

Keysight Technologies

ВЧ-частотомер 53210А, 350 МГц

Уведомления

Уведомление об авторском праве

© Keysight Technologies 2011–2017. Согласно законодательству США и международному законодательству по авторским правам, полное или частичное воспроизведение настоящего документа в любом виде и любыми средствами (включая электронные средства хранения и извлечения данных и перевод на иностранные языки) запрещено без предварительного письменного согласия компании Keysight Technologies.

Артикул руководства

53210-90002

Редакция

Редакция 3, 1 сентября, 2017 года.

Отпечатано

Отпечатано в Малайзии

Опубликовано

Keysight Technologies
Свободная промышленная зона Баян Лепас 11900 Пенанг, Малайзия

Лицензии на технологии

Аппаратное и (или) программное обеспечение, описываемое в данном документе, предоставляется по лицензии, и любое его использование или копирование допускается только на условиях такой лицензии.

Декларация о соответствии

Декларацию о соответствии данного изделия и других изделий компании Keysight можно загрузить из Интернет. Для этого перейдите по адресу <http://www.keysight.com/go/conformity>. Зайдя на страницу, можно ввести артикул изделия для поиска Декларации о соответствии.

Права правительства США

Программное обеспечение представляет собой «коммерческое компьютерное программное обеспечение» согласно определению этого термина в Правилах закупок для федеральных нужд FAR 2.101. В соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR 12.212 и 27.405-3, а также с Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS 227.7202 правительство США приобретает коммерческое компьютерное программное обеспечение на тех же условиях, на которых это программное обеспечение обычно предоставляется публике. Соответственно, компания Keysight предоставляет Про-

граммное обеспечение заказчикам со стороны правительства США на условиях стандартной коммерческой лицензии, закрепленных в лицензионном соглашении с конечным пользователем (EULA), копия которого доступна по адресу: <http://www.keysight.com/find/sweula>. Лицензия, определяемая в Лицензионном соглашении с конечным пользователем, представляет собой эксклюзивный набор полномочий, согласно которым правительство США может использовать, модифицировать, распространять или раскрывать Программное обеспечение. Лицензионное соглашение с конечным пользователем и оговоренная в нем лицензия не требуют и не позволяют компании Keysight, среди прочего: (1) предоставлять техническую информацию, связанную с коммерческим компьютерным программным обеспечением, или документацию на компьютерное программное обеспечение, которая обычно не предоставляется публике; равно как и (2) отказываться от прав в пользу правительства или так или иначе предоставлять правительству права, за исключением таких прав, которые обычно предоставляются публике, на использование, модификацию, воспроизведение, передачу в свободный доступ, выполнение, отображение или раскрытие коммерческого компьютерного программного обеспечения или документации на коммерческое компьютерное программное обеспечение. Никаких дополнительных требований правительственных учреждений, помимо предусмотренных в Лицензионном соглашении с конечным пользователем, не предусматривается, кроме случаев, когда требования в отношении таких условий, прав или лицензий прямо установлены для всех поставщиков коммерческого компьютерного программного обеспечения в соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR и Дополнением к Правилам закупок для нужд обороны DFARS и специально оговорены в письменной форме в других разделах Лицензионного соглашения с конечным пользователем. Компания Keysight не несет обязанности по обновлению, изменению или модификации тем или иным образом Программного обеспечения. В отношении технических данных согласно определению этого термина в п. 2.101 Правил FAR и в соответствии с пунктами 12.211 и 27.404.2 Правил FAR, а также с п. 227.7102 Правил DFARS правительство США получает не более чем Ограниченные права согласно определению этого термина в п. 27.401 Правил закупок для федеральных нужд FAR или в п. 227.7103-5 (с) Правил закупок для нужд обороны DFAR, в зависимости от применимости к любым техническим данным.

Гарантия

МАТЕРИАЛЫ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ ПРЕДОСТАВЛЯЮТСЯ НА УСЛОВИЯХ «КАК ЕСТЬ» И МОГУТ БЫТЬ ИЗМЕНЕНЫ В ПОСЛЕДУЮЩИХ РЕДАКЦИЯХ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УВЕДОМЛЕНИЯ. КРОМЕ ТОГО, В РАМКАХ, МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ДЕЙСТВУЮЩИМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ, КОМПАНИЯ KEYSIGHT ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ — ЯВНЫХ, ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ — В ОТНОШЕНИИ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА И СОДЕРЖАЩИХСЯ В НЕМ СВЕДЕНИЙ, ВКЛЮЧАЯ, НАряду с прочим, ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОГО КАЧЕСТВА И ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ. КОМПАНИЯ KEYSIGHT НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ОШИБКИ, СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ КОСВЕННЫЕ УБЫТКИ В СВЯЗИ С ПРЕДОСТАВЛЕНИЕМ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И РЕАЛИЗАЦИЕЙ НАСТОЯЩЕГО ДОКУМЕНТА ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В НЕМ ИНФОРМАЦИИ. ПРИ НАЛИЧИИ МЕЖДУ КОМПАНИЕЙ KEYSIGHT И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ОТДЕЛЬНОГО ПИСЬМЕННОГО СОГЛАШЕНИЯ, ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ КОТОРОГО В ЧАСТИ ПРОДУКЦИИ, КОТОРАЯ РАССМАТРИВАЕТСЯ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ, ПРОТИВОРЕЧАТ ПРИВЕДЕННЫМ ЗДЕСЬ УСЛОВИЯМ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННУЮ СИЛУ ИМЕЮТ ГАРАНТИЙНЫЕ УСЛОВИЯ ТАКОГО ОТДЕЛЬНОГО СОГЛАШЕНИЯ.

Информация о безопасности

ВНИМАНИЕ!

Предупредительная надпись «ВНИМАНИЕ!» означает наличие опасности. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к повреждению оборудования или утрате важных данных. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ВНИМАНИЕ!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью поняты и соблюдены.

ОСТОРОЖНО!

Предупредительная надпись «ОСТОРОЖНО!» означает опасность. Она обращает внимание на порядок и режимы работ, а также аналогичные регламенты, несоблюдение или неточное соблюдение которых может привести к причинению телесных повреждений, в том числе со смертельным исходом. Прежде чем продолжить работу в зоне действия предупредительной надписи «ОСТОРОЖНО!», убедитесь, что указанные на ней условия полностью поняты и соблюдены.

Обновления программного обеспечения и лицензии

Компания Keysight периодически выпускает обновления программного обеспечения для приборов, чтобы исправить обнаруженные дефекты и внедрить усовершенствования. Найти обновления программного обеспечения и свежую документацию по вашему прибору вы сможете на странице продукта по адресу:

www.keysight.com/find/53210A

Часть программного обеспечения в этом приборе лицензирована на условиях Универсальной общественной лицензии, версии 2 (GPLv2). Текст лицензии и исходный код можно найти по адресу:

www.keysight.com/find/GPLV2

В этом устройстве используется Microsoft Windows CE. Keysight настоятельно рекомендует, чтобы на всех компьютерах на базе Windows, подключенных к приборам с Windows CE, использовалось актуальное антивирусное программное обеспечение. Более подробную информацию можно найти на странице товара по адресу:

www.keysight.com/find/53210A

Помощь

Товар поставляется со стандартными условиями гарантии. Также доступны дополнительные гарантийные условия, расширенные контракты на техническую поддержку, соглашения об обслуживании товара и соглашения о помощи пользователям. Свяжитесь с ближайшим к вам офисом продаж и обслуживания Keysight Technologies для получения дополнительной информации о полной линейке программ поддержки Keysight Technologies.

Сертификация

Компания Keysight Technologies подтверждает соответствие данного изделия опубликованным техническим характеристикам на момент его отгрузки с завода. Keysight Technologies настоящим подтверждает прослеживаемую связь калибровочных измерений с оборудованием Национального института стандартов и технологий США (NIST), насколько это допустимо калибровочной лабораторией института, а также с калибровочными лабораториями других членов Международной организации по стандартизации.

Исключительные меры возмещения

МЕРЫ ВОЗМЕЩЕНИЯ, УПОМЯНУТЫЕ В ДАННОМ ДОКУМЕНТЕ, ЯВЛЯЮТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫМИ И ЕДИНСТВЕННЫМИ МЕРАМИ ВОЗМЕЩЕНИЯ КЛИЕНТУ. KEYSIGHT TECHNOLOGIES НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ НИ ЗА КАКИЕ ПРЯМЫЕ, КОСВЕННЫЕ, НАМЕРЕННЫЕ, СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ ВТОРИЧНЫЕ УБЫТКИ В СВЯЗИ С КОНТРАКТОМ, НАРУШЕНИЕМ ПРАВИЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЛИ НАРУШЕНИЕМ ДРУГИХ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ БАЗ.

Описание ограничения прав

Ограниченные права правительства США. Права на программное обеспечение и технические данные, предоставленные федеральному правительству, включают только те права, которые обычно предоставляются конечным пользователям. Настоящая обычная коммерческая лицензия на программное обеспечение и технические данные предоставляется компанией Keysight в соответствии с Правилами закупок для федеральных нужд FAR 12.211 (технические данные) и 12.212 (программное обеспечение для компьютеров), а для министерства обороны — в соответствии с Правилами закупок для нужд обороны DFARS 252.227-7015 (технические данные — коммерческие продукты) и DFARS 227.7202-3 (права на коммерческое программное обеспечение для компьютеров и документацию к программному обеспечению для компьютеров).

Товарные знаки

Microsoft и Windows — зарегистрированные в США товарные знаки корпорации Microsoft.

Предупреждающие знаки безопасности

Следующие символы, отображаемые на приборе и в документации, указывают на меры предосторожности, которые необходимо принять для обеспечения безопасной эксплуатации прибора.

	Прочие опасности (подробная информация приводится в данном руководстве и отмечена заголовками «ОСТОРОЖНО!» или «ВНИМАНИЕ!»)		Клемма заземления корпуса или шасси
	Питание в «спящем» режиме. Когда выключатель питания находится в режиме сна, модуль не полностью отключен от сети переменного тока.	Категория I	Категория измерений I, установленная МЭК НЕ подключайте входы к сети переменного тока или к цепям, получающим питание от сети.

Рекомендации по безопасности

Ознакомьтесь с приведенной ниже информацией перед началом работы с прибором.

Ниже описаны общие меры предосторожности, которые необходимо соблюдать на всех этапах эксплуатации, обслуживания и ремонта данного прибора. Несоблюдение данных мер предосторожности или специальных предупреждений, размещенных в других разделах настоящего руководства, является нарушением норм безопасности при проектировании, изготовлении и эксплуатации прибора по назначению. Компания Keysight Technologies не несет никакой ответственности в случае несоблюдения пользователем этих требований.

Общие сведения

Эксплуатация прибора с нарушением порядка, указанного предприятием-изготовителем, не допускается. Функциональность защиты прибора может быть нарушена, если он используется для целей, не указанных в инструкции по эксплуатации.

Перед включением питания

Убедитесь, что приняты все меры предосторожности. Обратите внимание на маркировку на внешней поверхности прибора (поясняется в разделе «Предупреждающие знаки безопасности»).

Заземление прибора

53210A поставляется с вилок питания заземленного типа. Корпус и кожух прибора должны быть заземлены, чтобы снизить риск поражения электрическим током. Штырь заземления должен быть прочно соединен с клеммой электрического заземления (защитного заземления) в розетке питания. Любой обрыв защитного (заземляющего) провода или отсоединение от защитного заземляющего контакта грозит опасностью получения удара электрического тока, что может стать причиной серьезной травмы.

Предохранители

53210A поставляется с внутренним линейным предохранителем, подходящим для напряжения, указанного на приборе. Этот предохранитель недоступен для пользователя.

Не выполняйте работ во взрывоопасной среде

Эксплуатация прибора при наличии в воздухе горючих газов и испарений не допускается.

Не выполняйте работ рядом с легковоспламеняющимися жидкостями

Не допускается эксплуатация прибора в присутствии легковоспламеняющихся жидкостей или рядом с контейнерами с такими жидкостями.

Не снимайте крышку прибора

Снимать крышки с прибора может только квалифицированный, имеющий опыт обслуживания специалист, осведомленный о возможных опасностях. Всегда отключайте кабель питания и любые внешние контуры перед снятием крышки с прибора.

Не модифицируйте прибор

Не производите замену деталей прибора и не производите в приборе несанкционированные изменения. Чтобы обеспечить работоспособность защитных функций прибора, для выполнения технического обслуживания или ремонта его следует вернуть в офис продаж и обслуживания компании Keysight.

В случае повреждения

Приборы с обнаруженными повреждениями или неисправностями должны быть выведены из эксплуатации и обеспечены защитой от непреднамеренного срабатывания до выполнения необходимого ремонта квалифицированным сервисным персоналом.

Очистка прибора

Очистку внешних поверхностей прибора следует выполнять мягкой безворсовой, слегка увлажненной тканью. Не используйте моющие средства или химические растворители.

ОСТОРОЖНО!

Не подключайте входные каналы 53210A к сети переменного тока или к цепям, получающим питание от сети. Прибор должен использоваться только в системах категории I (изолированных от сетей питания). Не использовать в системах других категорий измерений МЭК (категорий II, III или IV). Несоблюдение этих предосторожностей может привести к поражению электрическим током и серьезным физическим травмам.

ОСТОРОЖНО!

Гильзы входных разъемов BNC соединены с корпусом прибора. Проверьте полярность сигнала, прежде чем подключать какие-либо устройства к входным разъемам.

