технология) ← **Threshold**

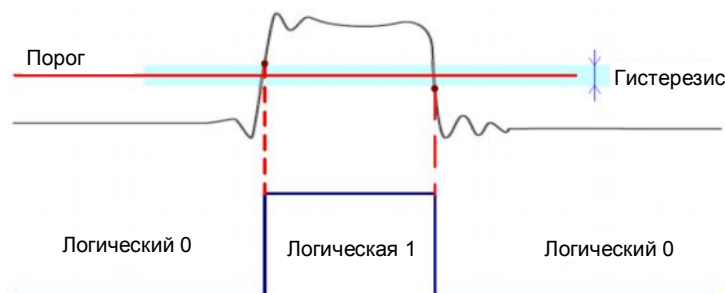
Выбор порогового напряжения для различных типов интегральных схем из списка. Значение применяется к выбранному полубайту или ко всем цифровым каналам, если включена функция "Couple Levels".

Команда ДУ:

`DIGital<m>:TECHnology`

**Hysteresis** (гистерезис) ← **Threshold**

Гистерезис позволяет избежать изменения состояния сигнала при шумовых осцилляциях около порогового уровня. Для чистых сигналов устанавливается небольшой гистерезис, для сильно зашумленных сигналов – большой гистерезис.



Команда ДУ:

`DIGital<m>:Hysteresis`

**Couple Levels** (связь уровней) ← **Threshold**

Применение значений порога и гистерезиса первого полубайта (D0 ... D3) ко всем цифровым каналам.

Команда ДУ:

`DIGital<m>:THCoupling`

**Label** (метка)

Открытие меню меток "Label".

Для каждого цифрового канала можно задать и отображать свою метку. Метки показываются в правой части экрана. Ввести текст метки можно несколькими способами:

- Выбрать предварительно заданную строку из библиотеки "Library".
- Ввести пользовательский текст с помощью функции "Edit Label".

Команда ДУ:

`DIGital<m>:LABel`

#### **Bit** (бит) ← **Label**

Выбор цифрового канала, для которого должна быть задана метка.

#### **Label** (метка) ← **Label**

Отображение или скрытие метки выбранного цифрового канала.

Команда ДУ:

`DIGital<m>:LABel:STATe`

#### **Library** (библиотека) ← **Label**

Выбор текста метки из списка часто используемых терминов.

#### **Edit Label** (правка метки) ← **Label**

Открытие экранной клавиатуры для ввода текста метки.

Максимальная длина названия составляет 8 символов, могут быть использованы только ASCII-символы экранной клавиатуры.

#### **POSITION** (положение)

Вертикальная поворотная ручка POSITION перемещает цифровые каналы по экрану по вертикали.

Действует для всех видимых цифровых каналов.

Команда ДУ:

`DIGital<m>:POSition`

#### **SCALE** (масштаб)

Вертикальная поворотная ручка SCALE устанавливает размер цифровых каналов. Действует для всех видимых цифровых каналов.

Команда ДУ:

`DIGital<m>:SIZE`

## 16.3 Параллельные шины

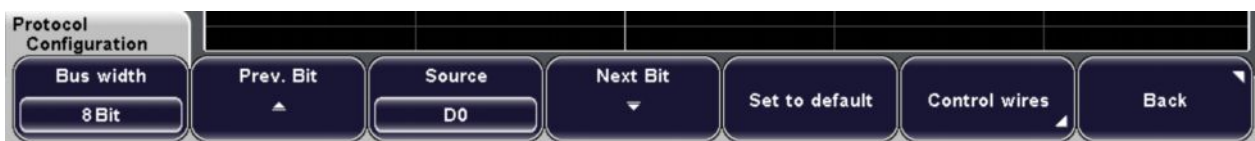
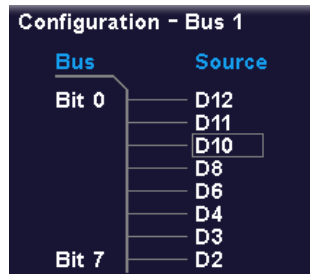
Осциллограф R&S RTM способен отображать и декодировать до 16 линий параллельной шины. Для синхронизации (запуска) по параллельным шинам необходимо использовать запуск по шаблону. См. главу 5.3.2.6 "Pattern".

### 16.3.1 Конфигурация линий для параллельных шин

Доступ: PROTOCOL LOGIC > если открыто меню "Logic": "Protocol" > "Bus Type = Parallel Clocked" > "Configuration"



В режиме параллельной шины может проводиться анализ до 16 цифровых каналов. Можно назначить цифровые каналы отдельным битам шины. Конфигурация для тактируемых и нетактируемых параллельных шин одинакова. Конфигурация сохраняется до тех пор, пока не будет нажата клавиша PRESET или " Set to default".



#### **Bus width** (ширина шины)

Установка количества анализируемых линий.

Для нетактируемой параллельной шины макс. количество составляет 16 битов.

Для тактируемой параллельной шины макс. количество составляет 15 битов, один канал резервируется для тактового сигнала. Если, кроме того используется сигнал выбора кристалла, максимальное количество составляет 14 битов.

Команды ДУ:

`BUS<b>:PARAllel:WIDTh`

`BUS<b>:CPARAllel:WIDTh`

#### **Prev. Bit** (пред. бит)/ **Next bit** (след. бит)

Выбор бита, которому назначен источник. Выбор отмечается синим цветом в списке конфигурации.

#### **Source** (источник)

Выбор цифрового канала, который назначается выбранному биту.

Команды ДУ:

`BUS<b>:PARAllel:DATA<m>:SOURce`

`BUS<b>:CPARAllel:DATA<m>:SOURce`

#### **Set to default** (установить стандартные настройки)

Сброс линий данных в стандартный порядок D0...D15.

#### **Control Wires** (линии управления)

Открытие меню конфигурации "Control Wires" для настройки тактовой линии и линии выбора кристалла в тактируемых параллельных шинах.

См.: [глава 16.3.2 "Конфигурация линий управления для тактируемых параллельных шин"](#).

#### **POSITION** (положение)

Вертикальная поворотная ручка POSITION служит для вертикального перемещения отображения шины по экрану.

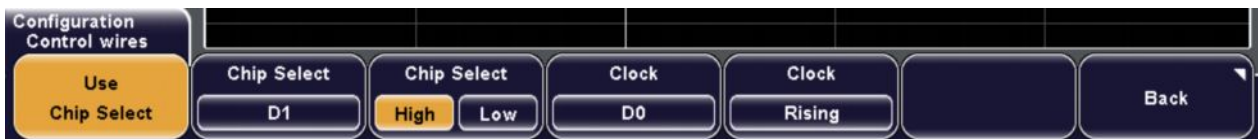
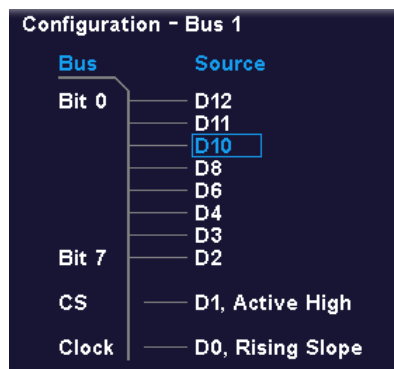
**SCALE** (масштаб)

Вертикальная поворотная ручка SCALE служит для установки размера параллельной шины.

### 16.3.2 Конфигурация линий управления для тактируемых параллельных шин

Для параллельной тактируемой шины дополнительно задаются линия тактирования и линия выбора кристалла.

Доступ: PROTOCOL LOGIC > если отображается меню "Logic": "Protocol" > "Bus Type = Parallel Clocked" > "Configuration" > "Control Wires"

**Use Chip Select** (использовать линию выбора кристалла)

Включение и выключение линии выбора кристалла.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CPARallel:CS:ENABle`

**Chip Select (источник)**

Выбор цифрового канала, который используется в качестве линии выбора кристалла.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CPARallel:CS:SOURce`

**Chip Select (активный)**

Выбор уровня активного сигнала для сигнала выбора кристалла CS: высокий (high = 1) или низкий (low = 1).

Команда ДУ:

`BUS<b>:CPARallel:CS:POLarity`

**Clock (источник)**

Выбор цифрового канала, который используется в качестве линии такта.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CPARallel:CLOCK:SOURce`

**Clock (перепад)**

Выбор фронта (нарастающего или спадающего) сигнала тактовой частоты, по которому передаются данные (для удвоения тактовой частоты выбираются оба фронта). Фронт тактового сигнала отмечает начало нового бита.

Команда ДУ:

`BUS<b>:CPARAllel:CLOCK:SLOPe`

### 16.3.3 Результаты декодирования

Декодирование может быть включено в главном меню "Protocol". Параметр "Decode" показывает декодируемые значения под осциллограммами в формате, заданном параметром "Display". Также можно отобразить двоичный сигнал с помощью параметра "Bits".

См. также [главу 13.1.2 "Общие настройки для работы с протоколами"](#)

Кроме того, можно отобразить и сохранить таблицу кадров "Frame Table", содержащую декодированные данные: номер кадра, время начала кадра, идентификатор, длина данных, данные, контрольная сумма и состояние кадра.

См. также [главу 13.1.5 "Таблица кадров: результаты декодирования"](#)

Команды ДУ для нетактируемых параллельных шин:

- `BUS<b>:PARAllel:FCOunt?`
- `BUS<b>:PARAllel:FRAMe<n>:DATA?`
- `BUS<b>:PARAllel:FRAMe<n>:STATe?`
- `BUS<b>:PARAllel:FRAMe<n>:START?`
- `BUS<b>:PARAllel:FRAMe<n>:STOP?`

Команды ДУ для тактируемых параллельных шин:

- `BUS<b>:CPARAllel:FCOunt?`
- `BUS<b>:CPARAllel:FRAMe<n>:DATA?`
- `BUS<b>:CPARAllel:FRAMe<n>:STATe?`
- `BUS<b>:CPARAllel:FRAMe<n>:START?`
- `BUS<b>:CPARAllel:FRAMe<n>:STOP?`

### 16.3.4 Анализ параллельных шин

Как и для последовательных протоколов, для параллельных шин – тактируемых и нетактируемых – необходимо выполнить настройку параметров декодирования и отображения сигнала.

**Конфигурирование параллельных шин**

1. Нажать клавишу PROTOCOL LOGIC на передней панели.
2. Если открыто меню "Logic", нажать функциональную клавишу "Protocol".
3. Нажать функциональную клавишу "Bus" и выбрать шину для настройки.
4. Нажать функциональную клавишу "Bus Type" и выбрать пункт "Parallel" или "Parallel Clocked".

5. Нажать функциональную клавишу "Configuration".
6. Для конфигурирования нетактируемой шины "Parallel" выбрать параметр "Bus Width".
7. Для конфигурирования тактируемой шины "Parallel Clocked":
  - а) Выбрать параметр "Bus Width".
  - б) Нажать "Chip Select" и выбрать цифровой канал, подключенный к сигналу CS.
  - в) Выбрать состояние "Active" сигнала выбора кристалла CS.
  - г) Нажать "Clock" и выбрать цифровой канал, подключенный к линии тактирования (синхронизации).
  - д) Выбрать синхронизацию по фронту "Slope".
8. Убедитесь в правильной установке порогов.
9. Нажать функциональную клавишу "Back" и настроить отображение данных.  
См. раздел ["Настройка декодирования и отображения данных"](#) в главе 13.1.1.

## 17 Управление данными и файлами

В данной главе описаны способы вывода на печать снимков экрана, а также способы управления настройками измерений и данными.

- [Вывод на печать](#)
- [Сохранение и загрузка данных](#)

### 17.1 Вывод на печать

Текущее изображение осциллограмм и результатов измерений может быть сохранено в виде снимка экрана и распечатано на принтере. При этом с целью оптимизации печати, можно настроить различные цветовые режимы. Принтер должен быть подключен к USB-порту типа A. Также снимки экранов могут сохраняться в файлы, см. также [главу 17.2.5 "Снимки экранов"](#).

При необходимости печати большого количества снимков экрана можно назначить функцию вывода на печать клавише PRINT. Данная "горячая" клавиша по нажатию инициирует назначенное ей действие.

Редко используемые функции печати могут быть выбраны в меню "File", см. также [главу 17.1.1.3 "Быстрая печать с помощью клавиши PRINT"](#).