Пределы защиты

Высокочастотный (350 МГц) частотомер Keysight 53210A оснащается специальными контурами для защиты прибора от повреждения, а также для предупреждения поражения электрическим током, при условии, что не превышены пределы защиты и прибор правильно заземлен. Чтобы гарантировать безопасную эксплуатацию прибора, не превышайте пределы защиты, указанные на передней панели.

**ОСТОРОЖНО!**

При работе от аккумулятора максимальный измеряемый сигнал, подаваемый пользователем, может иметь напряжение ± 42 В.

ОСТОРОЖНО!

В устройстве с Опциями 201/202 добавлен параллельный вход Канала 1 на задней панели прибора. Сигналы на центральном проводнике разъема BNC каждой панели присутствуют также и на соответствующем центральном проводнике BNC на противоположной панели.

Установка прибора

Keysight 53210A работает в следующих диапазонах напряжения в сети:

100–240 В, 50–60 Гц

100–27 В, 440 Гц

90 ВА, не более

Вентиляция прибора осуществляется через боковые и заднюю стенки. Не загорайте эти вентиляционные отверстия.

Работа с аккумулятором

При работе 53210A от аккумулятора (Опция 300) несоблюдение следующих предупреждений может привести к повреждению прибора, поражению электрическим током и серьезным травмам.

ОСТОРОЖНО!

Подключите прибор к сети заземления во время работы от аккумулятора, чтобы снизить риск поражения электрическим током. Любой обрыв или отсоединение от защитного заземляющего контакта грозит опасностью получения удара электрического тока, что может стать причиной серьезной травмы.

ОСТОРОЖНО!

При питании от аккумулятора корпус прибора может нести потенциал измеряемого сигнала, подаваемого пользователем.

Переработка литиевых аккумуляторов

Частотомер 53210A оснащается литиевым кнопочным элементом питания на 3 В. Keysight рекомендует заменять этот аккумулятор ежегодно, при очередной калибровке прибора. Процедура замены описана в Руководстве по обслуживанию 53210A/53220A/53230A.

Опция 300 обеспечивает работу 53210A от литиевого аккумулятора на 12 В. Со временем эффективность этого аккумулятора снижается, поскольку этот показатель зависит от количества циклов разрядки и зарядки.

При утилизации или переработке аккумулятора учитывайте соответствующие местные, региональные или федеральные требования.



Директива об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE)

Данный прибор соответствует требованиям к маркировке Директивы по утилизации электрического и электронного оборудования. Такая маркировка на устройстве обозначает, что оно является электрическим или электронным устройством, не предназначенным для утилизации с обычными бытовыми отходами.

Категория изделия

Согласно определениям типов оборудования в Приложении 1 Директивы об утилизации электрического и электронного оборудования (WEEE), данный прибор классифицируется как «устройство для наблюдения и измерения».

Ниже представлена маркировка, прикрепленная к устройству.



Не выбрасывать вместе с бытовыми отходами.

Для возврата ненужного прибора обратитесь в ближайший сервис-центр компании Keysight или посетите веб-сайт <http://about.keysight.com/en/companyinfo/environment/takeback.shtml>.

Продажа и техническая поддержка

Чтобы связаться с Keysight по вопросам продажи и технической поддержки, используйте ссылки по поддержке на следующих веб-сайтах Keysight:

- www.keysight.com/find/53210A
(информация об изделии и его поддержка, обновления программного обеспечения и документации)
- www.keysight.com/find/assist
(контактные данные для ремонта и обслуживания по всему миру)

Содержание

1 Подготовка к использованию

Внешний вид передней и задней панелей	23
Передняя панель	23
Задняя панель	24
Дисплей	25
О приборе	26
Материалы, поставляемые в комплекте	26
Условия эксплуатации и хранения	27
Электрические требования	28
Включение питания	29
Статус светодиодного индикатора питания	29
Питание в «спящем» режиме	30
Работа от аккумулятора	31
Обслуживание аккумулятора	33
Пользование встроенной справочной системой	34
Служебные функции	35
Конфигурация дисплея	35
Взаимодействие с пользователем	38
Прочие настройки	40
Как устроено это руководство пользователя	44

2 53210A Установка программного обеспечения и настройка интерфейса

Требования к программному обеспечению	48
Использование веб-интерфейса частотомера	49
Подключение частотомера и просмотр главного экрана	49
Обзор веб-интерфейса	51
Установка библиотек ввода-вывода Keysight	54
Установка драйверов прибора	56
Добавление приборов в интерфейс ПК	56
Настройка интерфейса LAN	57
Настройка интерфейса USB	62
Настройка интерфейса GPIB	65
Использование интерактивного ввода-вывода	68

Обновления прошивки и драйверов	70
Отключение защиты калибровки	70
Режим эмуляции языка SCPI	71
Загрузка и установка служебной программы обновления	71
Загрузка обновления прошивки	72
Установка обновления прошивки	72
Загрузка обновлений драйвера IVI-COM	75
3 Измерения с помощью 53210A	
Краткая информация об измерениях с помощью частотомера	78
Настройка генератора опорных сигналов	79
Источник опорного сигнала	79
Питание опорного гетеродина в «спящем» режиме (Опция 010)	83
Установка тайм-аута измерения	84
Соглашения о синтаксисе SCPI	85
Команды измерений (MEASure) и настроек (CONFigure)	88
Использование MEASure	90
Использование CONFigure	90
Измерения частоты	92
Частота	92
Измерения частотного коэффициента	94
Измерения периода	97
4 Нормирование входного сигнала 53210A	
Характеристики канала	100
Тракт нормирования сигнала	101
Входной импеданс	103
Входной диапазон	105
Связь по входу	107
Фильтр (низкочастотный), ограничивающий полосу пропускания	108
Пороговый уровень и чувствительность	110
Подавление шума (гистерезис)	116
Фронт порога	117
Измерения уровней входного сигнала и силы сигнала	119

5	Триггерные действия и стробирование	
	Краткая информация о настройках	122
	График работы триггера и стробирования	122
	Цикл триггера и стробирования	124
	Триггер системы	126
	Состояния ожидания триггера и активированного триггера	131
	Строб измерения	134
	Настройка стробирования	134
	Измерения частоты	136
	Включение сигналов стробирования на разъеме BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования)	142
6	Математические операции, построение графиков и регистрация данных с помощью 53201A	
	Математические функции	144
	Включение подсистемы CALCulate1	145
	Сглаживание данных	146
	Функции масштабирования	147
	Статистика	155
	Проверка пределов	159
	Линейчатые диаграммы	163
	Просмотр линейчатых диаграмм	164
	Конфигурация линейчатой диаграммы	165
	Графики тренда	176
	Просмотр графиков тренда	177
	Регистрация данных	183
	Графические функции и память отсчетов	188
7	Форматы и поток данных	
	Форматы отсчетов и поток данных	190
	Указание формата	191
	Настройка порядка байтов при передаче блоков	191
	Поток данных	192
	Файловая система частотомера	200
	Создание файлов и папок во внутренней флеш-памяти и на внешнем USB-накопителе	201
	Пользовательский выбор состояния при включении питания	210

Управление папками и файлами	213
8 Состояние прибора	
Система состояний Keysight 53210A	221
Группа регистров некачественных результатов	221
Группа регистров стандартных операций	222
Регистр стандартных событий	224
Регистр байтов состояния	225
A Сообщения об ошибках 53210A	
Алфавитный указатель	241

Список рисунков

Рисунок 1-1	Универсальный частотомер/таймер 53210A	22
Рисунок 1-2	Дисплей 53210A	25
Рисунок 1-3	Структура руководства пользователя 53210A	45
Рисунок 2-1	Стартовая страница веб-интерфейса 53210A	50
Рисунок 2-2	Пользовательский веб-интерфейс для команд SCPI	52
Рисунок 2-3	Запуск мастера подключений Keysight	58
Рисунок 2-4	Окно интерфейса мастера подключений Keysight	59
Рисунок 2-5	Добавление сокета для подключения	60
Рисунок 2-6	Настройка псевдонима VISA для адресной строки USB	64
Рисунок 2-7	Выбор адреса GPIB	66
Рисунок 2-8	Запуск интерактивного ввода-вывода для выбранного интерфейса	68
Рисунок 2-9	Выбор пути к файлу обновления	73
Рисунок 2-10	Указание адреса или имени хоста	74
Рисунок 3-1	Стандартные измерения частоты	92
Рисунок 3-2	Измерения соотношения двух входных сигналов	94
Рисунок 3-3	Стандартные измерения периода	97
Рисунок 4-1	Нормирование входного сигнала 53210A	101
Рисунок 4-2	Использование связи по переменному току для достижения точек триггера	108
Рисунок 4-3	Измеряемая полоса обзора с включенным фильтром полосы пропускания	109
Рисунок 4-4	Пороговый уровень входного сигнала и чувствительность	110
Рисунок 4-5	Связь по входу и относительные пороговые уровни	114
Рисунок 5-1	График триггерных действий и стробирования	123
Рисунок 5-2	Цикл триггера и стробирования — Триггерные действия	125
Рисунок 5-3	Цикл триггера и стробирования — Стробирование	126
Рисунок 5-4	Состояние частотомера «Ожидание триггера»	132
Рисунок 5-5	Последовательность настройки источника строга	135
Рисунок 6-1	Включение математических операций	145
Рисунок 6-2	Экран 53210A с включенными функциями масштабирования	148
Рисунок 6-3	Экран частотомера, на котором включены проверка пределов и статистическая функция	155

Рисунок 6-4	Проверка пределов 53210A	160
Рисунок 6-5	Структура линейчатых диаграмм 53210A	163
Рисунок 6-6	Формат отображения линейчатой диаграммы	165
Рисунок 6-7	Линейчатая диаграмма из 15 столбиков (точек)	166
Рисунок 6-8	Формат отображения графика тренда (без прореживания)	176
Рисунок 6-9	Настройка и управление графиком тренда	178
Рисунок 6-10	Формат отображения графика тренда (с прореживанием)	181
Рисунок 6-11	Запуск регистратора данных частотомера	183
Рисунок 6-12	Отображение графика тренда в процессе регистрации данных	187
Рисунок 6-13	Память отсчетов и сброс/очистка графиков	188
Рисунок 7-1	Поток данных в частотомере 53210A	192
Рисунок 7-2	Файлы и папки во внутренней флеш-памяти и на внешнем USB-накопителе	200
Рисунок 8-1	Система состояний 53210A	220

Список таблиц

Таблица 1-1	Опции устройства 53210A	26
Таблица 1-2	Статус и цвет светодиодного индикатора питания	30
Таблица 2-1	53210A Среды разработки и драйверы	48
Таблица 2-2	Системные требования для пакета библиотек ввода-вывода Keysight	55
Таблица 3-1	Краткая информация об измерениях с помощью Keysight 53210A	78
Таблица 3-2	Настройка частотомера с помощью CONFigure и MEASure	89
Таблица 4-1	Краткий обзор параметров входного канала при включении или после предварительной настройки	102
Таблица 5-1	Краткая информация о настройках триггера и стробирования	122
Таблица 5-2	Разрешение и время строба	137
Таблица 7-1	Форматы данных частотомера	190
Таблица 7-2	Команды, влияющие на поток данных	193
Таблица A-1	Описание сообщений об ошибках 53210A	228

1 Подготовка к использованию

Внешний вид передней и задней панелей	23
О приборе	26
Включение питания	29
Служебные функции	35
Как устроено это руководство пользователя	44

Приветствуем вас! В этом руководстве пользователя содержится информация о конфигурации и использовании Keysight 53210A 350 МГц ВЧ-частотомер.

53210A представляет собой прибор LXI класса C высотой 2U и шириной 1/2. Высота 2U и ширина 1/2 относятся к физическим размерам 53210A относительно размеров ячейки стойки по стандарту Ассоциации изготовителей электронного оборудования (EIA). LXI (сокращение от «LAN eXtensions for Instrumentation» — «Расширения LAN для приборов») — это стандарт для контрольно-измерительных устройств, использующих Ethernet (LAN) в качестве основного удаленного интерфейса коммуникации.

1 Подготовка к использованию

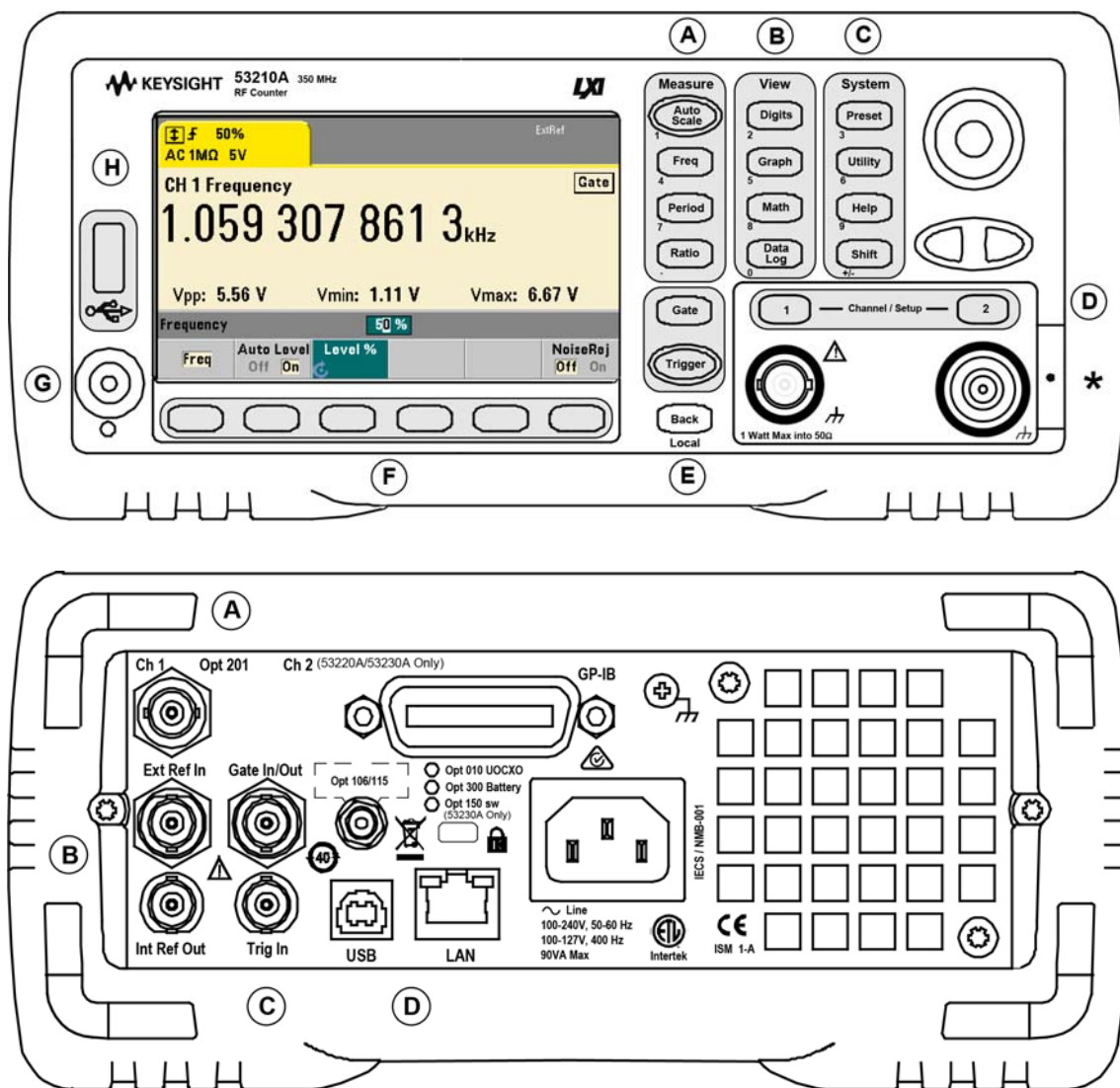


Рисунок 1-1 Универсальный частотомер/таймер 53210A

Внешний вид передней и задней панелей

Рисунок 1-1 демонстрирует переднюю и заднюю панели Keysight 53210A 350 МГц ВЧ-частотомер.

Передняя панель

Затененные области передней панели являются кнопками, запускающими соответствующие функции. Краткое описание этих областей приводится ниже.

А. Кнопки измерений (Measure) — здесь отображается меню программных кнопок, в котором выбираются функции измерений. Функция автоматического масштабирования обнаруживает входной сигнал (более 100 Гц) на входных каналах 1, 2 или 3 и автоматически устанавливает диапазон и порог по входному сигналу, необходимые для выполнения выбранных измерений. Измерения с использованием частотомера описаны в **Главе 3**.

Б. Кнопки просмотра (View) — здесь можно выбрать способ отображения данных измерений на передней панели. Конфигурация дисплея описывается далее в этой главе. Графики, математические операции и регистрация данных описываются в **Главе 6**.

В. Системные кнопки (System) отвечают за настройки прибора, в том числе за установку пользовательских настроек частотомера, а также за доступ к служебным функциям и встроенной системе помощи. Для режима измерений с числовым вводом значения кнопок можно изменить на цифры с помощью клавиши «Shift» в левом нижнем углу клавиатуры.

Г. Кнопки каналов (Channel) позволяют выбрать входной канал и отображают меню программных кнопок, используемое для настройки входного сигнального тракта. Обратите внимание, что на **Рисунке 1-1** присутствует Канал 3 (Опции 106/115). Конфигурация сигнального тракта описывается в **Главе 4**.

Д. Кнопки стробирования и триггера (Gate, Trigger) позволяют выбрать меню программных кнопок стробирования и триггерных действий, которые используются для управления измерениями. Стробирование и триггерные действия описываются в **Главе 5**.

Е. Программные кнопки представляют собой меню, в котором выполняется настройка частотомера. Значения пунктов меню и программных кнопок зависят от «функциональных» кнопок, которые описаны выше.

Ж. Кнопка питания и «спящего» режима включает и выключает прибор, а также включает и выключает режим сна.

Питание в «спящем» режиме (при его наличии) обеспечивается от сети или аккумулятора (Опция 300) и используется для поддержания температуры термостатированного кварцевого генератора (ОСХО) (Опция 010). Более подробную информацию можно найти «**Включение питания**» в этой главе.

3. Порт USB периферийных устройств служит для передачи данных измерений и настроек прибора между частотомером и USB-устройством хранения. Порт на передней панели используется только для передачи информации. Порт USB на задней панели используется для управления прибором (вход/выход). Передача данных описана в **Главе 7**.

Задняя панель

Задняя панель 53210A, показанная на **Рисунке 1-1**, содержит Опцию 201 (параллельный вход на задней панели) и интерфейс GPIB. Ниже приводится краткое описание разъемов на задней панели.

А. Параллельные входы на задней панели — для Опций 201 и 202 добавлен параллельный вход на задней панели. Обратите внимание, что это НЕ отдельный вход. Сигналы на центральном проводнике разъема BNC каждой панели присутствуют ТАКЖЕ и на центральном проводнике противоположной панели. Конфигурация сигнального тракта описывается в **Главе 4**.

Б. Вход внешнего опорного сигнала (Ext Ref In) — это разъем для приема опорного сигнала от внешнего источника. Допустимые частоты внешнего источника опорного сигнала (развертки) — 1 МГц, 5 МГц и 10 МГц.

Выход внутреннего опорного сигнала (Int Ref Out) — этот разъем позволяет получить внутренний опорный сигнал 10 МГц от гетеродина частотомера. Сигнал гетеродина имеет форму синусоиды с 0,5 В(скз) (при 50 Ом).

Использование и настройки опорного гетеродина описаны в **Главе 3**.

В. Вход и выход стробирования — это вход для внешних сигналов стробирования и *выход* для подачи внутреннего сигнала стробирования от частотомера на другие устройства. Дополнительная информация об этом разъеме содержится в разделе «Включение сигналов стробирования на входе/выходе стробирования BNC» в **Главе 5**.

Вход триггера (Trig In) — это разъем, использующийся для подачи на частотомер внешнего сигнала триггера. Триггерные действия описаны в **Главе 5**.

Г. USB и LAN представляют собой стандартные порты входа/выхода (I/O). Конфигурация этих портов и интерфейса GPIB описана в **Главе 2**.

Дисплей

Схема дисплея 53210A (см. Рисунок 1-2).

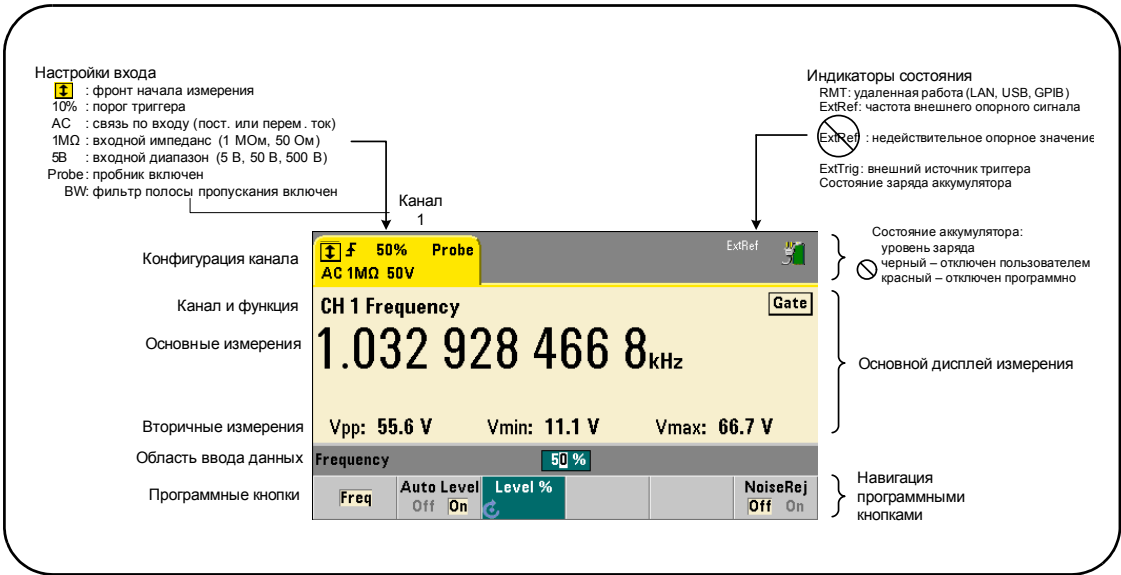


Рисунок 1-2 Дисплей 53210A

О приборе

В этом разделе перечислены аксессуары, поставляемые вместе с 53210A, содержится информация об условиях окружающей среды для эксплуатации и хранения, а также требования к электропитанию прибора.

Материалы, поставляемые в комплекте

С частотомером 53210A в стандартной комплектации поставляются следующие аксессуары:

- 1 Шнур питания
- 2 USB-кабель
- 3 Keysight Компакт-диск с пакетом библиотек ввода-вывода
- 4 Keysight Компакт-диск со справочными материалами о 53210A/53220A/53230A

Кроме того, ваш прибор может быть отправлен с установленной одной или более опций, перечисленных ниже.

Таблица 1-1 Опции устройства 53210A

Опция 010:	Сверхстабильная развертка термостатированного кварцевого генератора
Опция 106:	СВЧ-вход 6 ГГц (канал 2)
Опция 115:	СВЧ-вход 15 ГГц (канал 2)
Опция 201:	Дополнительный параллельный вход (Канал 1) на задней панели
Опция 202:	Опция 106/115 на передней панели
Опция 203:	Опция 106/115 на задней панели
Опция 300:	Внутренний интеллектуальный блок литий-ионного аккумулятора со встроенным зарядным устройством

ПРИМЕЧАНИЕ

Каждая из опций, перечисленных в **Таблице 1-1**, доступна после первоначальной покупки прибора. Инструкции по установке каждой из этих опций содержатся в Руководстве по обслуживанию 53210A/53220A/53230A (p/n 53220-90010).

Нет руководств?

В комплекте с 53210A предоставляются три печатных руководства:

- Keysight Инструкция по быстрому обучению 53210A (p/n 53210-90005)
- Keysight Руководство пользователя 53210A (p/n 53210-90001)
- Keysight Руководство по обслуживанию 53210A/53220A/53230A (p/n 53220-90010)

53210A, Опция 0B0 (без печатных материалов) составляет базовый комплект документации по прибору. При заказе Опции 0B0 вместе с прибором будут предоставлены только инструкция по быстрому обучению и компакт-диск со справочными материалами о 53210A/53220A/53230A. Все руководства содержатся на компакт-диске. Для получения печатных инструкций Keysight свяжитесь с вашим представителем компании Keysight.

Условия эксплуатации и хранения

При **эксплуатации** частотомера 53210A обратите внимание на следующие параметры окружающих условий:

Среда:	EN61010, степень загрязнения 2; закрытые помещения
Температура:	от 0 °C до +55 °C
Влажность:	от 5% до 80% относительной влажности без конденсации
Высота над уровнем моря:	до 3000 м

При **хранении** частотомера 53210A обратите внимание на следующие условия:

Температура:	от -30 °C до +70 °C
---------------------	---------------------

С осторожностью перемещайте частотомер из холодных условий в теплые, поскольку может наблюдаться конденсация. Прежде чем включать прибор, убедитесь, что весь конденсат испарился, а частотомер приобрел устойчивую температуру.

Электрические требования

Ниже приводятся требования к электропитанию для прибора 53210A.

Источник питания:	КАТЕГОРИЯ I (не подключайте напрямую к сети переменного тока) от 100 до 240 В, 50/60 Гц (от -5% до +10%) от 100 до 120 В, 400 Гц ($\pm 10\%$)
Потребляемая мощность:	не более 90 ВА при включенном питании или в процессе зарядки дополнительного аккумулятора; не более 6 ВА при отключенном питании или в «спящем» режиме.

Напряжение и частота питания определяются при включении автоматически, и устройство не требует никакой настройки (замены предохранителей или выбора напряжения).

ПРИМЕЧАНИЕ

Дополнительную информацию смотрите в разделе «**Рекомендации по безопасности**» в начале данного руководства. Полный список характеристик 53210A содержится в технических данных на компакт-диске со справочными материалами о приборе 53210A/53220A/53230A (p/n 53220-13601), а также размещен на веб-сайте по адресу: www.keysight.com/find/53210A

Включение питания

Подсоедините шнур питания и нажмите кнопку «Вкл./Сон» на передней панели (⏻). В ходе включения частотомер выполняет автокалибровку и самодиагностику, в том числе:

- проверку питания;
- тестирование ПЛИС;
- проверку передней панели;
- проверку измерительной панели;
- тестирование канала 2 (если есть);
- тестирование аккумулятора (Опция 300, если есть).

ПРИМЕЧАНИЕ

Если 53210A не включается при нажатой кнопке включения/сна, проверьте подачу питания переменным током к прибору и прочность подключения шнура питания. Если прибор по-прежнему не включается, не слышна работа вентилятора, или дисплей на передней панели отключен при включенном питании, верните устройство в Keysight для ремонта.