#### 17.1.1 Вывод на печать снимка экрана

Перед выводом на печать необходимо выполнить следующие действия:

- Подключить и настроить принтер
- Настроить действие клавиши PRINT для осуществления быстрой печати

После этого можно запускать вывод на печать из меню "File" или клавишей PRINT.

##### 17.1.1.1 Настройка вывода на печать

Для вывода на печать необходимо настроить формат и цвета печати. Отдельные настройки описаны в [главе 17.1.2 "Настройки принтера"](#).

1. Подключить принтер к USB-порту типа A на передней или задней панели прибора.
2. Нажать клавиши SETUP > "Printer" для открытия меню "Printer".
3. Нажать "Paper Format" и выбрать требуемый формат, используя ручку NAVIGATION.
4. В меню "Printer" нажать "Color Mode".
5. Выбрать требуемый цветовой формат, используя ручку NAVIGATION.
6. Большинство принтеров поддерживают язык управления PCL (Printer Command Language). Если имеющийся принтер его не поддерживает, выберите подходящий набор команд "Command Set".

### 17.1.1.2 Запуск вывода на печать

Редко используемые функции печати могут быть запущены из меню "File".

1. Убедиться в правильной настройке принтера.  
См. главу 17.1.1.1 "Настройка вывода на печать"
2. Нажать клавишу FILE.
3. Нажать клавишу "Screenshots > Print".

### 17.1.1.3 Быстрая печать с помощью клавиши PRINT

Функция печати назначается клавише PRINT. После такой настройки снимок экрана будет распечатан на подключенном принтере при каждом нажатии клавиши PRINT.

См. также главу 17.2.2 "Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT".

1. Настроить клавишу PRINT:
  - а) Нажать клавиши FILE > "Print-Key".
  - б) Нажать "(Print) Screenshots".
2. Убедиться в правильной настройке принтера.  
См. главу 17.1.1.1 "Настройка вывода на печать"
3. Нажать клавишу PRINT.

## 17.1.2 Настройки принтера

Доступ: клавиша SETUP > "More" (переключиться на страницу 2/3) > "Printer"



#### **Paper Format** (формат бумаги)

Определение формата бумаги и ориентации (книжная или альбомная) для печати.

Команды ДУ:

[HCOpy:PAGE:SIZE](#)

[HCOpy:PAGE:ORientation](#)

#### **Color Mode** (цветовой режим)

Определение цветового режима для вывода на принтер.

"Grayscale"	Черно-белый вывод
"Color"	Цветной вывод
"Inverted"	Инверсные цвета, т.е. темная осциллограмма печатается на белом фоне.

Команда ДУ:

[HCOpy:COLor:SCHEME](#)

**Command Set** (набор команд)

Установка языка управления, поддерживаемого данным принтером.

Поддерживаются следующие языки: PCL5, PCL XL, Postscript и HP Deskjet (PCL3).

Команда ДУ:

`SYSTem:COMMunicate:PRINter:CSET`

## 17.2 Сохранение и загрузка данных

При работе с прибором R&S RTM можно сохранять и загружать данные измерений: настройки прибора, определения масок, системы уравнений, данные осциллограмм и снимки экранов. Данные могут быть сохранены на самом приборе или на внешнем устройстве, они могут быть скопированы и конвертированы (в зависимости от доступных форматов).

- [Места хранения данных](#)
- [Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT](#)
- [Настройки прибора](#)
- [Осциллограммы](#)
- [Снимки экрана](#)
- [Опорные осциллограммы, маски и системы уравнений: импорт/экспорт](#)

### 17.2.1 Места хранения данных

В приборе R&S RTM используется три основных места хранения данных. Далее они будут называться устройствами хранения:

- Внутреннее устройство хранения "Internal" представляет собой флэш-память прибора размером около 8 Мб.
- Устройство хранения "Front USB" указывает на USB-накопитель, подключенный к USB-разъему на передней панели прибора.
- Устройство хранения "Rear USB" указывает на USB-накопитель, подключенный к USB-разъему на задней панели прибора.

На каждом устройстве хранения данные могут, как обычно, размещаться в каталогах. Поэтому прибор R&S RTM позволяет пользователю при необходимости создавать или удалять каталоги.

Настройки прибора, опорные осциллограммы, маски и системы уравнений могут непосредственно сохраняться и загружаться с любого устройства хранения. Осциллограммы и снимки экрана могут сохраняться только на USB-устройствах хранения.

Для копирования данных между устройствами хранения используются функции импорта/экспорта "Import/Export". Имя целевого файла можно менять, поэтому копирование и переименование файла может проводиться за одну операцию. Для опорных осциллограмм и масок также можно изменить формат целевого файла и конвертировать данные в процессе экспорта/импорта.

В данной главе описаны общие процедуры и настройки сохранения, загрузки и экспорта/импорта данных.

### 17.2.1.1 Конфигурирование мест хранения данных

Необходима первоначальная конфигурация настроек хранения для различных типов данных: выбрать место хранения и каталог хранения, задать имя файла. Для некоторых типов данных доступны дополнительные настройки хранения. После этого данные можно сохранять простым нажатием функциональной клавиши "Save" в меню FILE или, при соответствующей настройке, нажатием клавиши PRINT на передней панели.

#### Выбор каталога хранения

Каждый раз, когда возникает потребность в сохранении, копировании или загрузке данных, необходимо задать каталог, в котором будут храниться или из которого будут загружаться данные.

1. Нажать функциональную клавишу "Storage", чтобы открыть меню каталога хранения и диспетчер файлов для текущего выбранного устройства хранения.  
См. также раздел "[Меню каталога хранения Storage](#)" далее.
2. Нажимать клавишу "Storage (Internal/Front/Rear)" до тех пор, пока не будет выделено требуемое устройство хранения. Для осциллограмм и снимков экрана в качестве места хранения может быть выбран только USB-носитель. Если USB-носитель не подключен к прибору, данная функция не доступна.
3. Использовать поворотную ручку NAVIGATION для перехода по каталогам. Для смены каталога перейти к его названию и нажать поворотную ручку или функциональную клавишу "Change dir."
4. Нажать функциональную клавишу "Create dir." для создания в выбранном каталоге нового подкаталога. Ввести имя подкаталога согласно описанию в разделе "[Ввод нового имени файла или каталога](#)" ниже.
5. Нажать функциональную клавишу "Remove dir." для удаления ненужного каталога.
6. Нажать функциональную клавишу "Accept" для подтверждения выбранного каталога хранения.

#### Ввод нового имени файла или каталога

При создании нового каталога или нажатии функциональной клавиши "File name" для задания имени сохраняемого файла на экран выводится текстовый редактор, в котором вводится новое имя.

1. Использовать поворотную ручку NAVIGATION для выбора буквы.
2. Нажать функциональную клавишу "Character Set", если она доступна, для отображения дополнительных символов.
3. Нажать функциональную клавишу "Backspace" для удаления символа слева от курсора.
4. Нажать функциональные клавиши "Cursor →" и "Cursor←" для перехода по символам имени.
5. Нажать функциональную клавишу "Default name" для восстановления стандартного имени.
6. Нажать функциональную клавишу "Accept" для сохранения заданного имени.



### 17.2.1.2 Импорт и экспорт данных

Для копирования данных между устройствами хранения используются функции импорта/экспорта "Import/Export". Эти процедуры одинаковы для всех типов данных.

Имя целевого файла можно менять, поэтому копирование и переименование файла может проводиться за одну операцию. Для опорных осциллограмм и масок также можно изменить формат целевого файла и конвертировать данные в процессе экспорта/импорта.

1. В меню FILE нажать функциональную клавишу "Import/Export" для требуемого типа данных.
2. Задать копируемый исходный файл.
  - а) Нажать функциональную клавишу "Source".  
На экране появится диспетчер файлов.
  - б) Если необходимо, изменить место хранения данных, содержащее исходный файл, нажать функциональную клавишу "Storage(Internal/Front/Rear)".
  - в) Выбрать исходный файл. Для перемещения по списку каталогов использовать поворотную ручку NAVIGATION. Чтобы изменить каталог, необходимо выбрать имя каталога и нажать поворотную ручку или функциональную клавишу "Change dir."
  - г) Нажать функциональную клавишу "Load".  
Исходный файл будет выбран, но ещё не загружен в память R&S RTM.
3. Задать целевой каталог для операции копирования. Исходный файл будет скопирован туда.
  - а) Нажать клавишу "Destination".  
На экране появится диспетчер файлов.
  - б) Если необходимо, изменить место хранения данных, содержащее каталог хранения, нажав клавишу "Storage (Internal/Front/Rear)".
  - в) Выбрать каталог хранения. Для перемещения по списку каталогов использовать поворотную ручку NAVIGATION. Чтобы изменить каталог, необходимо выбрать имя каталога и нажать поворотную ручку или функциональную клавишу "Change dir."  
Нажать функциональную клавишу "Create dir." для создания нового подкаталога в выбранном каталоге.  
Ввести имя подкаталога согласно описанию в разделе ["Ввод нового имени файла или каталога"](#) выше.
  - г) Нажать клавишу "Ассерт" для подтверждения выбора.
4. Если необходимо, изменить имя целевого файла "File Name".

**Примечание** – Если файл с таким именем уже существует в целевом каталоге, он будет перезаписан без предупреждения.
5. Если необходимо изменить формат файла для опорных осциллограмм или масок, нажать клавишу "Format" и выбрать целевой формат.
6. Нажать функциональную клавишу "Import/Export".  
Исходный файл будет скопирован в целевой каталог.



Импортированные данные не загружаются в прибор автоматически. После импорта их необходимо загрузить явным образом с помощью функции "Load" в соответствующем меню (меню Masks, Reference, Math или меню File для настроек прибора).

### 17.2.1.3 Общие настройки хранения данных

В данной главе описаны общие настройки сохранения, загрузки и экспорта/импорта данных.

- [Меню Save](#)
- [Меню Load](#)
- [Меню каталога хранения Storage](#)
- [Меню Import/Export](#)

#### Меню Save

Меню "Save" содержит функции для конфигурирования способа сохранения данных и запуска процесса сохранения. Его главные функции отображаются, когда должны быть сохранены какие-либо данные. В зависимости от типа данных, могут присутствовать дополнительные специальные функции. Эти функции описаны в соответствующих главах.



- [Storage](#)
- [File name](#)
- [Comment](#)
- [Save](#)

#### Storage (хранение)

Открытие подменю каталога хранения, см. "[Меню каталога хранения Storage](#)". Клавиша указывает на выбранное в данный момент устройство хранения.

#### File name (имя файла)

Открытие экранной клавиатуры для задания нового имени файла, в котором будут храниться данные.

**Примечание** – Если файл с таким именем уже существует в целевом каталоге, он будет перезаписан без предупреждения.

Поворотом ручки NAVIGATION отметить символ и нажать ручку для его выбора. Нажать функциональную клавишу "Backspace" для удаления символа слева от курсора. Нажать функциональные клавиши "Cursor →" и "Cursor ←" для перехода по символам имени. Нажать функциональную клавишу "Default name" для восстановления стандартного имени.

Нажать функциональную клавишу "Accept" для сохранения заданного имени.

Команда ДУ:

Настройки устройства: `MMEMemory:NAME`

Осциллограммы: `EXPort:WAVEform:NAME`

Тестирование по маске: `MASK:ACTion:WFMSave:DESTination`

**Comment** (комментарий)

Открытие виртуальной клавиатуры для ввода комментариев к сохраняемым данным. Комментарии доступны для всех форматов файлов, которые могут быть прочитаны прибором R&S RTM: настройки прибора, опорные осциллограммы (формат trf), маски, системы уравнений, результаты поиска.

**Save** (сохранить)

Сохранение данных в выбранный каталог. Используемое имя файла отображается, когда сохранение данных завершено.

Команды ДУ:

Настройки прибора: [MMEMoRY:STORe:STATe](#)

Прочие данные: [MMEMoRY:DATA](#)

**Меню Load**

Меню "Load" содержит функции и диспетчер файлов для выбора файлов данных и их загрузки. Оно отображается при необходимости загрузить какие-либо данные.



- [Storage](#)
- [Remove File](#)
- [Load](#)

**Storage** (хранение)

Открытие подменю каталога хранения, см. "[Меню каталога хранения Storage](#)". Клавиша указывает на выбранное в данный момент устройство хранения.

**Remove File** (удалить файл)

Удаление выбранного файла.

Команда ДУ:

[MMEMoRY:DELeTe](#)

**Load** (загрузить)

Загрузка выбранного файла в прибор.

Во время операции импорта/экспорта данная команда подтверждает выбор файла и временно его загружает. Чтобы действительно скопировать файл в выбранный каталог, следует нажать клавишу "Import/ Export".

Команда ДУ:

Настройки прибора: [MMEMoRY:LOAD:STATe](#)

**Меню каталога хранения Storage**

Меню каталога хранения открывается функциональной клавишей "Storage", которая доступна в меню "Save" и "Load". Здесь задается устройство хранения и каталог, в который будет сохраняться и из которого будет загружаться файл. При необходимости можно также создавать новые каталоги или удалять существующие.



Осциллограммы, снимки экрана и отчеты о силовых измерениях могут сохраняться только на USB-носителях, подключенных к передней или задней панели, но не во внутреннем каталоге. В этом случае функциональная клавиша будет доступна только при подключенном USB-носителе к передней или задней панели прибора.

См. также [главу 17.2.1 "Места хранения данных"](#).

- [Storage \(Internal/Front/Rear\)](#)
- [Change Directory](#)
- [Create Directory](#)
- [Remove Directory](#)

### Storage (Internal/Front/Rear)

(хранение (внутренняя память/передняя панель/задняя панель))  
 Определение устройства хранения данных.

Осциллограммы, снимки экрана и отчеты о силовых измерениях могут сохраняться только на USB-носителях, подключенных к передней или задней панели, но не во внутреннем каталоге. В этом случае функциональная клавиша будет доступна только при подключенном USB-носителе к передней или задней панели.

"Internal"           напрямую во встроенную память прибора  
 "Front"             на USB-носитель, подключенный к передней панели  
 "Rear"              на USB-носитель, подключенный к задней панели

Команда ДУ:  
[MMEMemory:MSIS](#)

### Sort Entries (сортировка записей)

Выбор функции сортировки. Можно осуществлять сортировку списка файлов по типу, имени, размеру, дате сохранения как в восходящем, так и в нисходящем порядке.

**Change Directory** (сменить каталог)  
 Переключение на выбранный каталог.

См. также подраздел ["Выбор каталога хранения"](#).

Команда ДУ:  
[MMEMemory:CDIRectory](#)

### Create Directory (создать каталог)

Создание нового подкаталога в текущем выбранном каталоге.

См. также подраздел ["Ввод нового имени файла или каталога"](#).

Команда ДУ:  
[MMEMemory:MDIRectory](#)

**Remove Directory** (удалить каталог)  
Удаление текущего выбранного каталога.

Команда ДУ:  
[MEMory:RDIrectory](#)

### Меню Import/Export

Меню "Import/Export" содержит функции для копирования данных между прибором и USB-накопителем.

См. также [главу 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#)



- [Source](#)
- [Destination](#)
- [Import/Export](#)

#### **Source** (источник)

Открытие меню "Load" и диспетчера файлов для выбора исходного файла для проведения операции экспорта/импорта.

См. ["Меню Load"](#).

#### **Destination** (назначение)

Открытие меню "Storage" и диспетчера файлов для выбора целевого каталога хранения для проведения операции экспорта/импорта.

См. ["Меню каталога хранения Storage"](#).

#### **Import/Export** (импорт/экспорт)

Копирование выбранного исходного файла в указанный файл в выбранном целевом каталоге.

**Примечание** – Если файл с таким именем уже существует в целевом каталоге, он будет перезаписан без предупреждения.

Команда ДУ:  
[MEMory:COpy](#)

## 17.2.2 Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT

Клавиша PRINT – это "горячая" клавиша, которая инициализирует назначенное ей действие. С помощью данной клавиши можно легко сохранить, например, серию осциллограмм или снимков экрана.

Клавише PRINT могут быть назначены следующие действия:

- Сохранение настроек прибора
- Сохранение осциллограммы
- Сохранение снимка экрана
- Сохранение снимка экрана и настроек прибора

- Печать снимка экрана



### Сохранение данных

Данные также могут быть сохранены без изменения действия клавиши PRINT путем нажатия функциональной клавиши "Save" для выбранного типа данных в меню FILE.

#### 17.2.2.1 Настройка действия клавиши PRINT

Клавиша PRINT может использоваться или для печати снимков экрана на подключенном принтере или для сохранения данных в заданное место памяти.

1. Нажать клавиши FILE > "Print Key".
2. Нажать функциональную клавишу действия, которое необходимо назначить клавише PRINT.
3. Настроить параметры выбранного действия:
  - Сохранение настроек прибора: FILE > "Device Settings > Save"
  - Сохранение осциллограммы: FILE > "Waveforms"
  - Сохранение снимка экрана: FILE > "Screenshots"
  - Сохранение снимка экрана и настроек прибора: FILE > "Screenshots" и FILE > "Device Settings > Save"
  - Печать снимка экрана: SETUP > "More > Printer"

После выполнения данных настроек выбранное действие будет запускаться при каждом нажатии клавиши PRINT.

#### 17.2.2.2 Настройки клавиши PRINT

Нажатием клавиш FILE > "Print Key" задается действие, которое будет выполняться при нажатии клавиши PRINT.



- [Device Settings](#)
- [Waveforms](#)
- [\(Save\) Screenshots](#)
- [Screen & Setup](#)
- [\(Print\) Screenshots](#)

#### **Device Settings** (настройки устройства)

Если выбрана данная функция, то при нажатии клавиши PRINT сохраняются настройки прибора. Настройки хранения конфигурируются нажатием клавиш FILE > "Device Settings".

См. также [главу 17.2.3.2 "Меню Device Settings"](#).

**Waveforms** (осциллограммы)

Если выбрана данная функция, то при нажатии клавиши PRINT сохраняется текущая осциллограмма. Настройки хранения конфигурируются нажатием клавиш FILE > "Waveforms".

См. также [главу 17.2.4.3 "Настройки хранения осциллограмм"](#).

**(Save) Screenshots** ((сохранение) снимков экрана)

Если выбрана данная функция, то при нажатии клавиши PRINT сохраняется снимок экрана с текущим отображением. Настройки хранения конфигурируются нажатием клавиш FILE > "Screenshots".

См. также [главу 17.2.5.2 "Настройки хранения снимков экрана"](#).

**Screen & Setup** (экран и настройки)

Если выбрана данная функция, то при нажатии клавиши PRINT сохраняются настройки прибора и снимок экрана с текущим отображением. Настройки хранения конфигурируются нажатием клавиш FILE > "Screenshots" и FILE > "Device Settings".

См. также [главу 17.2.5.2 "Настройки хранения снимков экрана"](#)

**(Print) Screenshots** ((печать) снимков экрана)

Если выбрана данная функция, то при нажатии клавиши PRINT снимок экрана с текущим отображением передается на USB-принтер. Настройки принтера конфигурируются нажатием клавиш SETUP > "Printer".

См. также [главу 17.1 "Вывод на печать"](#)

## 17.2.3 Настройки прибора

Чтобы повторить измерения в разное время или выполнить сходные измерения с другими измерительными данными, удобно сохранить используемые настройки прибора, а затем, при необходимости, загрузить их. К тому же, при анализе результатов специфических измерений может быть полезно обратиться к настройкам прибора. Поэтому имеющиеся функции обеспечивают удобное сохранение настроек прибора при измерении, вместе или без соответствующего снимка экрана.

Настройки прибора могут сохраняться и загружаться с любого устройства хранения – внутренней памяти или внешнего USB-носителя. Также имеется возможность копирования сохраненных настроек на другое устройство хранения с помощью функции "Export/Import". При этом используется формат файла .SET, размер файла составляет около 2,76 кБ.

Сохраненные настройки прибора можно переносить между осциллографами R&S RTM, даже между 2-канальными и 4-канальными моделями.

Стандартные настройки прибора могут быть восстановлены нажатием клавиш PRESET или FILE > "Device Settings > Default sett."

### 17.2.3.1 Сохранение и загрузка настроек прибора

- ["Сохранение настроек прибора"](#)
- ["Загрузка настроек прибора"](#)

**Сохранение настроек прибора**

1. Нажать клавиши FILE > "Device Settings > Save".

2. Настроить место хранения согласно описанию в разделе "[Выбор каталога хранения](#)" ранее.
3. Ввести имя файла согласно описанию в разделе "[Ввод нового имени файла или каталога](#)" ранее.
4. Дополнительно, нажать клавишу "Comment" и ввести описание настроек.
5. Нажать клавишу "Save".

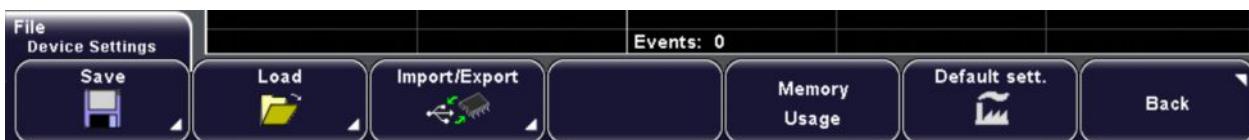
**Примечание** – Чтобы иметь возможность многократного сохранения настроек прибора нажатием всего одной клавиши PRINT, следует назначить сохранение настроек прибора "Device Settings" клавише PRINT согласно описанию в [главе 17.2.2.1 "Настройка действия клавиши PRINT"](#).

### Загрузка настроек прибора

1. Нажать клавиши FILE > "Device Settings > Load".  
На экран будет выведен диспетчер файлов.
2. При необходимости, выбрать устройство и каталог хранения согласно описанию в разделе "[Выбор каталога хранения](#)" ранее.
3. Выбрать файл, содержащий настройки прибора. Для перемещения по списку файлов использовать поворотную ручку NAVIGATION.
4. Нажать функциональную клавишу "Load".  
Сохраненные настройки будут загружены в прибор R&S RTM.

### 17.2.3.2 Меню Device Settings

Нажатием клавиш FILE > "Device Settings" открывается меню для управления файлами конфигурации прибора.



- [Save](#)
  - ↳ [Setup & Label](#)
- [Load](#)
- [Import/Export Device Settings](#)
- [Memory Usage](#)
- [Default sett](#)

#### **Save** (сохранить)

Открытие меню "Save", см. подраздел "[Меню Save](#)" ранее.

Помимо общих, доступны специальные функции сохранения.

#### **Setup & Label** (настройки и метки) ← **Save**

Сохранение настроек прибора вместе со списком меток в выбранном каталоге хранения в одном файле. Использованное имя файла отображается по завершении процедуры сохранения.



Данная функция доступна при установленной опции R&S RTM-K1 или K3 (протоколы I<sup>2</sup>C, LIN, CAN), а также при загруженном и примененном к протокольным данным списке меток.

При загрузке в прибор файла настроек со списком меток список загружается вместе с настройками прибора. Ранее загруженный список меток будет перезаписан.

**Load** (загрузить)

Открытие меню "Load", см. подраздел "[Меню Load](#)" ранее.

**Import/Export Device Settings** (импорт/экспорт настроек устройства)

Открытие меню "Import/Export", см. подраздел "[Меню Import/Export](#)" ранее.

**Memory Usage** (занятая память)

Отображение информации о приборе и об использованном и доступном объеме памяти на всех имеющихся устройствах хранения.

**Default sett.** (стандартные настройки)

Восстановление стандартных настроек прибора. Данные настройки, в том числе, также восстанавливаются с помощью клавиши PRESET.

## 17.2.4 Осциллограммы

Осциллограмма может быть сохранена несколькими способами:

- В качестве опорной осциллограммы для дальнейшего использования в приборе R&S RTM: клавиша REF

См. [главу 7 "Опорные осциллограммы"](#)

- В качестве данных различных форматов непосредственно на USB-носитель для анализа другими средствами: FILE > "Waveforms".

Данный способ описан в текущей главе.

При необходимости сохранения большого количества осциллограмм, можно назначить данную функцию клавише PRINT. Более редкие операции сохранения можно выполнять из меню "File". См. также [главу 17.2.2 "Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT"](#).

- Если прибор подключен к локальной сети, то данные об осциллограммах и настройки прибора можно сохранять в компьютер напрямую с помощью веб-интерфейса. Загружать данные с помощью веб-интерфейса намного проще, быстрее и функциональней.