Статус светодиодного индикатора питания

Светодиод, расположенный под кнопкой включения/сна, является индикатором состояния включения/выключения/сна прибора. Различные состояния описаны в таблице ниже. Статус «выключено» зависит от наличия ОХСО (Опция 010).

Таблица 1-2 Статус и цвет светодиодного индикатора питания

Источник питания	Прибор включен	Прибор выключен		
		ОСХО и режим сна включены	ОСХО и режим сна выключены	Нет ОСХО
Сеть переменного тока	зеленый	янтарный	выкл.	выкл.
Опция 300, аккумулятор (включен)	зеленый	янтарный (мигает)	выкл.	выкл.
Опция 300, аккумулятор (выключен)	выкл.	выкл.	выкл.	выкл.

Питание в «спящем» режиме

Режимы питания частотомера 53210A — «включен», «выключен» и «спящий» режим. В «спящем» режиме, если прибор подключен к сети питания, энергия расходуется на поддержание температуры ультрастабильного термостатированного кварцевого генератора (Опция 010).

В «спящем» режиме аккумулятор (Опция 300) подает питание на кварцевый генератор, когда 53210A не подключен к сети.

Информацию о включении и выключении питания в «спящем» режиме см. в разделе «Питание опорного гетеродина в «спящем» режиме (Опция 010)», в Главе 3.

Перезагрузка по питанию и точность частотомера

При включенном режиме сна многократные перезагрузки по питанию (от сети или аккумулятора) не влияют на стандартный или ультрастабильный генератор ОСХО.

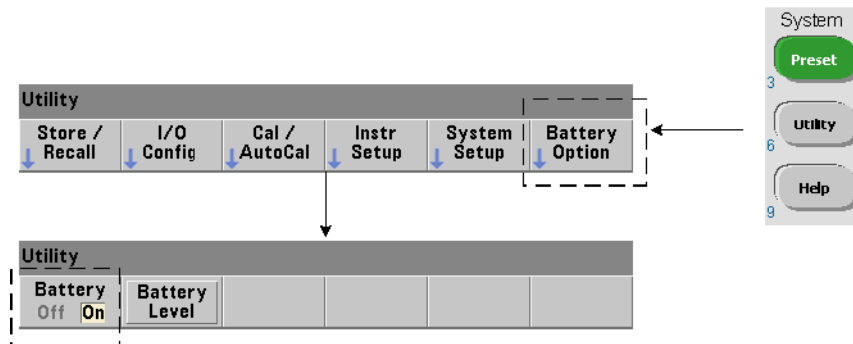
Работа от аккумулятора

ОСТОРОЖНО!

При работе от аккумулятора максимальный измеряемый сигнал, подаваемый пользователем, имеет напряжение **± 42 В**.

Во время работы от аккумулятора корпус прибора должен быть заземлен, чтобы снизить риск поражения электрическим током. Любой обрыв или отсоединение от защитного заземляющего контакта грозит опасностью получения удара электрического тока, что может стать причиной серьезной травмы.

При питании от аккумулятора корпус прибора может нести потенциал измеряемого сигнала, подаваемого пользователем.



С установленным и **включенным** аккумулятором Опции 300 частотомер 53210A может до трех часов работать от него.

Отключение сети переменного тока при включенном аккумуляторе автоматически переводит частотомер на питание от аккумулятора, не прерывая работы. Аналогичным образом, не будет никаких помех работе при переходе обратно на сетевое питание, **если питание от сети было подключено до отключения аккумулятора**.

Включение и отключение аккумулятора

При использовании прибора с аккумулятором Опции 300 в первый раз после покупки, или в случае если прибор долгое время не использовался, аккумулятор **необходимо зарядить** перед использованием. При наличии подключения к сети питания (независимо от того, включен прибор или выключен) аккумулятору нужно **четыре часа**, чтобы достичь полного заряда.

Когда прибор поступает с завода, аккумулятор Опции 300 **отключен**. Управление аккумулятором (включение и выключение) выполняется кнопками передней

панели, показанными на предыдущей странице, или с использованием следующей команды:

SYSTem:BATTeRY:ENABle {OFF|ON}

SYSTem:BATTeRY:ENABle?

(форма запроса)

- ON включает аккумулятор. Off выключает аккумулятор. Состояние аккумулятора сохраняется в постоянной памяти и не меняется при отключении питания, после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки (SYSTem:PREset или кнопкой **Preset (Предварительная настройка)**).

Аккумулятор должен оставаться включенным при питании частотомера от сети переменного тока. Аккумулятор следует **выключать**, только если прибор продолжительное время не используется. Это минимизирует саморазряд аккумулятора.

Определение уровня заряда аккумулятора Нажатие программной кнопки **Battery Level (Уровень заряда аккумулятора)** или отправка команды:

SYSTem:BATTeRY:LEVel?

позволяют узнать фактический уровень заряда аккумулятора (в процентах) по сравнению с полным зарядом (100%).

Аккумулятор используется Наличие и состояние (вкл. или выкл.) аккумулятора отображается пиктограммой аккумулятора в верхнем правом углу дисплея (**Рисунок 1-2**). При дистанционном управлении можно отправить на прибор запрос о том, происходит ли питание от сети переменного тока или от аккумулятора, с помощью команды:

SYSTem:BATTeRY:STATus?

Команда вернет значение AC, если прибор использует сетевое питание, и BATT, если он питается от внутреннего аккумулятора.

В следующей таблице приводятся данные о работе от аккумулятора:

Время работы (стандарт):	3 часа (до +35 °C)
Время в режиме сна (стандарт):	24 часа (до +35 °C, при подаче питания к ОСХО)
Время зарядки (стандарт):	4 часа до 100% емкости или 2 часа до 90%
Диапазон температур:	от 0 °C до +55 °C (в режиме эксплуатации) — аккумулятор заряжается при температуре до +35 °C от -10 °C до +60 °C (в режиме хранения)

ПРИМЕЧАНИЕ

Если в режиме работы от аккумулятора температура превысит указанный рабочий диапазон, аккумулятор отключит прибор в целях безопасности. Чтобы включить прибор после такого отключения, необходимо подать питание от сети переменного тока.

ПРИМЕЧАНИЕ

Полный список аккумуляторов и все спецификации устройства 53210A содержатся в технических данных на компакт-диске со справочными материалами о 53210A/53220A/53230A (p/n 53220-13601), а также на веб-сайте по адресу:

www.keysight.com/find/53210A

Обслуживание аккумулятора

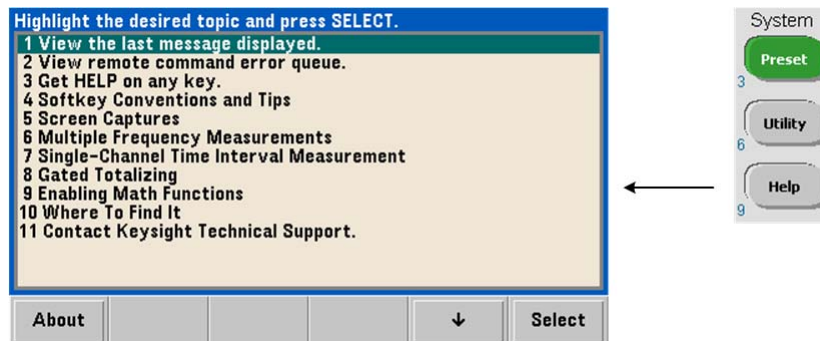
Когда аккумулятор **включен** и прибор **НЕ** подключен к сети питания переменным током, аккумулятор разряжается на **30%** от полной емкости **в день**. Когда аккумулятор **отключен** и нет подключения к сети питания переменным током, аккумулятор разряжается на **10%** от полной емкости **в месяц**.

При хранении прибора без подачи переменного тока не позволяйте аккумулятору разряжаться менее чем до **10%**. Чтобы определить допустимое время хранения прибора без подключения к сети питания, после которого сохранится возможность полностью зарядить прибор, воспользуйтесь следующей формулой:

$\text{кол-во месяцев отключения аккумулятора} * 10\% + \text{количество дней включения аккумулятора} * 30\% = 90\%$

Полностью разряженный аккумулятор может потребовать замены, если он не перезаряжался от 6 до 18 месяцев.

Пользование встроенной справочной системой



Справочная система прибора вызывается нажатием и удержанием кнопки на передней панели или программной кнопки. Нажатие кнопки **Help (Помощь)** позволяет выбрать дополнительные разделы справки, включая примеры измерений с помощью передней панели.

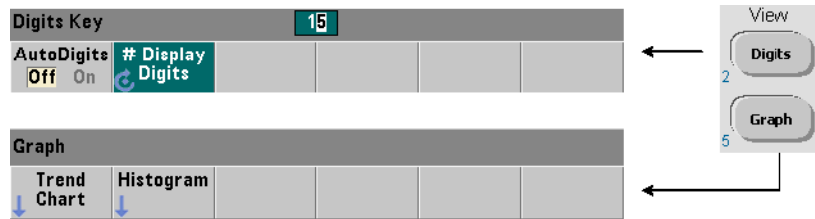
Служебные функции

Служебные функции позволяют настраивать функции прибора, косвенно относящиеся к выбору режима измерений и настройкам. Среди таких функций:

- **конфигурация дисплея** — управление дисплеем и форматирование числовых данных;
- **взаимодействие с пользователем** — выбор языка, звуковые индикаторы;
- **прочие настройки** — время/дата, тайм-аут измерения, развертка, автоматическое выравнивание, моделирование для серии 53100, безопасность NISPOM.

Конфигурация дисплея

С помощью следующих кнопок измерения можно отображать в числовом или графическом виде.

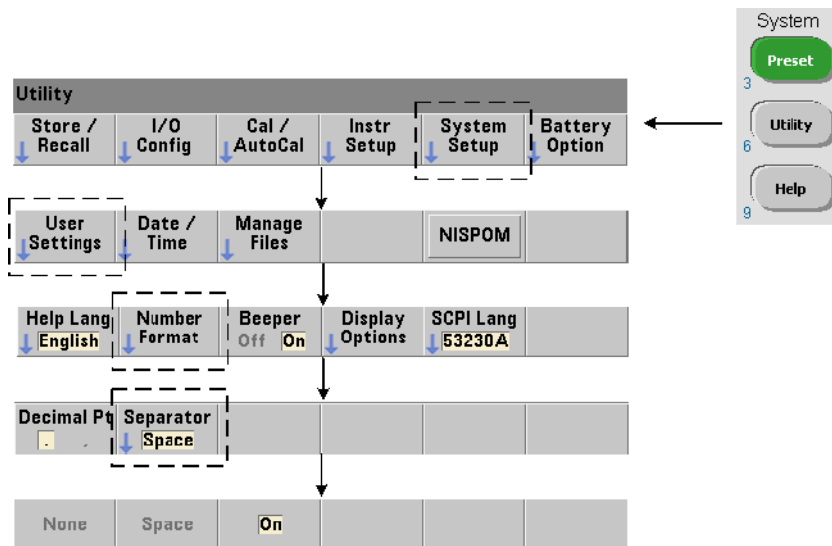


При использовании функции **AutoDigits On (Автоматическая настройка разрядов: вкл.)** количество разрядов, отображаемых на дисплее, автоматически настраивается в зависимости от времени строга. Если эта функция выключена (**Off**), количество разрядов выбирается поворотным регулятором или числовыми кнопками с нажатием кнопки **[Shift]**. Более подробную информацию для случая, когда установлен параметр **AutoDigits On**, см. раздел «Разрешение и время строга», в [Главе 5](#).

Если выбрано графическое отображение измерений (**Graph**), данные отображаются в виде графика тренда или линейчатой диаграммы. Графики тренда и линейчатой диаграммы описаны в [Главе 6](#).

Числовой формат

Формат числовых данных (десятичный разделитель, разделитель десятичных групп), который применяется на главном экране измерений (Рисунок 1-2), устанавливается следующими кнопками.



Этот же формат применяется к числовым значениям в графиках тренда, линейчатых диаграммах, проверке пределов и т. п.

Десятичный разделитель В качестве десятичного разделителя между целой и дробной частями значения может использоваться точка (.) или запятая (,).

Разделитель групп разрядов Разделитель групп разрядов размещается между каждыми тремя разрядами с каждой стороны от десятичного разделителя (точки или запятой), чтобы упростить зрительное восприятие отображаемого значения. Этот разделитель может выглядеть следующим образом:

None (Нет) — нет никакого разделения между разрядами **10.967342515 МГц**

Space (Пробел) — пробел между каждыми тремя разрядами **10.967 342 515 МГц**

On (Есть) — запятая (,) или точка (.) между каждыми тремя разрядами в зависимости от того, какой используется десятичный разделитель.