См. [главу 19.2 "Удаленный доступ с помощью веб-браузера"](#)

### 17.2.4.1 Форматы файлов для хранения осциллограмм

Данные всех осциллограмм – канальных, опорных и расчетных – сохраняются в виде последовательности значений или пар значений. Пары значений записываются как два последовательных одиночных значения. В зависимости от формата файла, сохраняются либо только амплитудные значения, либо амплитудные значения вместе с временными (или частотными в режиме БПФ).

С помощью функций экспорта/импорта можно изменять целевой формат файла и конвертировать данные.



Чтобы загрузить данные осциллограммы в качестве опорной осциллограммы, их необходимо сохранить в формате TRF или CSV.

### Формат CSV

В текстовом файле, содержащем значения разделенные запятыми (Comma Separated Values), осциллограмма хранится в виде таблицы из двух столбцов. Столбцы разделяются запятыми, а строки – разрывами строк `\r\n` (0x0D 0x0A). Значения записаны в экспоненциальном формате.

Первый столбец содержит временные значения отсчетов относительно момента запуска, а второй содержит соответствующие им амплитудные значения. В первой строке указываются единицы измерения каждого столбца и название осциллограммы. Пары значений записаны как два одиночных значения с одним временным значением (минимальное и максимальное).

Данные могут быть обратно загружены в прибор для дальнейшего использования.

#### Пример CSV1: Осциллограмма канала 1, одиночные значения

```
[s], CH1 [V]
-1.1996E-02, 1.000E-02
-1.1992E-02, 1.000E-02
-1.1988E-02, 1.000E-02
-1.1984E-02, 1.000E-02
```

#### Пример CSV2: Осциллограмма канала 1, пары значений

```
[s], CH1 [V]
-2.9980E+00, 2.000E-05
-2.9980E+00, 1.400E-04
-2.9960E+00, -1.800E-04
-2.9960E+00, 1.400E-04
-2.9940E+00, -1.800E-04
-2.9940E+00, 1.400E-04
```

#### Пример CSV3: БПФ

```
[Hz], FFT [dBm]
0.000000E+00, 1.03746E+01
1.525879E+02, 7.49460E+00
3.051758E+02, -1.19854E+01
4.577637E+02, -1.56854E+01
```

**Импорт файлов CSV:** Если CSV-файл импортируется в прибор в качестве опорной осциллограммы с USB-накопителя, функция импорта конвертирует данные в формат TRF. Прибор считывает первое и последнее временное значение и вычисляет общую длительность осциллограммы и количество значений. Затем все амплитудные значения считываются одно-за-одним и записываются с эквидистантным временным распределением в TRF-файл. Если первые два временных значения одинаковы, то считается, что осциллограмма состоит из пар значений.

### Формат TXT

Файлы TXT – это ASCII-файлы, которые содержат только амплитудные значения в экспоненциальном формате и не содержат временных значений. Амплитудные значения разделяются запятыми. Пары значений перечисляются в виде двух последовательных одиночных значений, без идентификации. В конце файла запятая отсутствует.

Амплитудные значения записаны в экспоненциальном формате.

#### Пример: TXT-файл

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

### Формат BIN

Файлы BIN содержат только двоичные амплитудные значения и не содержат временных значений. Каждое значение имеет размер слова из 8, 16 или 32 битов, размер слова не меняется во всем файле.

Можно задать порядок байтов в словах: BIN MSBF сохраняет данные с использованием обратного порядка байтов, начиная со старшего байта MSB и заканчивая младшим LSB. BIN LSBF сохраняет данные, начиная с младшего байта и заканчивая старшим MSB. Пары значений перечисляются в виде двух последовательных одиночных значений, без идентификации.

### Формат FLT

Файлы FLT содержат амплитудные значения в формате чисел с плавающей запятой, где 4 последовательных байта сохраняются в виде 32-битного значения с плавающей запятой.

Можно задать порядок байтов в словах: FLT MSBF сохраняет данные с использованием обратного порядка байтов, начиная со старшего байта MSB и заканчивая младшим LSB. FLT LSBF сохраняет данные, начиная с младшего байта и заканчивая старшим MSB.

### Формат TRF

TRF – это специальный двоичный формат для опорных осциллограмм в приборе R&S RTM. Он содержит амплитудные значения каждого отсчета, который отображается на экране (длиной 8 или 16 битов). Для осциллограмм детектированных пиков сохраняется 2 значения на отсчет. Файл также содержит временную информацию (время первого отсчета и интервал дискретизации), а также текущие настройки прибора. Данные могут быть загружены в качестве опорной осциллограммы для дальнейшего использования в приборе. Данный формат не предназначен для проведения анализа вне прибора R&S RTM.

#### 17.2.4.2 Сохранение осциллограммы на USB-носитель

При необходимости сохранения большого количества осциллограмм, можно назначить данную функцию клавише PRINT. Более редкие операции сохранения можно выполнять из меню "File". Перед сохранением осциллограммы необходимо сконфигурировать место и формат файла хранения.

1. Нажать клавиши FILE > "Waveforms".
2. Настроить место хранения согласно описанию в подразделе "Выбор каталога хранения" главы 17.2.1.1.

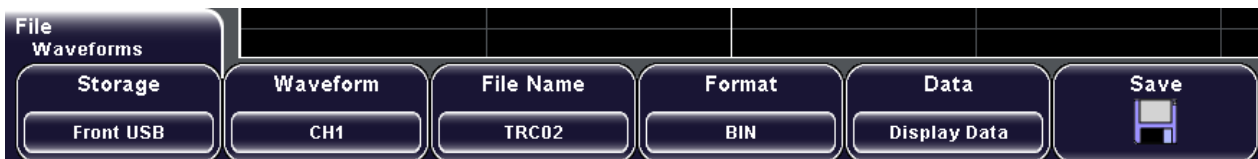
3. Нажать клавишу "Waveform" и выбрать сохраняемую осциллограмму. Перечислены все активные осциллограммы.
4. Ввести имя файла согласно описанию в подразделе "Ввод нового имени файла или каталога" главы 17.2.1.1.
5. Выбрать функцию "Format".  
Подробнее см. главу 17.2.4.1 "Форматы файлов для хранения осциллограмм".
6. Нажать клавишу "Data" и выбрать сохраняемые данные (отображаемые или хранимые в памяти).  
Подробнее см. подраздел "Data" далее.
7. Нажать клавишу "Save".



Чтобы иметь возможность многократного сохранения осциллограмм нажатием всего одной клавиши PRINT, следует назначить функцию сохранения осциллограмм "Waveforms" клавише PRINT согласно описанию в главе 17.2.2.1 "Настройка действия клавиши PRINT".

### 17.2.4.3 Настройки хранения осциллограмм

Нажатием клавиш FILE > "Waveforms" открывается меню для сохранения одной из активных осциллограмм на USB-носитель.



- Storage, File Name
- Waveform
- Format
- Data
- Data

**Storage** (хранение), **File Name** (имя файла)

Описание общих функций сохранения "Storage", "File Name" и "Save" см. в главе 17.2.1.3 "Общие настройки хранения".

Команда ДУ:

EXPort:WAVeform:NAME

**Waveform** (осциллограмма)

Выбор сохраняемой осциллограммы. Для выбора одной из доступных осциллограмм (канальной, опорной или расчетной) вращать поворотную ручку NAVIGATION.

Команда ДУ:

EXPort:WAVeform:SOURce

**Format** (формат)

Определение формата файла хранения данных осциллограмм: BIN, CSV, TXT или TRF. Подробнее см. в главе 17.2.4.1 "Форматы файлов для хранения осциллограмм".

**Data** (данные)

Выбор числа точек данных, сохраняемых в файле осциллограммы.

"Display Data" Будут сохранены все отсчеты осциллограммы, отображаемые на экране. Исключение: параметр "Waveform Rate" установлен на максимальную частоту дискретизации и сбор данных остановлен. В этом случае в памяти может содержаться больше отсчетов данных, чем отображается на экране (десимация). Для сохранения осциллограммы с максимальным разрешением прибор сохраняет отсчеты, записанные в памяти.

"Acq. Memory" Будут сохранены все отсчеты данных, которые хранятся в памяти. Данная настройка действует только для остановленного сбора данных и недоступна для расчетных осциллограмм. Для выполняющегося сбора данных всегда сохраняются отображаемые данные.

Команда ДУ:

`CHANnel<m>:DATA:POINTs`

**Save** (сохранить)

Сохранение данных в выбранном каталоге хранения. По завершении сохранения на экране отображаются используемый путь и имя файла.

Функция "Save" не действует, если для параметра "Data" установлено значение "Acq. Memory" или "History Data" и выполняется захват данных.

Команда ДУ:

Осциллограммы: `EXPort:WAVEform:SAVE`

## 17.2.5 Снимки экрана

В приборе имеется возможность создания снимка экрана с текущим изображением осциллограмм и результатов измерений и его сохранения в файл. При этом можно настроить различные цветовые режимы и формат файлов с целью оптимизации вывода. Кроме того, снимки экрана можно вывести на печать.

См. также [главу 17.1 "Вывод на печать"](#).

При необходимости сохранения большого количества снимков экрана (вместе с настройками прибора или только изображений) можно назначить данную функцию клавише PRINT. Более редкие операции сохранения можно выполнять из меню "File".

См. также [главу 17.2.2 "Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT"](#).

### 17.2.5.1 Сохранение снимка экрана

Перед сохранением снимка экрана необходимо сконфигурировать место и формат файла хранения.

1. Нажать клавиши FILE > "Screenshots".
2. Настроить место хранения согласно описанию в разделе "[Выбор каталога хранения](#)" главы 17.2.1.1.
3. Ввести имя файла согласно описанию в разделе "[Ввод нового имени файла или каталога](#)" главы 17.2.1.1.

4. Выбрать функции "Format" и "Color mode".

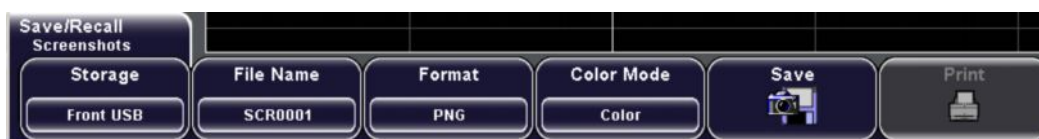
Подробнее см. главу 17.2.5.2 "Настройки хранения снимков экрана".

5. Нажать клавишу "Save".

См. также главу 17.2.2 "Быстрый доступ с помощью клавиши PRINT".

### 17.2.5.2 Настройки хранения снимков экрана

Нажатием клавиш FILE > "Screenshots" открывается меню для сохранения или печати снимков экрана с текущим отображением.



Описание общих функций сохранения "Storage", "File Name" и "Save" см. в главе 17.2.1.3 "Общие настройки хранения". Ниже описаны специальные параметры для сохранения снимков экрана.

- [Format](#)
- [Color mode](#)
- [Print](#)

#### **Format** (формат)

Выбор формата файла, содержащего снимок экрана. Доступны следующие форматы:

- BMP  
BitMaP – это формат без сжатия, файлы имеют большой размер, и сохранение может занять некоторое время.
- PNG  
Portable Network Graphics – это графический формат со сжатием без потерь.

Если выбран вариант "BMP" или "PNG", сохраняется полное отображение экрана, включая меню.

Команды ДУ:

[HCOpy:LANGuage](#)

[HCOpy:MENU\[:ENABle\]](#)

#### **Color mode** (цветовой режим)

Выбор цветового режима для сохраняемых снимков экрана.

"Grayscale"	Черно-белый вывод
"Color"	Цветной вывод
"Inverted"	Инверсные цвета, т.е. темная осциллограмма печатается на белом фоне

Команда ДУ:

[HCOpy:COLor:SCHEME](#)

**Print** (печать)

Печать снимка экрана на принтере, подключенном через USB-разъем передней или задней панели прибора. Настройки принтера конфигурируются нажатием клавиш SETUP > "Printer".

Данная функция доступна только при подключенном принтере.

Команда ДУ:

`HCOPY[:IMMEDIATE]`

### 17.2.6 Опорные осциллограммы, маски и системы уравнений: импорт/экспорт

Меню "File" содержит функции для копирования файлов масок, файлов систем уравнений и файлов опорных осциллограмм между устройствами хранения.

Подробности см. в соответствующих главах:

- Опорные осциллограммы: [глава 7 "Опорные осциллограммы"](#)
- Маски: [глава 11 "Маски"](#)
- Системы уравнений: [глава 9 "Расчетные осциллограммы"](#)
- Процедура импорта/экспорта: [глава 17.2.1.2 "Импорт и экспорт данных"](#)

## 18 Общая настройка прибора

В данной главе описаны обновление встроенного программного обеспечения, активация новых опций и все функциональные клавиши меню "Setup".

Использование данных функций, за исключением функции обновления ПО, описано в других главах, в зависимости от контекста использования:

- глава "Определение общих настроек прибора" в кратком руководстве по эксплуатации: настройка даты, времени, интерфейса и языка справки, звуков;
- [глава 19.1 "Работа в локальной сети"](#).

### 18.1 Встроенное ПО и опции

- [Обновление встроенного ПО](#)
- [Активация опций](#)
- [Перемещение переносимой лицензии](#)

#### 18.1.1 Обновление встроенного программного обеспечения

В данной главе описан порядок обновления встроенного ПО прибора и интерфейса. Встроенное ПО прибора и интерфейса поставляются в разных файлах, которые упакованы в один архивный zip-файл. Встроенное ПО прибора и интерфейса необходимо обновлять по отдельности.



Следует обновлять встроенное ПО прибора и интерфейса на регулярной основе, чтобы получить преимущества новых функций и решить возможные проблемы.

#### Обновление встроенного ПО прибора

1. Загрузить текущий пакет встроенного ПО с веб-страницы прибора: <http://www.scope-of-the-art.com/product/rtm.html> в разделе "Downloads > Firmware".
2. Извлечь содержимое zip-пакета и скопировать необходимые файлы на USB-носитель.

**Примечание** – Архивный zip-пакет содержит ПО прибора и интерфейса:

RTM20x2.fwu / RTM20x4.fwu для приборов R&S RTM20xx,  
RTM2102.fwu / RTM2104.fwu для приборов R&S RTM21xx.

Для приборов с увеличенной до 1 ГГц полосой пропускания необходимо использовать файл RTM210x.fwu.

3. Вставить USB-носитель в прибор.
4. Нажать клавишу SETUP.
5. Нажать функциональную клавишу "More".
6. Нажать клавиши "Update > Firmware".

Отобразятся текущая версия встроенного ПО, а также все доступные версии обновлений.



7. Нажать функциональную клавишу "Execute" для запуска обновления ПО.

**Примечание** – По завершении обновления прибор будет автоматически перезагружен.

Не выключайте прибор и не отключайте питание в процессе обновления. Незавершенный процесс обновления может привести к неопределенному программному состоянию и к неправильной работе прибора.

#### Обновление встроенного ПО интерфейса

1. Вставить USB-носитель, содержащий файл обновления интерфейса, в прибор.
2. Нажать клавиши SETUP > "Update > Interface".

Отобразятся текущая версия встроенного ПО, а также все доступные версии обновлений.

3. Нажать функциональную клавишу "Execute" для установки доступных обновлений.

**Примечание** – Не выключайте прибор и не отключайте питание в процессе обновления. Незавершенный процесс обновления может привести к неопределенному программному состоянию и к неправильной работе прибора.

### 18.1.2 Активация опций

Для получения лицензионного ключа понадобится десятичный и серийный номера прибора. Новые опции прибора R&S RTM должны активироваться с помощью лицензионного ключа от компании Rohde & Schwarz. Лицензионный ключ может быть считан из файла лицензии или введен вручную.

Подробное описание процедуры активации с помощью ключа предоставляется вместе с информацией о лицензионном ключе.

### 18.1.3 Перемещение переносимой лицензии

Следующая процедура описывает порядок перемещения переносимой лицензии на другой прибор. Каждый прибор идентифицируется с помощью индивидуального идентификатора устройства. В процедуру входит перенос файлов между менеджером лицензий R&S License Manager и прибором с помощью USB-носителя.

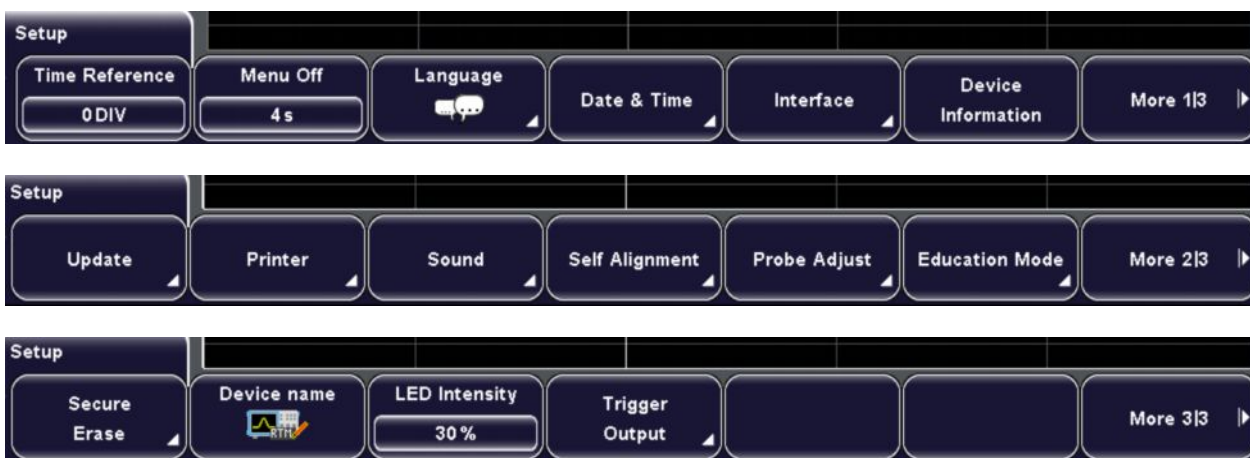
1. На исходном приборе сохраните переносимую лицензию в файл:
  - а) Нажать клавиши SETUP > "Update" > "Licenses" > "Portable Licenses".
  - б) Выбрать перемещаемую переносимую лицензию.
  - в) Нажать функциональную клавишу "Save to license file" и сохранить переносимую лицензию на USB-носитель.
2. В менеджере лицензий R&S License Manager определить исходный и целевой приборы:
  - а) Открыть менеджер лицензий R&S License Manager:  
<https://extranet.rohde-schwarz.com/service>
  - б) Выбрать функцию "Move Portable License".
  - в) Ввести идентификационные данные исходного и целевого приборов.  
Идентификаторы показаны в верхней части окна "Portable Licenses".

## Справочная информация об общих настройках прибора

3. В менеджере лицензий R&S License Manager определить перемещаемую переносимую лицензию и создать ключ деактивации для исходного прибора:
  - а) Открыть файл переносимой лицензии, который был сохранен в шаге 1.
  - б) Сгенерировать и записать ключ деактивации. Сохранить его на USB-носителе.
4. На исходном приборе деактивировать лицензию и сгенерировать ответный ключ:
  - а) Нажать "Read keys from license file" (считать ключи из файла лицензии) и установить файл ключа деактивации, сгенерированный в предыдущем шаге.
  - б) Записать ответный ключ деактивации.
5. В менеджере лицензий R&S License Manager убедиться, что лицензия была деактивирована и сгенерировать ключ активации для целевого прибора:
  - а) Ввести ответный ключ деактивации, сгенерированный в предыдущем шаге.  
В результате, генерируется зарегистрированный для целевого прибора файл переносимой лицензии.
  - б) Сохранить файл лицензии на USB-носителе.
6. На целевом приборе нажать SETUP > "Update" > "Licenses" > "Read keys from license file" и установить файл ключа активации, сгенерированный в предыдущем шаге.  
Переносимая лицензия будет активирована на целевом приборе.

## 18.2 Справочная информация об общих настройках прибора

Клавиша SETUP предоставляет доступ к функциям базовых настроек прибора и позволяет обновлять программное обеспечение прибора и файлы справки:



- Time Reference
- Menu Off
- Language
- Date & Time
  - └ Year/Month/Day/Hour/Minute

- Interface
  - └ USB
  - └ LAN
  - └ IEEE488
  - └ Parameter
    - └ DHCP
    - └ Next
    - └ Up
    - └ Down
    - └ Default
    - └ Save
- Device Information
- Update
  - └ Firmware
    - └ Execute
  - └ Interface
    - └ Execute
  - └ Licenses
    - └ Read keys from license file
    - └ Input key manually
    - └ Licenses
    - └ Portable licenses
- Printer
- Sound
  - └ Control Beep
  - └ Error Beep
  - └ Trigger Beep
- Self Alignment
  - └ Start
  - └ Export
  - └ Abort
- Probe Adjust
  - └ 1kHz
  - └ 1MHz
  - └ Automatic
- Education Mode
  - └ Education Mode
  - └ Set password
  - └ Clear password
- Secure Erase
- Device Name
- LED Intensity
- Trigger Output
  - └ Output
  - └ Polarity
  - └ Pulse width

## Справочная информация об общих настройках прибора

**Time Reference** (опорная точка)

Выбор опорной точки времени на диаграмме, т.е. точки, которой соответствует момент запуска 0 с. Опорная точка определяется как смещение в делениях от центра диаграммы. По умолчанию опорная нулевая точка отображается в центре окна, который соответствует 0 делений.

Масштаб осциллограммы зависит от опорной точки.

Команда ДУ:

`TIMEbase:REference`

**Menu Off** (выключение меню)

Выбор продолжительности отображения на экране меню выбора функциональной клавиши до его автоматического закрытия.

**Language** (язык)

Выбор языка, на котором отображается информация в метках функциональных клавиш, справке и другая информация, которая может быть выведена на экран. В настоящее время справка доступна только на английском языке.

Команда ДУ:

`DISPlay:LANGuage`

**Date & Time** (дата и время)

Доступ к функциональным клавишам для установки текущего времени и даты.

**Year(год)/Month(месяц)/Day(день)/Hour(час)/Minute(минута) ← Date & Time**

Изменение отдельных настроек даты и времени. Изменения воспринимаются прибором только после нажатия клавиши "Save and Back".

Команды ДУ:

`SYSTem:DATE`

`SYSTem:TIME`

**Interface** (интерфейс)

Включение или выключение дополнительных интерфейсов прибора. Используя эти интерфейсы, можно устанавливать связь с прибором, например, считывать данные или включить автоматические измерения. Различные режимы измерения доступны в виде опций прибора, которые устанавливаются в специальный разъем на задней панели. В зависимости от установленного интерфейса, дополнительные параметры могут быть заданы с помощью функциональной клавиши "Parameter" после включения интерфейса.

**USB ← Interface**

Включение интерфейса USB (типа B) для дистанционного управления. Интерфейс USB обеспечивает простой способ подключения прибора к ПК. Поддерживается стандарт USB 2.0. Следует использовать кабель, подходящий для интерфейса USB "Type B".

Для данного интерфейса настройки отсутствуют.

**Примечание** – Через интерфейс USB типа B нельзя подключить принтер. Для подключения принтера используйте только интерфейс USB типа A.

**LAN ← Interface**

Включение сетевого интерфейса LAN, который позволяет соединять прибор с другими устройствами. Доступ к прибору осуществляется по его IP-адресу.

По умолчанию прибор настроен на использование DHCP. Если прибор не может найти DHCP-сервер, то примерно через две минуты будет доступно меню LAN. Интерфейс настраивается с помощью функциональной клавиши **Parameter**. См. также главу 19.1 "Настройка сетевого соединения (LAN)".

**IEEE488 ← Interface**

Включение интерфейса IEEE488, известного так же как GPIB (General Purpose Interface Bus). С помощью этого интерфейса к прибору могут быть подключены до 15 устройств. Каждое устройство идентифицируется уникальным номером, который задается прибором.

Интерфейс настраивается с помощью функциональной клавиши **Parameter**. См. также главу 19.1 "Настройка сетевого соединения (LAN)".

**Parameter (параметр) ← Interface**

Открытие диалогового окна настроек дополнительного интерфейса. Изменения воспринимаются прибором только после нажатия функциональной клавиши "Save".

**DHCP ← Parameter ← Interface**

Включение или выключение использования DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Если сеть поддерживает динамическую конфигурацию адресов TCP/IP с использованием DHCP, все адресные данные могут быть назначены автоматически.

**Next (далее) ← Parameter ← Interface**

Для настроек, которые требуют несколько параметров в одной строке, функция "Next" выбирает следующий параметр.