при использовании точки в качестве десятичного разделителя:

10.967,342,515 МГц

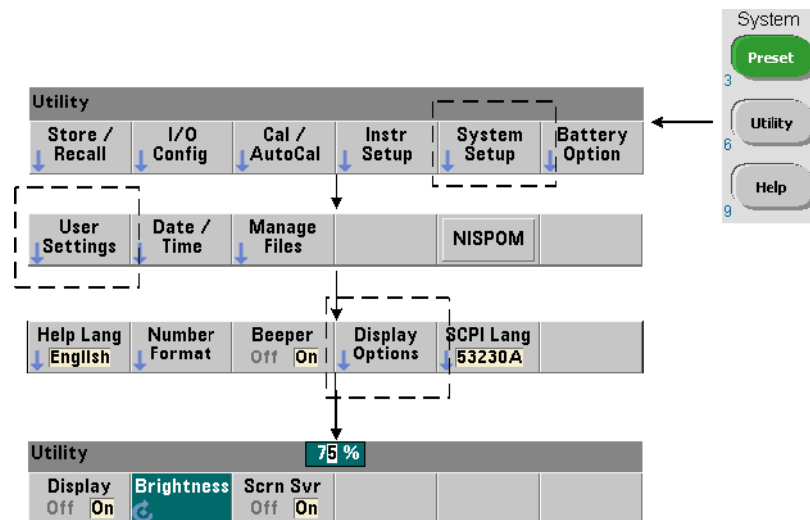
при использовании запятой в качестве десятичного разделителя:

10,967.342.515 МГц

Управление экраном

Управление экраном выполняется с помощью кнопок, изображенных ниже.

Экран дисплея может быть выключен для повышения эффективности измерений, а режим хранителя экрана можно использовать для экономии энергии. С целью оптимизации считывания в различных условиях освещенности яркость экрана можно настраивать.

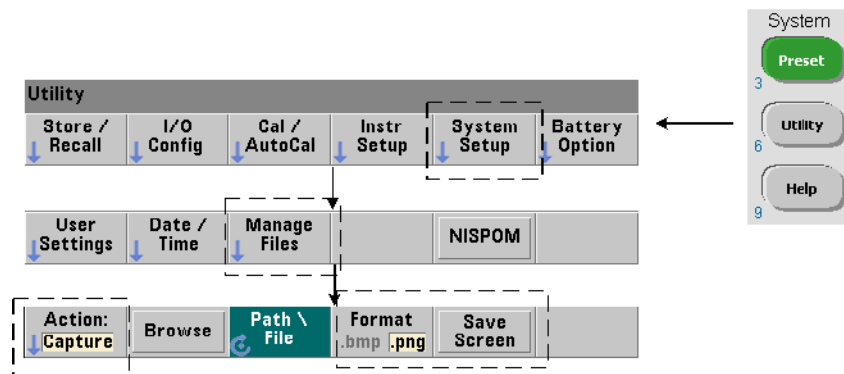


Обратите внимание, что нажатие любой кнопки при выключенном дисплее включает его снова.

Снимок экрана

Для документирования тестирования устройства или для удобства сбора данных содержимое экрана частотомера можно зафиксировать и сохранить.

Ниже показаны кнопки, с помощью которых можно сделать снимок экрана.



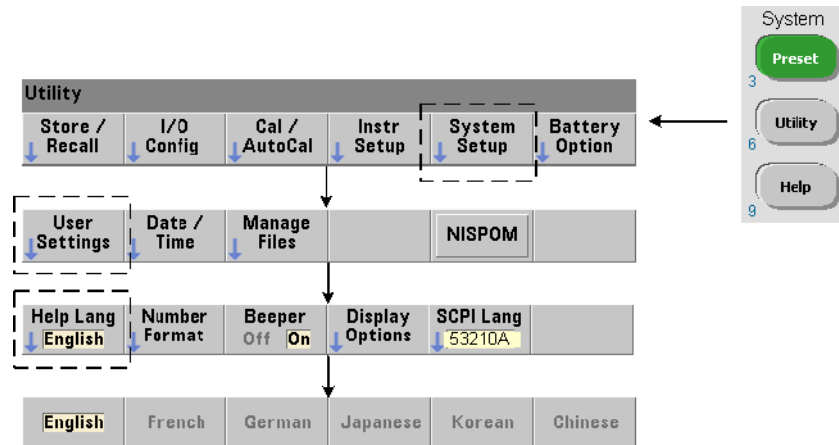
Содержимое снимка — это фактический вид экрана в конкретный момент времени нажатия кнопки **[Utility]**. Можно выбрать формат файла **bmp** (точечное изображение) или **png** (portable network graphics (точечное изображение)). Файл снимка экрана можно сохранить во внутренней флеш-памяти или на внешнее USB-устройство.

Дополнительную информацию о выборе каталогов и создании имен файлов можно найти в [Главе 7](#).

Взаимодействие с пользователем

Функции, описанные в этом разделе, относятся к физическому взаимодействию пользователя с прибором.

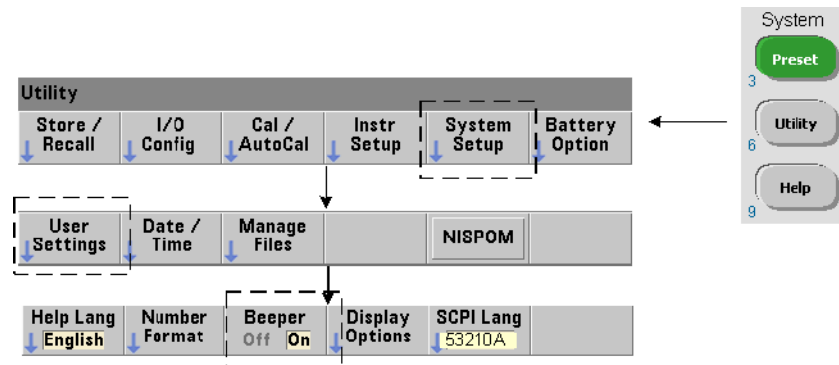
Выбор языка справки



Программные сообщения, контекстно-зависимая помощь и другие справочные темы доступны на шести языках. Выбранный язык остается активным, пока вы не смените его с помощью показанной последовательности кнопок.

Обратите внимание, что подписи программных кнопок меню отображаются только на английском языке.

Настройка звукового сигнализатора



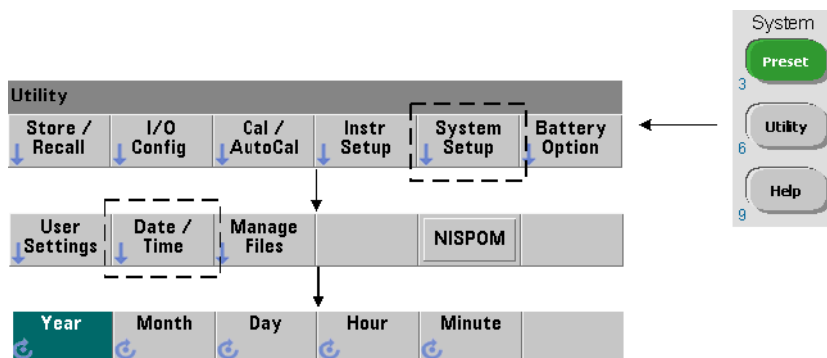
Звуковой сигнализатор частотомера сообщает о программной ошибке при работе на передней панели или через удаленный интерфейс. Выключение звукового сигнализатора отключает аудиоповещение.

Обратите внимание, что настройка звукового сигнализатора не применяется к аудиосигналам при нажатии кнопок на передней панели.

Прочие настройки

Прочие настройки — это такие настройки частотомера, которые применяются ко всем измерениям прибора.

Дата и время



Настройки даты и времени для часов реального времени устанавливаются с помощью следующих команд:

SYSTem:DATE <год>,<месяц>,<день>

SYSTem:DATE? (форма запроса)

SYSTem:TIME <часы>,<минуты>,<секунды>

SYSTem:TIME? (форма запроса)

Диапазон значений даты и времени:

год: 2000–2099	часы: 0–23
месяц: 1–12	минуты: 0–59
день: 1–31	секунды: 0–59,999

Часы реального времени питаются от аккумулятора и сохраняют дату и время при отключении питания. Значения даты и времени нельзя автоматически настроить или восстановить.

Тайм-аут измерения

Тайм-аут измерения — это время, выделяемое на завершение **каждого** измерения. Если измерения **не** завершаются до истечения времени тайм-аута, возвращается параметр 9.91E37 (это не число), а на экране появляются следующие символы: ----- . Эта последовательность продолжается для следующего отсчета, пока не будет достигнуто заданное количество контрольных точек.

Указав тайм-аут, вы сможете предотвратить неопределенно долгие паузы при ошибках, не позволяющих успешно завершить измерения.

Тайм-аут по умолчанию, устанавливаемый на заводе, составляет **1 секунду**. Для получения дополнительной информации см. раздел «**Установка тайм-аута измерения**», в **Главе 3**.

Развертка

Для измерений 53210A использует сигнал генератора опорной частоты, который также называют внутренним (или внешним) источником опорного сигнала (**развертки**). Допустимый опорный сигнал генератора необходим для выполнения измерений.

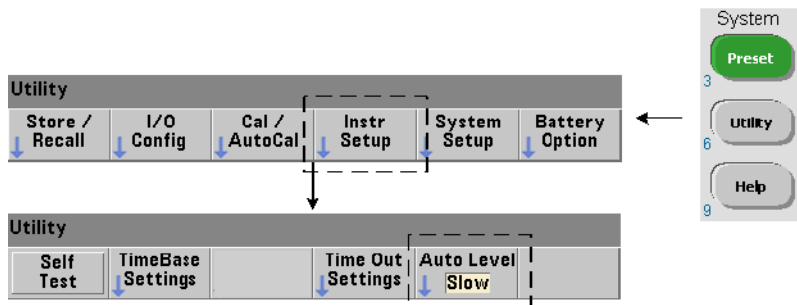
Подробная информация о выборе и настройке источника опорных сигналов приведена в «**Настройка генератора опорных сигналов**», в **Главе 3**.

Автоматическое выравнивание

Пороговый уровень — это уровень триггера (входа), на котором частотомер начинает измерения. Автоматическое выравнивание — это автоматическая настройка такого порогового уровня на основании положительных и отрицательных пиков входного сигнала.

1 Подготовка к использованию

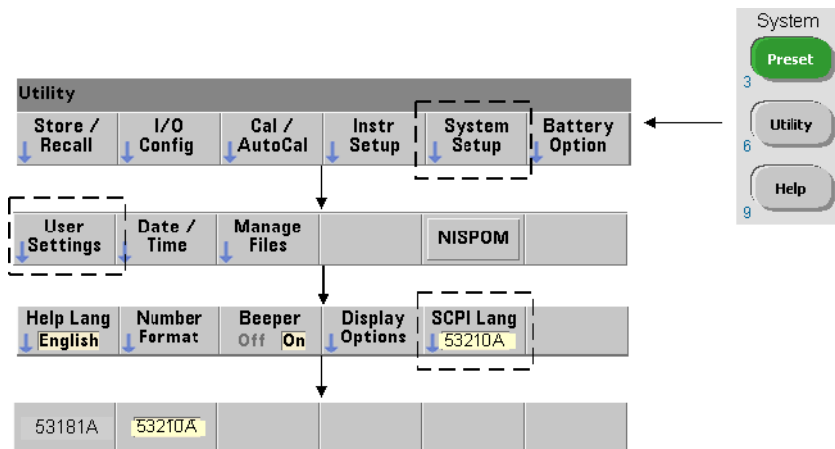
Минимальная частота, на которой может происходить автоматическое выравнивание, устанавливается, как показано ниже.



Значение Slow (Медленная) устанавливает минимальную частоту автоматического выравнивания 50 Гц. Значение Fast (Быстрая) устанавливает минимальную частоту автоматического выравнивания 50 Гц.

Дополнительную информацию об использовании автоматического выравнивания можно найти в разделе «Пороговый уровень и чувствительность», в Главе 4.

Режим эмуляции частотомера Keysight серии 53100



Режим эмуляции 53210A разрешает частотомеру использовать набор команд SCPI Keysight 53181A.

Режим эмуляции также может включаться следующей командой:

SYSTEM:LANGUage "<язык>"

SYSTEM:LANGUage? (форма запроса)

Здесь параметр язык выбирает используемый набор команд SCPI. Значение 53181A включает режим эмуляции. Значение 53210A отключает этот режим.

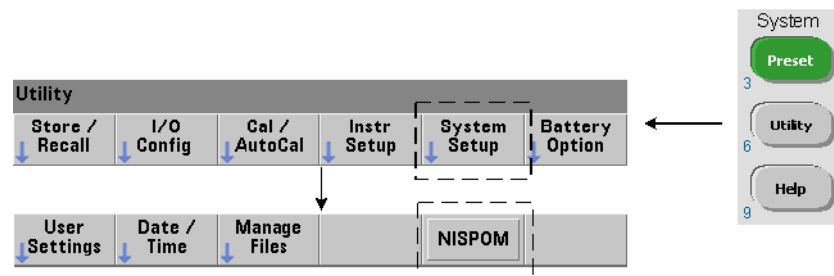
Если выбран режим совместимости с серией 53100, все программирование происходит через удаленный интерфейс частотомера (LAN, USB, GPIB). Дисплей частотомера реагирует на полученные удаленные команды.

В режиме совместимости с прибором серии 53100 нажатие любой кнопки на передней панели возвращает частотомер в режим серии 53200, что будет подтверждено соответствующим сообщением. Установка или изменение режима требуют перезапуска прибора. **При обновлении прошивки прибора должен быть установлен режим «53210A».**

Документация о наборе команд 53181A **не** предоставляется с прибором (53210A). Мы не рекомендуем использовать старый набор команд SCPI, но он доступен для свободного использования, если он нужен клиенту.

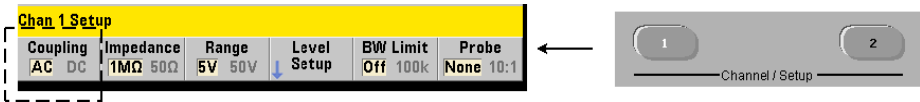
Защита прибора

Частотомер 53210A может быть защищен в соответствии со стандартом National Industrial Security Program Operating Manual (NISPOM) (Руководство по применению национальной программы промышленной безопасности), как описано ниже.



Как устроено это руководство пользователя

Данное руководство пользователя предназначено для оператора прибора, который управляет им с передней панели, а также для программиста, работающего через дистанционный интерфейс (LAN, USB, GPIB). Поэтому большинство разделов содержит последовательность действий на передней панели и сопровождается соответствующими командами SCPI. Например:



Входной импеданс частотомера 53210A может устанавливаться в значение 50 Ом или 1 МОм с помощью следующей команды:

```
INPut[1]:IMPedance {<импеданс>|MINimum|MAXimum| DEFault}
INPut[1]:IMPedance? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(форма запроса)

Приведенное ниже описание действий обычно относится как к передней панели, так и к дистанционному интерфейсу.

Общая структура информации в этом руководстве представлена на **Рисунке 1-3**.

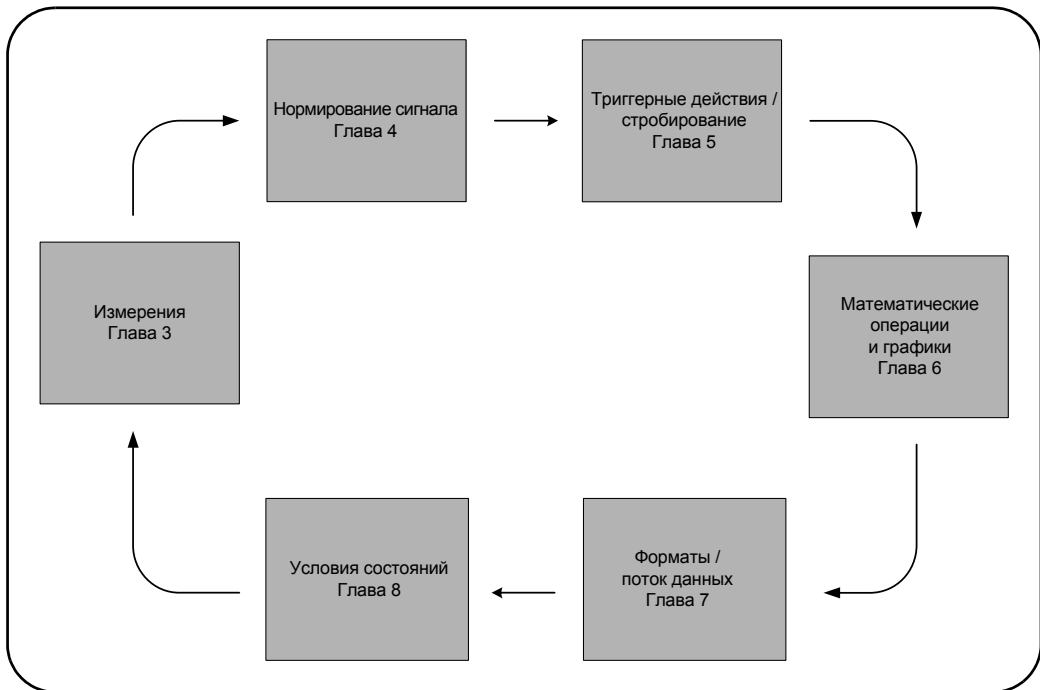


Рисунок 1-3 Структура руководства пользователя 53210A

2 53210A Установка программного обеспечения и настройка интерфейса

Требования к программному обеспечению	48
Использование веб-интерфейса частотомера	49
Установка библиотек ввода-вывода Keysight	54
Обновления прошивки и драйверов	70

В этой главе содержится информация о библиотеках ввода-вывода, драйверах и интерфейсах, которые используются для программирования 53210A в некоторых средах разработки. Эта глава включает знакомство с веб-интерфейсом частотомера и предоставляет информацию об обновлении прошивки прибора.

Требования к программному обеспечению

Среды, доступные для программирования 53210A, зависят от установленных библиотек ввода-вывода и драйверов. Программное обеспечение поддержки ввода-вывода для 53210A содержится на компакт-диске автоматизации

– (Keysight Automation-Ready CD): **Пакет библиотек ввода-вывода Keysight.**

Драйверы IVI-C и IVI-COM для прибора можно найти на веб-сайте по адресу:

www.keysight.com/find/53210A

Таблице 2-1 содержит общие данные о средах, рекомендации по драйверам ввода-вывода и расположении этих драйверов и библиотек на предоставленных носителях.

Таблица 2-1 53210A Среды разработки и драйверы

Интерфейс	Среда разработки	Рекомендации по драйверам ввода-вывода
LAN (Локальная сеть)	Веб-интерфейс прибора. > Окно интерфейса для команд SCPI	Веб-браузер с поддержкой Java™ (доступен на сайте www.java.com)
LAN, GPIB, USB	Keysight Connection Expert (Мастер подключения) > Интерактивное окно ввода-вывода	Библиотеки ввода-вывода (Keysight IO Libraries) на компакт-диске ^[a]
LAN, GPIB, USB	Microsoft® Visual Studio® > Visual C++	VISA — Компакт-диск с библиотеками ввода-вывода Keysight ^[a] IVI-C — веб-сайт
LAN, GPIB, USB	Microsoft® Visual Studio® > Visual Basic	VISA-COM — Библиотеки ввода-вывода Keysight ^[a] IVI-COM — веб-сайт
LAN, GPIB, USB	Microsoft® Visual Studio® .NET > C#, C++, Visual Basic	IVI-COM — веб-сайт
LAN, GPIB, USB	Keysight VEE	IVI-COM — веб-сайт
LAN, GPIB, USB	National Instruments LabVIEW™	53210A оригинальный драйвер IVI-C — веб-сайт
LAN, GPIB, USB	National Instruments LabWindows/CVI	IVI-C — веб-сайт

[a] Посетите сайт www.keysight.com, чтобы получить самую новую версию пакета библиотек ввода-вывода Keysight.

Использование веб-интерфейса частотомера

Работа с частотомером 53210A через веб-интерфейс требует наличия веб-браузера с поддержкой Java™, **но не требует дополнительных** (т. е. устанавливаемых пользователем) библиотек или драйверов. Веб-интерфейс обеспечивает доступ к набору команд SCPI частотомера.

ПРИМЕЧАНИЕ

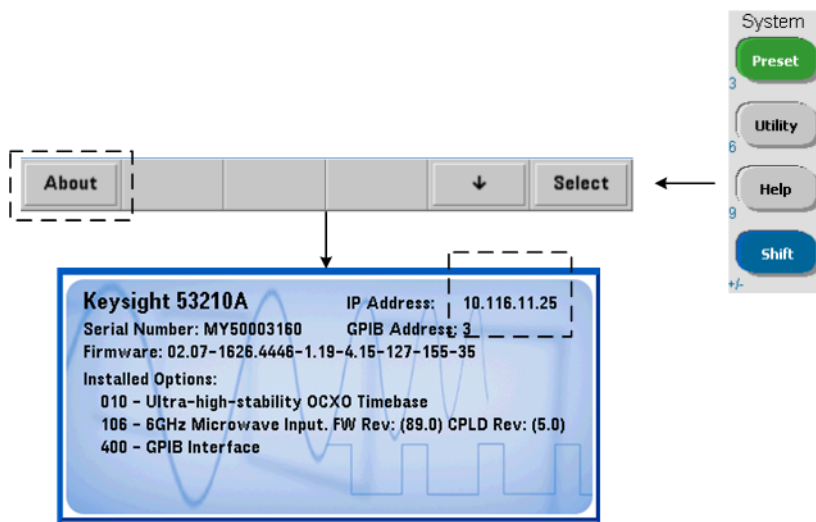
Этот раздел описывает веб-страницы и окна, чаще всего используемые для программирования 53210A. Дополнительная информация о функциях или страницах, не попавшая в это руководство, содержится в разделах «Помочь с этой страницей», привязанных к каждой веб-странице.

Подключение частотомера и просмотр главного экрана

Подключите частотомер к ПК **напрямую** или через **сетевой** коммутатор с помощью стандартного кабеля LAN.

Получение IP-адреса

Включите частотомер и откройте веб-браузер. Подождите несколько секунд, пока частотомер получит IP-адрес (через протокол DHCP или AUTO IP). IP-адрес можно прочитать на передней панели частотомера, как показано на рисунке.



Введите IP-адрес в адресной строке браузера. Если выбран элемент «Дополнительная информация...» («Advanced information...»), главный экран частотомера должен выглядеть, как показано на **Рисунке 2-1**.

Конфигурация браузера

В некоторых конфигурациях сети прокси-сервер может блокировать доступ к прибору после ввода IP-адреса (например, выдавать сообщение «страница не может быть отображена»). В такой ситуации прокси-сервер нужно через браузер настроить так, чтобы он не использовался для IP-адресов в диапазоне, который может назначаться для 53210A.

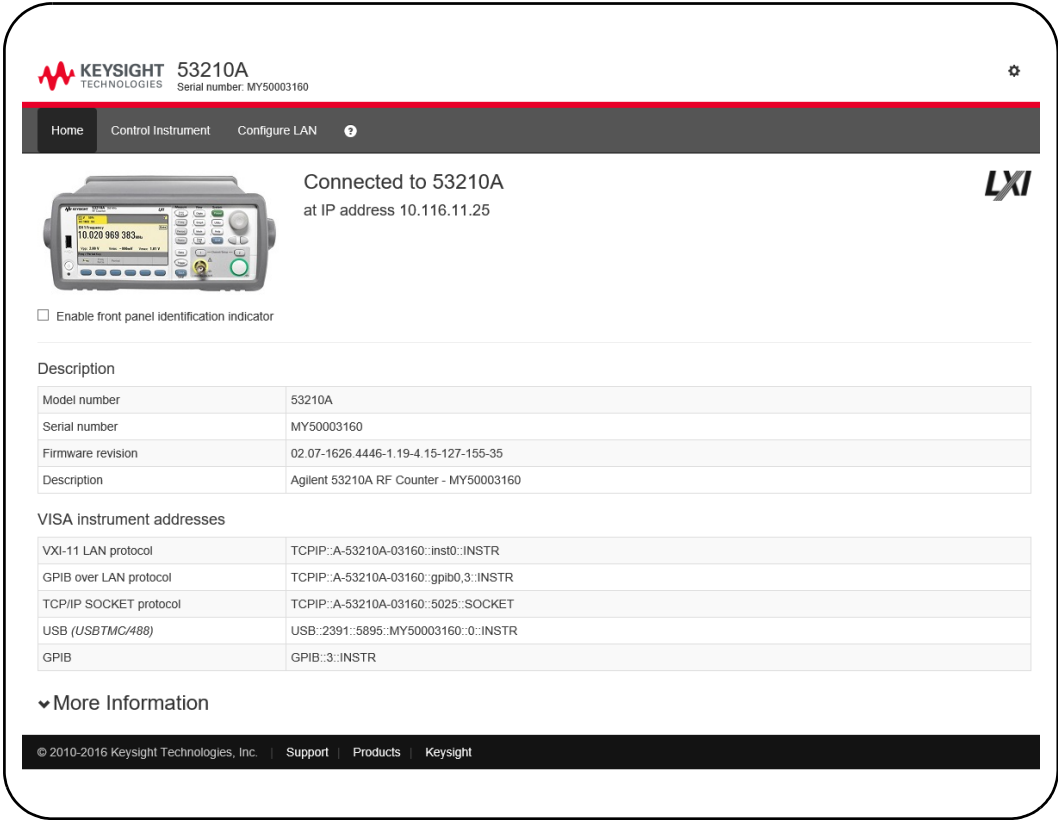


Рисунок 2-1 Стартовая страница веб-интерфейса 53210A

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы вам было проще управлять в интернет-браузере несколькими приборами, откройте отдельную сессию браузера для каждого прибора с веб-интерфейсом.

ПРИМЕЧАНИЕ

Хотя для использования веб-интерфейса не нужны дополнительные библиотеки или драйверы, интерфейс также доступен из мастера подключения — Keysight Connection Expert (KCE). Дополнительно см. раздел «Открытие веб-интерфейса из мастера подключений Keysight».

Обзор веб-интерфейса

Далее приводится вводная информация о веб-интерфейсе частотомера.

Стартовая страница частотомера (**Рисунок 2-1**) отображает информацию ввода-вывода, позволяет определить подключенный прибор и отображает вкладки меню для доступа к дополнительным функциям частотомера.

Для идентификации частотомера среди других приборов с помощью главного экрана веб-интерфейса кликните на ссылке:

Turn On Front Panel Identification Indicator (Включение индикатора идентификации на передней панели)

Это действие меняет экран частотомера на «**LXI Web Identify**» (Веб-идентификация LXI) до тех пор, пока индикатор не будет выключен нажатием на

Turn Off Front Panel Identification Indicator (Выключение индикатора идентификации на передней панели)

Программирование частотомера

Выбор на стартовой странице второй сверху пиктограммы — **Remote Control (Дистанционное управление)** — открывает окно **Interactive IO (Интерактивный ввод-вывод)**, которое показано на **Рисунке 2-2**. Из этого окна можно отправлять на прибор команды SCPI.

ПРИМЕЧАНИЕ

Другие страницы веб-интерфейса, кроме стартовой, можно защитить паролем. При поставке прибора с завода пароль не установлен. Однако, может появляться окно «Введите пароль» (Enter Password). Кликните на диалоговом окне, чтобы продолжить.