Для выбора следующей настройки в диалоговом окне нажать клавишу "Down", для выбора предыдущей настройки нажать клавишу "Up".

**Up (вверх) ← Parameter ← Interface**

Выбор предыдущей настройки в диалоговом окне.

**Down (вниз) ← Parameter ← Interface**

Выбор следующей настройки в диалоговом окне.

**Default (стандартн.) ← Parameter ← Interface**

Восстановление стандартных настроек интерфейса прибора.

**Save (сохранить) ← Parameter ← Interface**

Сохранение изменений в настройках и закрытие диалогового окна.

**Device Information (информация об устройстве)**

Отображение информации о приборе (серийный номер, версия установленного ПО и информация об аппаратном обеспечении). Данная информация необходима в случае обращения в службу технической поддержки.

**Update (обновить)**

Доступ к функциям обновления файлов справки или ПО прибора или интерфейсов.

**Firmware** (встроенное ПО) ← **Update**

Данная функция позволяет выполнить обновление ПО прибора. Текущая версия установленного ПО и все доступные версии обновлений выводятся на экран, если обнаружен USB-носитель, содержащий эти обновления. ПО прибора обновляется только при нажатии функциональной клавиши "Execute".

**Примечание** – ПО прибора следует обновлять на регулярной основе для того, чтобы расширить возможности прибора новыми функциями и решить возможные проблемы.

Оперативная справочная система не входит в пакет обновления встроенного ПО. Для получения самой последней информации справку следует обновлять отдельно.

**Execute** (выполнить) ← **Firmware** ← **Update**

Проведение обновления встроенного ПО прибора

**Interface** (интерфейс) ← **Update**

Некоторые интерфейсы поддерживают собственное аппаратно-зависимое программное обеспечение. ПО интерфейса также может быть обновлено. Текущая версия установленного ПО и все доступные версии обновления вводятся на экран, если обнаружен USB-носитель, содержащий эти обновления. ПО прибора обновляется только при нажатии функциональной клавиши "Execute".

**Примечание** – ПО интерфейса следует обновлять регулярно для того, чтобы расширить возможности прибора новыми функциями и решить возможные проблемы.

**Execute** (выполнить) ← **Interface** ← **Update**

Проведение обновления ПО интерфейса.

**Licenses** (лицензии) ← **Update**

Обеспечение функций для активации опций.

**Read keys from license file** (считать ключи из файла лицензий) ← **Licenses** ← **Update**

Выбрать устройство и каталог хранения, в котором будет храниться файл лицензии, и нажать клавишу "Load" для активации опций.

**Input key manually** (ввод ключа вручную) ← **Licenses** ← **Update**

Открытие виртуальной клавиатуры для ввода лицензионного ключа опции.

**Input key manually** (ввод ключа вручную) ← **Licenses** ← **Update**

Открытие виртуальной клавиатуры для ввода лицензионного ключа опции.

**Licenses** (лицензии) ← **Licenses** ← **Update**

Отображение списка всех лицензий прибора: активных, неактивных и ответных ключей деактивированных лицензий. Доступны следующие типы лицензий:

## Справочная информация об общих настройках прибора

- Постоянные: неограниченные лицензии для выделенного прибора.
- Постоянные переносимые: неограниченные лицензии, которые могут быть перенесены на другой прибор.
- Временные: ограниченные по времени лицензии для выделенного прибора. Оставшийся период действия показан в столбце "Validity".

**Portable licenses** (переносимые лицензии) ← **Licenses** ← **Update**

Открытие меню для управления переносимыми лицензиями. Используйте функцию "License" для вывода списка переносимых лицензий, которые установлены в приборе. Для перемещения выбранной переносимой лицензии на другой прибор используйте функцию "Save to license file".

Клавиша "Portable licenses" активна, только если установлена хотя бы одна переносимая лицензия.

**Printer** (принтер)

Открытие меню для конфигурирования вывода на принтер: формат бумаги, ориентация, цвет и язык принтера. Принтер должен быть подключен к порту USB (типа A).

Подробнее см. [главу 17.1.2 "Настройки принтера"](#).

**Sound** (звуки)

Выбор типов событий, на которые прибор реагирует звуковым сигналом. Выключение и выключение звуков на отдельные события осуществляется соответствующей функциональной клавишей. Включенные звуки подсвечиваются.

**Control Beep** (звуки управления) ← **Sound**

Настройка звуков для основных событий управления, например, достижения предела поворотным кодером или изменение режима измерения в меню "Automeasure".

Команда ДУ:

```
SYSTem:BEEPer:CONTrol:STATe
```

**Error Beep** (звук ошибки) ← **Sound**

Настройка звуков ошибок прибора, например, когда входное сопротивление превышает 50 Ом или в диалоговое окно введено неверное значение.

Команда ДУ:

```
SYSTem:BEEPer:ERRor:STATe
```

**Trigger Beep** (звук запуска) ← **Sound**

Настройка звука на выполнение условий запуска.

Команда ДУ:

```
SYSTem:BEEPer:TRIG:STATe
```

**Self Alignment** (саморегулировка)

Открытие подменю для выполнения внутренней саморегулировки прибора. Регулировка выполняется только при нажатии функциональной клавиши "Start".

При отображении данных из нескольких выходных каналов одновременно может возникнуть необходимость выравнивания данных, с целью синхронизации временных разверток, амплитуд и позиций. Что имеет место, например, в случае резкого изменения температуры.

Команды ДУ:

```
CALibration  
CALibration:STATe?
```

## Справочная информация об общих настройках прибора

**Start** (запуск) ← **Self Alignment**

Запуск внутренней саморегулировки прибора. Информация о состоянии выводится на экран.

**Export** (экспорт) ← **Self Alignment**

Открытие подменю для сохранения файла журнала на USB-носитель.

См. также: "[Меню каталога хранения Storage](#)".

**Abort** (прервать) ← **Self Alignment**

Прерывание внутренней саморегулировки прибора.

**Probe Adjust** (настройка пробника)

Регулировка пробников в приборе R&S RTM может быть проведена без использования дополнительных устройств. Два вывода соединителей находятся на передней панели. Левый вывод подключен к "земле". На правый вывод подается прямоугольный сигнал для регулировки. В данном меню возможен выбор из двух частот (1 кГц, 1 МГц) или включение детектирования автоматических настроек прибором. Время нарастания между этими настройками не различается.

**1kHz** (1 кГц) ← **Probe Adjust**

Прямоугольный сигнал с частотой  $f = 1$  кГц подается на вывод "Probe Adjust". Данная настройка используется для регулировки низкочастотной полосы пробника.

**1MHz** (1 МГц) ← **Probe Adjust**

Прямоугольный сигнал с частотой  $f = 1$  МГц подается на вывод "Probe Adjust". Данная настройка используется для регулировки высокочастотной полосы пробника.

**Automatic** (автомат.) ← **Probe Adjust**

Прямоугольный сигнал генерируется на выводе "Probe Adjust". Частота прямоугольного сигнала зависит от заданной временной развертки. Если временная развертка слишком мала для отображения сигнала с частотой 1 кГц, то автоматически происходит переключение на частоту 1 МГц.

**Education Mode** (режим обучения)

Открытие меню, в котором можно отключить удобные функции автонастройки AutoSet, быстрых измерений Quick Meas и автоматических измерений для целей обучения.

**Education Mode** (режим обучения) ← **Education Mode**

Если функция включена, становятся недоступны удобные функции автонастройки AutoSet, быстрых измерений Quick Meas и автоматических измерений. Указанное состояние показано в информации об устройстве "Device Information".

**Set Password** (установка пароля) ← **Education Mode**

Можно ввести пароль для предотвращения нежелательной деактивации режима обучения.

**Clear Password** (очистка пароля) ← **Education Mode**

Удаление пароля. После удаления пароля все пользователи могут включать и выключать режим обучения.



## Справочная информация об общих настройках прибора

Перед удалением необходимо ввести пароль.

Если пароль забыт, его можно сбросить с помощью команды дистанционного управления `SYSTem:EDUCation:PRESet`.

**Secure Erase** (безопасное удаление)

Удаление текущих данных конфигурации прибора и пользовательских данных (например, файлов опорных осциллограмм, систем уравнений, масок) из внутренней памяти. Калибровочные данные остаются в памяти.

Функцию используют перед отправкой прибора в сервис. Если прибор эксплуатируется в защищенной среде, данная функция гарантирует, что все критические данные будут удалены прежде, чем прибор покинет защищенную зону.

Чтобы запустить безопасное удаление, нажать "ОК". Запрещается выключать прибор до завершения процесса!

См. также документ "Разрешение вопросов безопасности при работе в защищенных зонах", который поставляется на CD-ROM с документацией и содержится на веб-странице прибора R&S RTM.

**Device Name** (название прибора)

Ввод названия прибора.

**LED Intensity** (яркость светодиодов)

Определение яркости подсвечиваемых клавиш и поворотных ручек на передней панели.

**Trigger Output** (выход запуска)

Открытие меню "Trigger Output".

**Output** (вывод) ← **Trigger Output**

Включение вывода сигнала запуска и определение момента его генерации: по событию запуска или по нарушению маски.

Вывод сигнала запуска по нарушению маски включается и настраивается в меню `TOOLS > "Masks Tests > Actions > Pulse"`.

Команда ДУ:

`TRIGger:OUT:MODE`

**Polarity** (полярность) ← **Trigger Output**

Установка полярности выходного запускающего импульса.

Команда ДУ:

`TRIGger:OUT:POLarity`

**Pulse width** (длительность импульса) ← **Trigger Output**

Определение длительности выходного запускающего импульса.

Команда ДУ:

`TRIGger:OUT:PLENgtH`

## 19 Сетевая и удаленная работа с прибором

### 19.1 Работа в локальной сети

#### 19.1.1 Подсоединение прибора к локальной сети (LAN)

Сетевая плата может работать с интерфейсом IEEE 802.3 (Ethernet 10 Мбит/с) или IEEE 802.3u (Ethernet 100 Мбит/с).

#### **NOTICE**

##### **Опасность нарушения работы сети**

Перед подключением прибора к сети или перед настройкой сетевого подключения проконсультируйтесь со своим сетевым администратором. Ошибки могут повлиять на работу всей сети.

- ▶ Для установления сетевого соединения подсоединить стандартный кабель RJ-45 к одному из сетевых портов прибора и ПК.

#### 19.1.2 Настройка параметров сетевого соединения (LAN)

В зависимости от функциональных возможностей сети, IP-адрес прибора может быть получен разными способами.

- Если сеть поддерживает динамическую конфигурацию TCP/IP, используя протокол Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) и доступен DHCP-сервер, все адреса назначаются автоматически.
- В противном случае адреса должны быть назначены вручную. Функция автоматического назначения частных IP-адресов (APIPA) не поддерживается. См.: "[Настройка параметров LAN вручную \(без DHCP\)](#)" далее

По умолчанию, прибор настроен для использования динамической конфигурации TCP/IP и получает все адресную информацию автоматически. Это означает, что прибор устанавливает физическое соединение с локальной сетью без какой-либо предварительной настройки.

#### **NOTICE**

##### **Опасность нарушения работы сети**

Ошибки соединения могут повлиять на всю сеть. Если сеть не поддерживает DHCP, или отключена динамическая конфигурация TCP/IP, необходимо назначить правильный адрес, прежде чем подсоединять прибор к локальной сети. Чтобы получить правильный IP-адрес, обратитесь к своему сетевому администратору.

### Настройка параметров LAN вручную (без DHCP)

1. Отсоединить прибор R&S RTM от локальной сети (LAN).
2. Перезапустить прибор.
3. Нажать клавишу SETUP, а затем функциональную клавишу "Interface".
4. Подождать около двух минут, до тех пор, пока не станет доступно меню LAN. Нажать функциональную клавишу "LAN".

**Примечание** – По умолчанию, прибор настроен на использование DHCP. Если прибор не может обнаружить DHCP-сервер, необходимо некоторое время на то, чтобы получить доступ к сетевым настройкам.

5. Нажать функциональную клавишу "Parameter".

Откроется диалоговое окно "LAN settings".



Некоторые данные отображаются только в информационных целях и не могут редактироваться. К ним относятся "MAC" (физический) адрес соединителя и информация о состоянии "Link".

6. Если сеть LAN не поддерживает DHCP, или прибор напрямую соединен с компьютером, отключите DHCP: нажмите функциональную клавишу "DHCP" так, чтобы она не подсвечивалась (была выключена).

## Удаленный доступ с помощью веб-браузера

7. Задать IP-адрес прибора путем ввода каждого из четырех блоков цифр.
  - а) Задать первый блок цифр с помощью ручки навигации.
  - б) Нажать "Next", чтобы переместиться к следующему блоку и задать номер.
  - в) Когда ввод IP-адреса завершен, нажать "Down", чтобы перейти к следующей настройке.
8. Задать маску подсети "Subnetmask" и шлюз "Gateway" таким же образом, что и IP-адрес.
9. Выбрать "IP Port" – номер порта для связи через сокет прямого доступа.
10. Выбрать порт "HTTP Port", используемый прибором.
11. Выбрать режим передачи "Transfer". Этот режим может быть определен как автоматически (настройка "Auto"), так и вручную, путем выбора сочетания скорости передачи и полу- или полностью дуплексного режима.
12. Нажать "Save", чтобы сохранить параметры LAN в приборе.

Информация о состоянии соединения "Link" в нижней части диалогового окна указывает на успешность установления сетевого соединения.

**Проверка LAN и SCPI соединений**

1. Проверить сетевое соединение с помощью утилиты ping:  
`ping xxx.yyy.zzz.xxx.`
2. Если компьютер может получить доступ к прибору, введите IP-адрес осциллографа R&S RTM в адресной строке интернет-браузера на своем компьютере: `http://xxx.yyy.zzz.xxx.`

См.: [глава 19.2.1 "Доступ к прибору с помощью веб-браузера"](#).

## 19.2 Удаленный доступ с помощью веб-браузера

Встроенное ПО осциллографа R&S RTM содержит веб-сервер. Если установлено сетевое соединение, можно получить доступ к прибору с помощью веб-браузера на управляющем компьютере.

Доступ через браузер позволяет выполнять следующие операции:

- проверка данных прибора
- управление прибором
- печать снимков экрана
- передача команд дистанционного управления
- сохранение осциллограмм и данных прибора
- проверка сетевых настроек

### 19.2.1 Доступ к прибору с помощью веб-браузера

Для доступа к прибору R&S RTM необходимо сетевое соединение и IP-адрес прибора.

## Удаленный доступ с помощью веб-браузера

1. Получите IP-адрес прибора R&S RTM: SETUP > "Interface" > включить "LAN" > "Parameter".
2. Открыть интернет-браузер на управляющем компьютере.
3. Введите IP-адрес прибора R&S RTM в адресную строку: *http://:xxx.yyy.zzz.xxx*.  
Появится домашняя страница прибора "Instrument Home".

## 19.2.2 Домашняя страница прибора

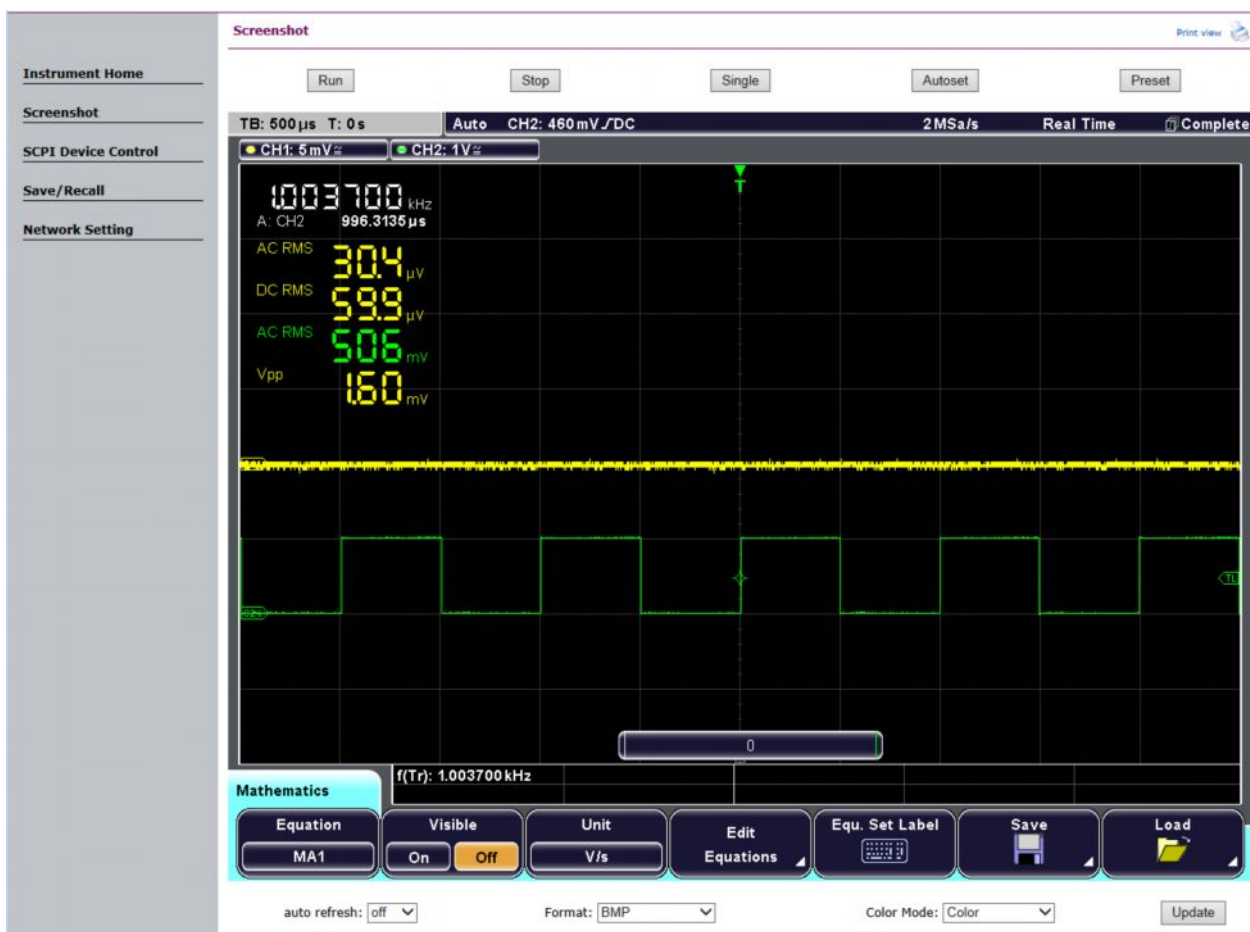
Домашняя страница прибора "Instrument Home" содержит информацию о приборе и о сетевом подключении LAN.

## 19.2.3 Снимок экрана

На странице "Screenshot" (снимок экрана) показана копия экрана прибора. На странице также содержатся функции управления прибором и настройки снимков экрана.

### Управление прибором

- "Run" и "Stop"  
Запуск и остановка непрерывного сбора данных, см. также "RUN CONT" в главе 5.3.1.
- "Single"  
Запуск однократного сбора данных
- "Autoset" = клавиша AUTOSET прибора
- "Preset" = клавиша PRESET прибора



### Снимки экрана

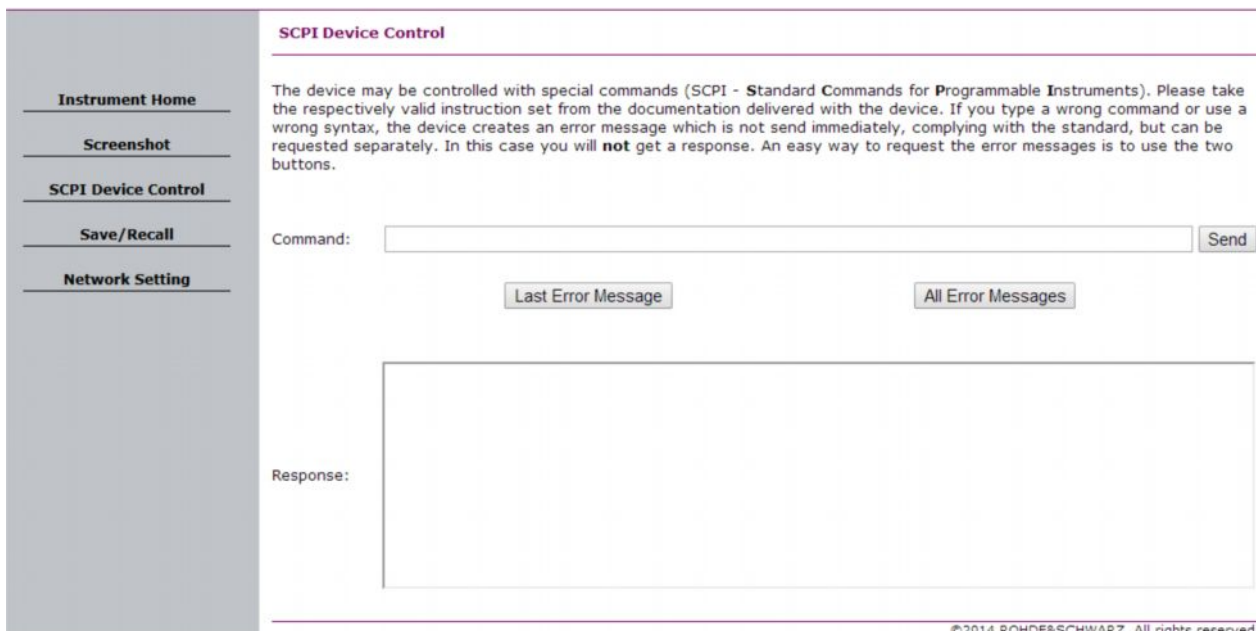
- "Auto refresh" и "Update"  
Получение текущего содержимого экрана прибора. С помощью функции "Auto refresh" можно установить интервал автоматических обновлений.
- "Format" и "Color":  
Установка формата файла и цветового режима снимка экрана, см. также [главу 17.2.5.2 "Настройки хранения снимков экрана"](#).
- ▶ Чтобы сохранить снимок экрана, щелкните правой кнопкой мыши на изображении и выберите пункт "Save picture as" (сохранить рисунок как).

## 19.2.4 Управление устройством SCPI

На странице "SCPI Device Control" (управление устройством SCPI) можно проверить работу функции передачи команд дистанционного управления.

Можно ввести одну команду, например; \*IDN?, и передать ее с помощью кнопки "Send". Не нажимайте клавишу ENTER.

Если переданная команда содержала ошибку, в фоновом режиме будет создано сообщение об ошибке, и пользователь не получит никакого ответа. Сообщения об ошибке можно просмотреть с помощью функций "Last Error Message" и "All Error Messages"



### 19.2.5 Сохранить/вызвать

На странице "Save/Recall" (сохранить/вызвать) можно сохранить данные об осциллограмме и настройки прибора в файл – либо на компьютер (локальный файл), либо на прибор (удаленное устройство). На компьютере стандартным каталогом хранения является папка загрузки, тем не менее можно изменить каталог с помощью функций загрузки браузера. На приборе файлы сохраняются во внутреннем устройстве хранения.

Также можно загружать опорные осциллограммы и настройки прибора из файла в прибор.

#### Сохранение данных в локальный файл

1. Выберите осциллограмму или настройки прибора в списке "Source".
2. Выберите формат файла "Format".

См. также:

- [глава 17.2.4.1 "Форматы файлов осциллограмм"](#)
- [глава 7 "Опорные осциллограммы"](#)
- [глава 17.2.3 "Настройки устройства"](#)

3. Для аналогового и цифрового каналов выберите диапазон записываемых данных "Data".

См. также: "Data" в главе 15.2.4

4. Нажать "Save".



**Instrument Home**

---

**Screenshot**

---

**SCPI Device Control**

---

**Save/Recall**

---

**Network Setting**

---

### Save/Recall

If you want to save a waveform to a file, you first have to select the waveform, format and data. The number of samples and the file size will be indicated below. To download the waveform file, use the "Save" button.

Save to local file

Source:  Format:  Data:

Source: Channel1  
Samples: 10000  
File size (approx.): 112 kB  
Sample number may be reduced due to running acquisition.

Recall from local file

Target:  Source file:

Save to remote device

Source:  Target file:

Recall from remote device

Target:  Source file:

## 19.2.6 Сетевые настройки

На странице "Network Setting" (сетевые настройки) можно изменить настройки портов, выключить DHCP адрес и ввести IP-адрес более удобным способом, чем напрямую с прибора. Чтобы изменения вступили в силу, необходимо нажать кнопку "Submit", отправив их на прибор.