Если страница защищена паролем, а пароль неизвестен, нажмите на передней панели **[Utility] (Инструменты)**, **(I/O Config) (Конфигурация ввода-вывода)**, **(LAN Reset) (Сброс LAN)**, чтобы сбросить пароль.

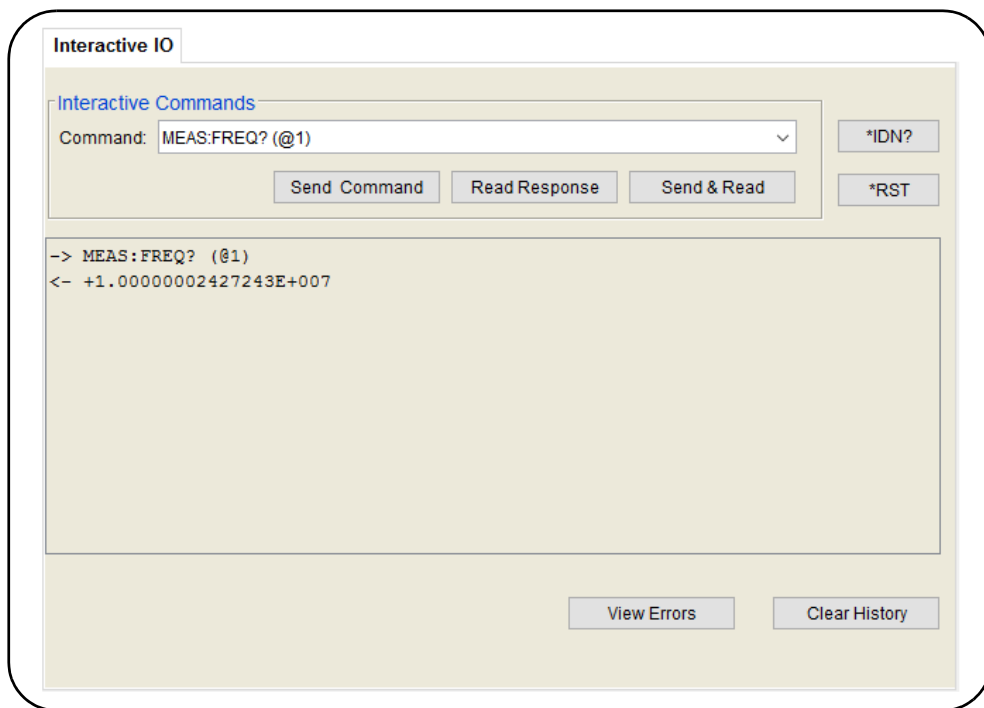


Рисунок 2-2 Пользовательский веб-интерфейс для команд SCPI

Вы можете отправить на прибор любую команду из набора команд SCPI частотомера. Команды-запросы, содержащие знак вопроса («?»), возвращают данные и могут быть отправлены с помощью функции **Send & Read (Отправка и чтение)** после ввода команды. Команды, которые не возвращают данные, отправляются с помощью функции **Send Command (Отправить команду)**.

Изменение настроек LAN и использование защиты паролем

Пиктограмма **Network Configuration Page (Страница сетевой конфигурации)** обеспечивает доступ к настройкам LAN частотомера и позволяет установить пароль для предотвращения неавторизованного доступа к веб-интерфейсу прибора. Выберите функцию **Modify Configuration (Изменить конфигурацию)**, чтобы изменить и сохранить настройки.

Установка библиотек ввода-вывода Keysight

Библиотеки ввода-вывода Keysight включают библиотеки VISA и VISA-COM, используемые для программирования 53210A в средах разработки Microsoft® (Таблица 2-1). Библиотеки VISA и VISA-COM позволяют отправлять на прибор команды из набора команд SCPI 53210A. Кроме того, в библиотеки ввода-вывода входит мастер подключений **Keysight (Connection Expert)**, описанный далее в этой главе.

ПРИМЕЧАНИЕ

Библиотеки ввода-вывода Keysight (VISA и VISA-COM) необходимо установить до установки любых других драйверов ввода-вывода (например, IVI-C, IVI-COM).

ПРИМЕЧАНИЕ

Библиотеки ввода-вывода Keysight и служебные программы часто обновляются для включения дополнительных функций и повышения удобства использования. На рисунках, содержащихся в этой главе, представлена самая последняя версия библиотек ввода-вывода, доступная на момент печати руководства. У вас может быть другая версия библиотек, но процесс настройки и добавления приборов в интерфейс в основном остается неизменным.

Библиотеки ввода-вывода можно взять на компакт-диске автоматизации Keysight (Automation-Ready) или загрузить на странице «Программное обеспечение для тестирования электроники и измерений» (Electronic Test & Measurement Software).

<http://www.keysight.com>

Перед установкой библиотек ввода-вывода изучите Таблицу 2-2, чтобы убедиться, что характеристики вашего компьютера соответствуют требованиям последней версии этого ПО.

Таблица 2-2 Системные требования для пакета библиотек ввода-вывода Keysight

Операционная система	Windows XP (SP 3 или более поздняя)	Windows Vista /Windows 7 32/64-разрядные версии
Процессор	600 МГц или выше (требуется) 800 МГц (рекомендуется)	1 ГГц, 32 бита (x86) 1 ГГц, 64 бита (x64)
Доступная память	Не менее 256 МБ 1 ГБ или более (рекомендуется)	Не менее 1 ГБ
Свободное место на диске	1,5 ГБ – 1 ГБ рекомендуется для Microsoft .NET Framework 2.0 SP2 – 65 МБ для пакета библиотек ввода-вывода Keysight	1,5 ГБ – 1 ГБ рекомендуется для Microsoft .NET Framework 2.0 SP1 – 65 МБ для пакета библиотек ввода-вывода Keysight
Видео	Супер VGA (800x600) с 256 цветами и более	Поддержка графики DirectX 9 со 128 МБ графической памяти (рекомендуется) (Поддерживается графика супер VGA).
Веб-браузер	Microsoft Internet Explorer 6.0 или более поздней версии	Microsoft Internet Explorer 7 или более поздней версии
Примечание: в силу специфики процесса установки для работы ПО может требоваться меньше памяти, чем для установки.		

Загрузка программного обеспечения

Закройте все приложения на вашем компьютере. Вставьте в дисковод компакт-диск автоматизации Keysight. При всех запросах системы следуйте инструкциям, чтобы выполнить *обычную* установку. **Подтвердите все директории по умолчанию, которые запрашиваются.**

Если установка библиотек ввода-вывода не начинается автоматически, выберите **Start (Пуск) > Run (Запустить)** в **стартовом** меню Windows и наберите <drive>:\autorun\auto.exe, где <drive> указывает на компакт-диск.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если на вашем компьютере установлена версия VISA (Virtual Instrument Software Architecture) другого поставщика, продолжите установку библиотек ввода-вывода Keysight установкой Keysight VISA в параллельном режиме (side-by-side). Более подробная информация о работе режима side-by-side содержится в разделе помощи пакета библиотек ввода-вывода (доступном после завершения установки) в статье «Совместное использование продуктов Keysight и других поставщиков».

После установки библиотек ввода-вывода закройте мастер установки. Если применимо, продолжите установку драйвера прибора, как описано ниже. В противном случае перейдите в раздел «Добавление приборов в интерфейс ПК» в этой главе.

Установка драйверов прибора

Драйверы взаимозаменяемого виртуального инструмента (IVI) (если применимо) используются для программирования 53210A с Keysight VEE, в средах разработки National Instruments® LabVIEW™ или Microsoft®.

Установите подходящий драйвер для среды разработки, которую вы используете (**Таблица 2-1**). **Подтвердите все директории по умолчанию, которые запрашиваются при установке. Тип установки «Обычный» (Typical) подходит для большинства пользователей.**

ПРИМЕЧАНИЕ

При установке библиотек ввода-вывода Keysight устанавливаются и совместно используемые компоненты взаимозаменяемого виртуального инструмента (IVI). Совместно используемые компоненты IVI требуются **до** начала установки драйверов IVI (например, IVI-COM, IVI-C).

Добавление приборов в интерфейс ПК

В процессе установки библиотек ввода-вывода Keysight настраиваются интерфейсы ввода-вывода (LAN, USB, GPIB), обнаруженные на **ПК**. В этом разделе содержится информация о программном способе добавления 53210A к интерфейсам, использующим мастер подключения библиотек ввода-вывода Keysight (Connection Expert).

Допускается одновременное подключение LAN/USB/GPIB к прибору.

ПРИМЕЧАНИЕ

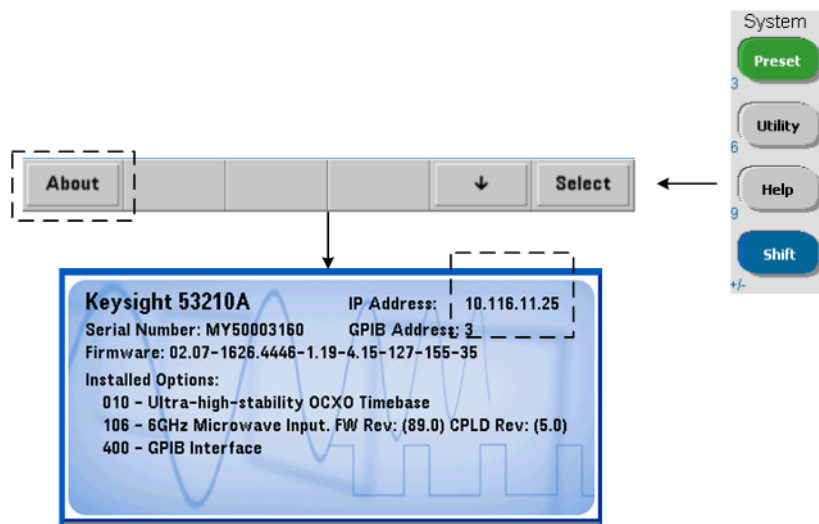
На рисунках, содержащихся в этой главе, представлена самая последняя версия библиотек ввода-вывода, доступная на момент печати руководства. У вас может быть другая версия библиотек, но процесс настройки и добавления приборов в основном остается неизменным.

Настройка удаленного интерфейса

В следующих разделах описывается настройка интерфейсов LAN, USB и GPIB через переднюю панель. Интерфейсы также могут настраиваться программным способом с помощью команд «Настройка удаленного интерфейса» в подсистеме SCPI SYSTEM. Эта подсистема, а также описания всех команд SCPI описывается в разделе «Справочник по программированию» на компакт-диске со справочными материалами о продукте 53210A/53220A/53230A.