Кнопка "Reset" удаляет все измененные значения, которые еще не были отправлены на прибор.

**Instrument Home**

---

**Screenshot**

---

**SCPI Device Control**

---

**Save/Recall**

---

**Network Setting**

---

### Network Setting

**Warning:** Changing the network settings may result in loss of connection!

DHCP:  On  Off

IP Address:  .  .  .

Subnet Mask:  .  .  .

Default Gateway:  .  .  .

IP Port:

HTTP Port:

Transfer:

©2014 ROHDE&SCHWARZ. All rights reserved.



## 19.3 Интерфейсы дистанционного управления

Для дистанционного управления прибором могут использоваться интерфейсы LAN, USB или GPIB. Интерфейс GPIB (опция RTM-B10) заменяет модуль интерфейса LAN / USB типа B на задней панели прибора.

Таблица 19-1 – Интерфейсы и протоколы дистанционного управления

Интерфейс	Протоколы, адресная строка	Примечания
Локальная сеть (LAN)	Протокол VXI-11: TCPIP:: <ip_адрес>::inst0::INSTR  Режим сокета прямого доступа: TCPIP::<ip_адрес>::IP_порт ::SOCKET</ip_адрес></ip_адрес>	Разъем LAN расположен на задней панели прибора. См. также: <ul style="list-style-type: none"> <li>глава 19.1 "Работа в локальной сети"</li> <li>глава 19.3.1 "Сетевой интерфейс LAN"</li> </ul>
USB)	USB:: <vendor_id>::product_ID&gt;::serial_number)::INSTR)</vendor_id>	Разъем USB типа B расположен на задней панели прибора. См. также: <a href="#">глава 19.3.2 "Интерфейс USB"</a>
GPIB (интерфейс шины IEC/IEEE)	GPIB::primary address)::INSTR] (вторичный адрес отсутствует)	Опциональный интерфейс шины GPIB, соответствующий стандарту IEC 625.1/IEEE 488.1, может монтироваться на задней панели прибора. См. также: <a href="#">глава 19.3.3 "Интерфейс GPIB (интерфейс шины IEC/IEEE)"</a> .



В данной главе термин GPIB используется в качестве синонима интерфейса шины IEC/IEEE.

### Совместимость с SCPI

Команды стандарта SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) используются для дистанционного управления. Стандарт SCPI основывается на стандарте IEEE 488.2 и предназначен для стандартизации команд конкретных устройств, обработки ошибок и регистров состояния. В учебном пособии "Automatic Measurement Control – A tutorial on SCPI and IEEE 488.2" (автор John M. Pieper, код заказа в компании R&S 0002.3536.00) изложена подробная информация о понятиях и определениях, содержащихся в стандарте SCPI. Прибор поддерживает версию стандарта SCPI от 1999 года.

SCPI-совместимые команды выделены явным образом в справочных главах о командах дистанционного управления. Команды без метки SCPI зависят от устройства, тем не менее, их синтаксис удовлетворяет правилам SCPI.

### 19.3.1 Сетевой интерфейс LAN

Осциллограф R&S RTM оснащен сетевым интерфейсом и может подключаться к локальной Ethernet-сети LAN с целью осуществления дистанционного управления прибором. Прибор принимает команды дистанционного управления через интерфейс LAN с помощью библиотеки VISA. Программная библиотека VISA должна быть установлена на управляющем компьютере.

Прибор R&S RTM поддерживает два способа связи через интерфейс LAN:

- Протокол VXI-11: протокол, разработанный специально для контрольно-измерительных приборов. Рекомендован к использованию для дистанционного управления через интерфейс LAN.
- Режим сокета прямого доступа: синхронный, потоковый протокол. Соответственно, взаимодействие через сокет прямого доступа не поддерживает асинхронные события, в частности, запросы на сервисное обслуживание (SRQ) или команды очистки устройства (DCL).

См. также: [глава 19.1 "Работа в локальной сети"](#).

### 19.3.1.1 IP-адрес и ресурсная строка VISA

Для установки подключения необходим лишь IP-адрес прибора. Адрес идентифицирует прибор в сети и является частью "ресурсной строки VISA", используемой в программах для идентификации прибора и управления им. В зависимости от режима связи – протокол VXI-11 или режим сокета прямого доступа – ресурсная строка принимает различный вид.

IP-адрес и номер порта приведены в сетевых настройках "Ethernet Settings" прибора R&S RTM, см. также: [глава 19.1.2 "Настройка параметров сетевого соединения \(LAN\)"](#).

Если сеть LAN поддерживается DNS-сервером, вместо IP-адреса может использоваться имя хоста. DNS-сервер (сервер системы имен доменов) транслирует имя хоста в IP-адрес. Чтобы назначить имя хоста прибору R&S RTM, выберите пункт SETUP > "More" > "Device Name".

#### Протокол VXI-11

```
TCPIP::<IP-адрес>[:inst0]::INSTR
```

где:

- inst0 – имя сетевого устройства. VISA поддерживает несколько устройств, работающих на приборе. На приборе R&S RTM, настроено только одно устройство, поэтому имя сетевого устройства можно не указывать.
- INSTR указывает на использование протокола VXI-11

Пример: если IP-адрес прибора 192.1.2.3, правильная ресурсная строка имеет вид:

```
TCPIP::192.1.2.3::INSTR
```

При использовании имени хоста вместо IP-адреса:

```
TCPIP::<имя хоста>[:inst0]::INSTR
```

Пример: если имя компьютера RSRT1, правильная ресурсная строка имеет вид:

```
TCPIP::RSRT1::INSTR.
```

#### Режим сокета прямого доступа

```
TCPIP::<IP_адрес>::<IP_порт>::SOCKET
```

Стандартным номером порта для связи через сокет SCPI является номер 5025.

Пример: если IP-адрес прибора 192.1.2.3; правильная ресурсная строка имеет вид:

```
TCPIP::192.1.2.3::5025::SOCKET
```

При использовании имени хоста вместо IP-адреса:

TCP/IP::<имя\_хоста>::<IP\_порт>::SOCKET

Пример: если имя компьютера RSRT1; правильная ресурсная строка имеет вид:

TCP/IP::RSRT1::5025::SOCKET



Заключительным символом должен быть символ перевода строки.

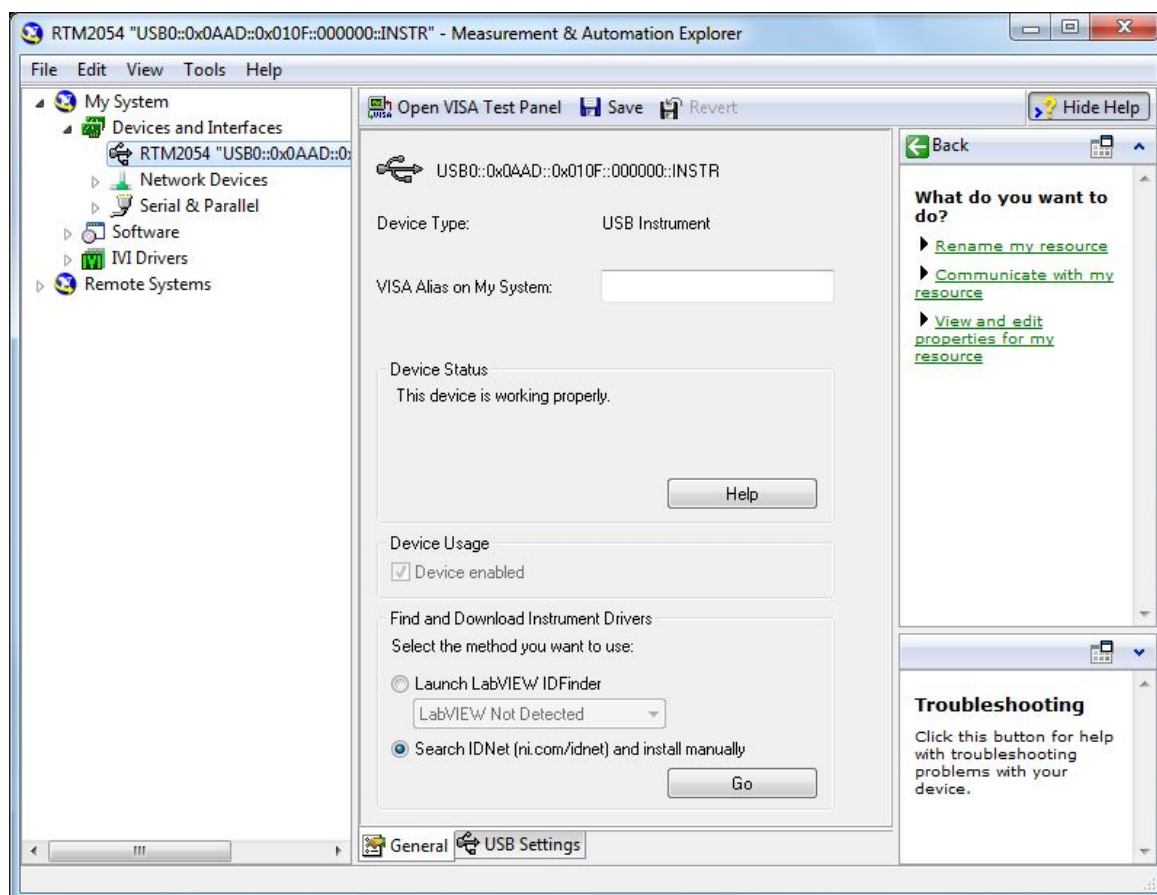
### 19.3.1.2 Протокол VXI-11

Стандарт VXI-11 основан на протоколе ONC RPC (Open Network Computing Remote Procedure Call, удаленный вызов процедур для открытых сетевых вычислений), который в свою очередь опирается на TCP/IP как на протокол сетевого/транспортного уровня. Сетевой протокол TCP/IP и связанные с ним сетевые службы предварительно конфигурируются. TCP/IP обеспечивает связь с установлением соединения, когда соблюдается порядок обмена сообщениями и обнаруживаются разрывы линии. При работе по данному протоколу потери сообщений не происходит.

## 19.3.2 Интерфейс USB

Для осуществления дистанционного управления через USB-соединение используется интерфейс USB типа B, через который соединяются ПК и прибор. Для USB-соединения на компьютере должна быть установлена библиотека VISA. Установки отдельного драйвера не требуется.

Подключите прибор к компьютеру с помощью USB-кабеля и выберите пункт SETUP > "Interface" > "USB" на приборе R&S RTM. VISA автоматически обнаружит прибор R&S и отобразит адресную строку.



### 19.3.3 Интерфейс GPIB (интерфейс шины IEC/IEEE)

Интерфейс GBIP является опциональным (опция RTM-B10). Он заменяет модуль интерфейса LAN / USB типа B на задней панели. В результате, дистанционное управление может осуществляться либо через LAN или USB соединение, либо через GBIP.

Для обеспечения возможности управления прибором по шине GPIB и прибор, и контроллер должны быть соединены с помощью кабеля шины GPIB. На стороне контроллера должны быть установлены плата шины GPIB, драйверы платы и программные библиотеки используемого языка программирования. Контроллер должен обращаться к прибору по адресу на шине GPIB.

#### Характеристики

Интерфейс GBIP описывается следующими характеристиками:

- Возможность подключения до 15 устройств
- Максимальная длина соединительных кабелей 15 м; длина кабеля между двумя приборами не должна превышать 2 м.
- Соединение монтажное-ИЛИ при параллельном подключении нескольких приборов.

**GPIO-адрес прибора**

Для работы с прибором посредством дистанционного управления, к нему необходимо обращаться с помощью адреса GPIO. При изготовлении в приборе для дистанционного управления установлен адрес 20, но его можно изменить в настройках сетевого окружения. Для дистанционного управления могут быть установлены адреса от 0 до 30. Адрес GPIO сохраняется после сброса настроек прибора.

## 19.4 Переключение в режим дистанционного управления

При включении прибора он всегда находится в режиме ручного управления ("местном" состоянии) и им можно управлять посредством передней панели.

При передаче команды из управляющего компьютера, она принимается и выполняется прибором R&S RTM. Дисплей прибора остается включенным, и всегда поддерживается возможность управления с передней панели.