Настройка интерфейса LAN

Если частотомер подключен к интерфейсу LAN, IP-адрес можно узнать с помощью передней панели, как показано ниже.



Когда IP-адрес будет известен, запустите мастер подключений, кликнув на пиктограмме «Управление вводом-выводом» (Keysight IO Control) и выбрав пункт «Мастер подключений» (Keysight Connection Expert) во всплывающем меню, как показано на [Рисунке 2-3](#).

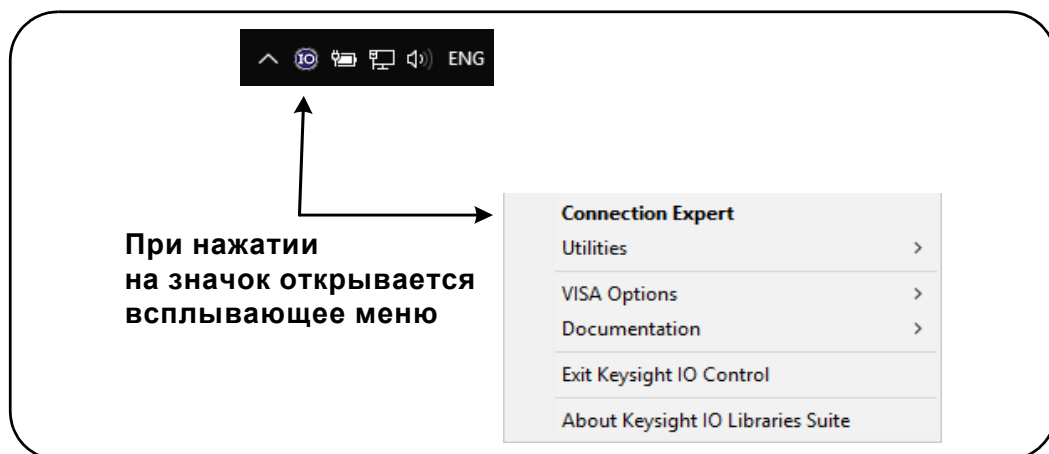


Рисунок 2-3 Запуск мастера подключений Keysight

Поиск расположения приборов

Мастер подключений Keysight открывает стартовый экран и окно, похожее на показанное на [Рисунке 2-4](#). Интерфейсы компьютера, настроенные в ходе установки, отображаются в левом столбце (панель проводника **Explorer**), а свойства настроенного интерфейса — в правом столбце (панель свойств **Properties**).

Чтобы найти сеть для частотомера, кликните **+ Add** и выберите **LAN Instrument (Прибор LAN)**, расположенный на панели инструментов мастера подключений. После выбора **LAN Instrument** мастер подключений выполняет автоматический поиск (Auto Find) всех приборов в той же подсети, в которой находится компьютер.

Выберите частотомер из списка и кликните «ОК». Коммуникационные каналы к приборам проверены, приборы добавлены к настраиваемому интерфейсу. Приборы, добавленные к LAN таким способом, впоследствии программируются с помощью **протокола VXI-11**.

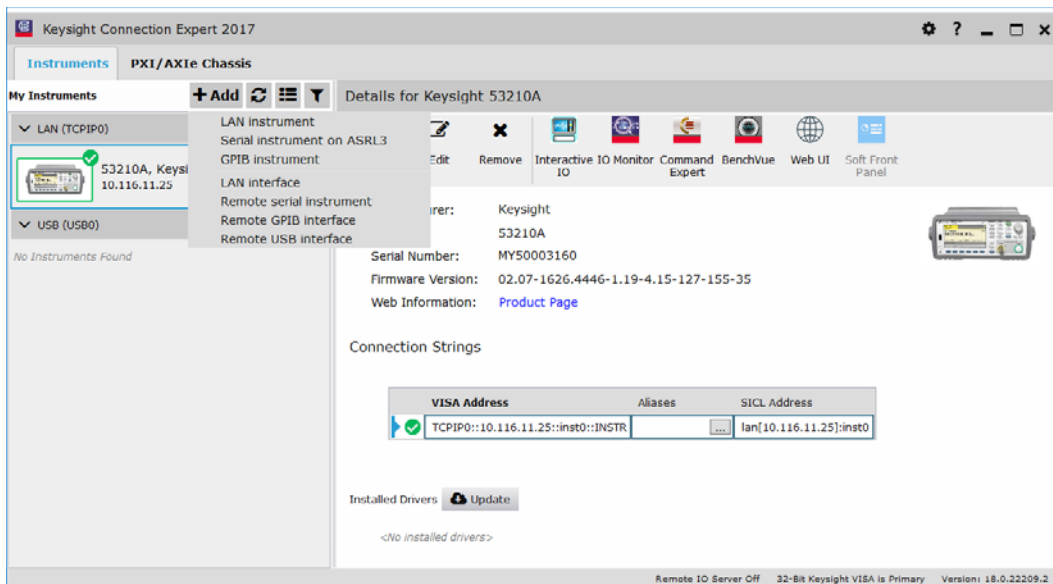


Рисунок 2-4 Окно интерфейса мастера подключений Keysight

Использование протокола сокетов Для повышения производительности приборы, добавленные к конфигурации LAN, могут также использовать протокол **сокетов**. Для использования этого подключения выберите **LAN Instrument (Прибор LAN)** в **+Add** меню (**Рисунок 2-4**). После этого выберите вкладку «Ввести адрес» (**Enter Address**). В этом окне введите имя хоста или IP-адрес прибора и в разделе **Set Protocol (Настройка протокола)** выберите **Socket (Сокеты)** (**Рисунок 2-5**). Обратите внимание, что прибор может иметь в своей конфигурации подключения VXI-11 и сокет (**Рисунок 2-4**).

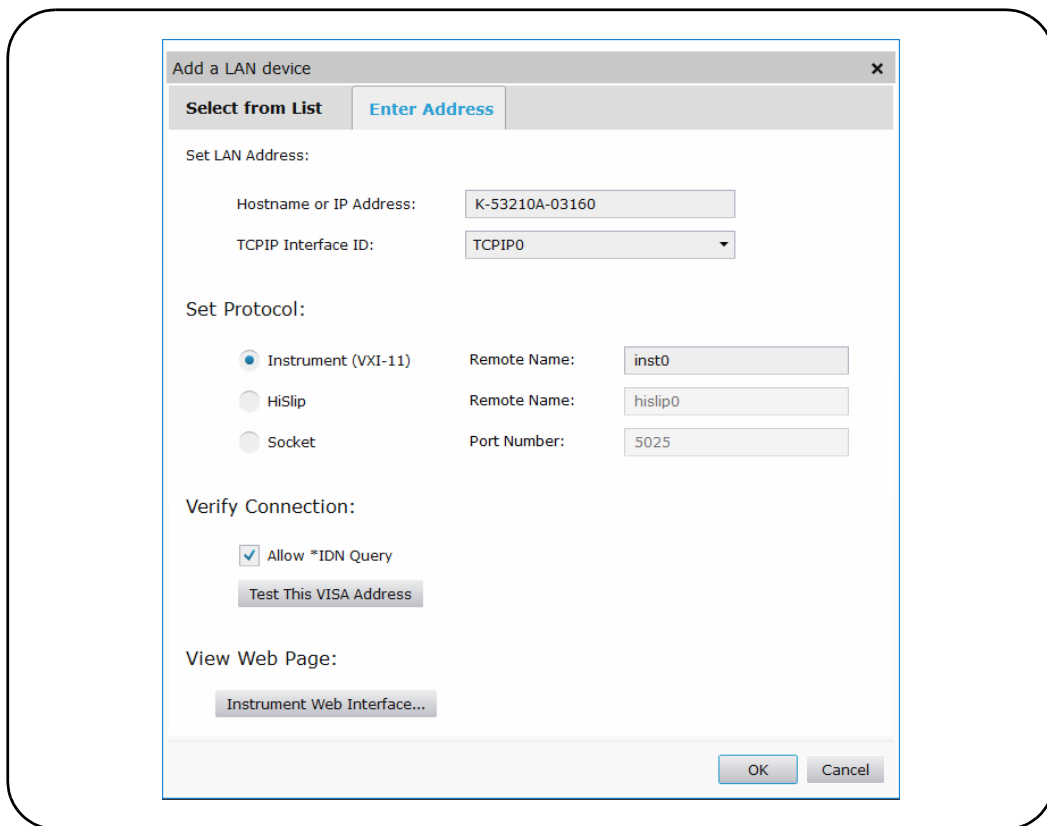


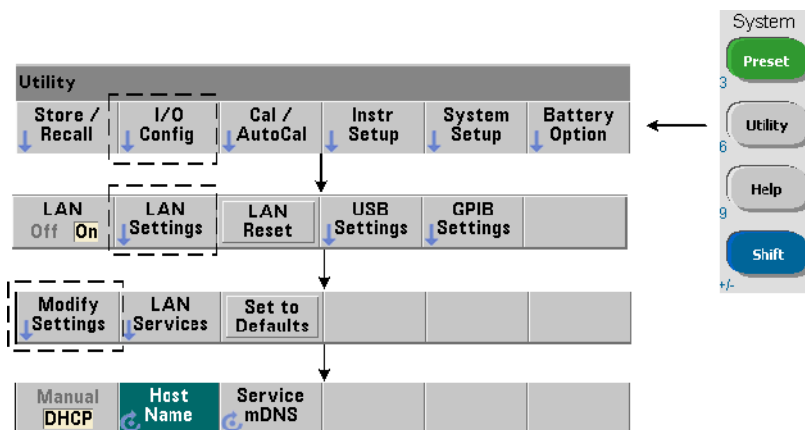
Рисунок 2-5 Добавление сокета для подключения

Об IP-адресах и именах хостов

Протокол динамической конфигурации узла (DHCP) и автоматический IP включены на 53210A при поставке с завода Keysight. Это позволяет прибору автоматически получать адрес в сети. Если в сети есть сервер DHCP, он назначит адрес прибору.

Если в сети нет сервера DHCP, 53210A автоматически определит адрес, который будет использовать. Адрес будет находиться в диапазоне от 169.254.1.1 до 169.254.255.255.

Имена хостов



53210A имеет имя хоста по умолчанию. Формат имени хоста такой:

A-53210A-nnnnn,

где «nnnnn» — это последние пять разрядов серийного номера прибора.

Имя хоста прибора сообщается мастером подключений сетевым серверам, которые поддерживают Динамическую службу доменных имен (DDNS). Сетевым серверам, которые не поддерживают динамический DNS, сообщается только IP-адрес.

Адресация прибора При программировании доступ к 53210A выполняется по адресной строке, которая содержит IP-адрес:

TCPIP0::169.254.2.30::inst0::INSTR (VXI-11)

TCPIP0::169.254.2.30::5025::SOCKET (сокеты)

или имя хоста:

TCPIP0::A-53210A-00050.keysight.com::inst0::INSTR

Отключение интерфейса LAN

Чтобы отключить интерфейс LAN, на передней панели выберите **I/O Config (Конфигурация ввода-вывода)**, а затем **LAN Off (Отключить LAN)** и перезагрузите прибор по питанию. Отключенный интерфейс нельзя настроить с помощью мастера подключений.

Открытие веб-интерфейса из мастера подключений Keysight

Интерфейс LAN является **единственным** интерфейсом ввода-вывода, через который можно получить доступ к пользовательскому веб-интерфейсу частотомера.

Для открытия пользовательского веб-интерфейса кликните  в группе пиктограмм в верхней части экрана. В браузере откроется веб-страница.

Настройка интерфейса USB

53210A поддерживает высокоскоростное подключение USB 2.0. Подключение к прибору выполняется через USB-разъем типа B, расположенный на задней панели прибора.

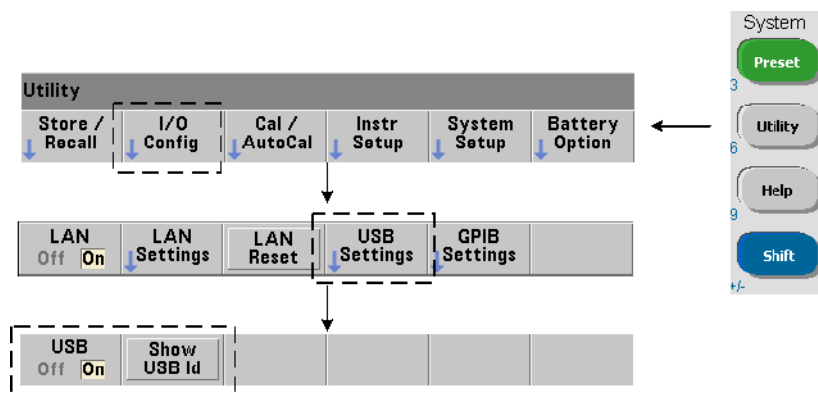
ПРИМЕЧАНИЕ

При первом подключении 53210A к ПК через USB-кабель **может** запуститься мастер настройки оборудования на ПК, который предложит установить программное обеспечение для прибора. Для USB-интерфейса не предусмотрено никакого ПО для установки, кроме библиотек, содержащихся на компакт-диске автоматизации (Keysight Automation-Ready), который поставляется вместе с прибором 53210A. Продолжайте процесс через приложение «мастера» **без** поиска ПО и подтвердите все варианты по умолчанию.

Добавление приборов в конфигурацию USB

Соединив 53210A и ПК кабелем USB, запустите мастер подключений Keysight (**Рисунок 2-4**), если он еще не открыт. ПК должен обнаружить присутствие USB-устройства. При необходимости кликните правой кнопкой на USB-интерфейсе (USB0), а затем выберите **Rescan this Interface (Повторное сканирование этого интерфейса)**.

Мастер подключений попытается установить канал связи с прибором. Если это ему удастся, прибор будет добавлен в список настроенных USB приборов (**Рисунок 2-4**). USB-адрес можно прочитать на передней панели, как показано ниже.



Адресная строка USB

При программировании 53210A через USB его USB-адрес включается в адресную строку в следующем виде:

USB0::2391::1287::0123456789::0::INSTR

Для упрощения адресации в процессе программирования может быть назначен псевдоним VISA, который будет использоваться вместо полного адреса. Для назначения псевдонима для мастера подключений кликните овальную кнопку . Это действие открывает диалоговое окно **Edit Alias (Редактирование псевдонима)**.

Кликните **Add**. Введите псевдоним и выберите **OK** (Рисунок 2-6).

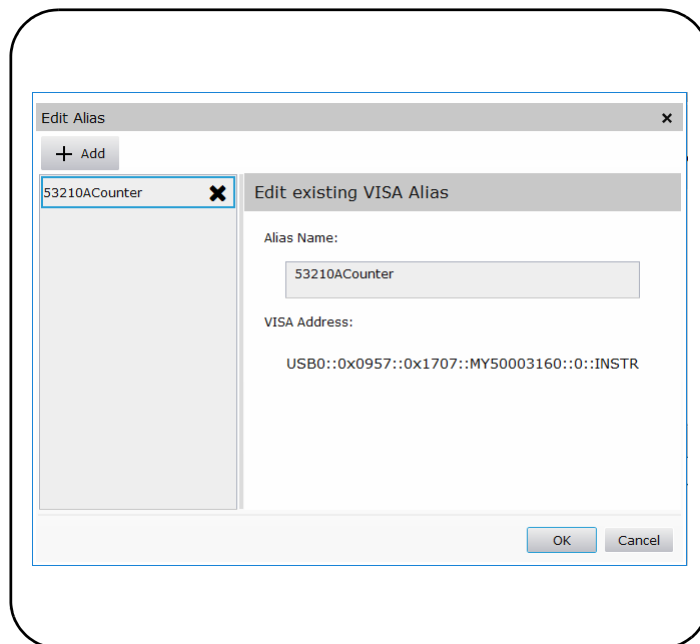


Рисунок 2-6 Настройка псевдонима VISA для адресной строки USB

Отключение интерфейса USB

Интерфейс USB может быть отключен с передней панели выбором **I/O Config (Конфигурация ввода-вывода)**, затем **USB Settings (Настройки USB)**, а затем **USB Off (Выключить USB)**. При выключении и включении интерфейса USB вы должны выполнить перезагрузку по питанию, чтобы изменения вступили в силу. Отключенный интерфейс нельзя настроить с помощью мастера подключений.

Использование USB-интерфейса с интерактивным вводом-выводом

Пользовательский веб-интерфейс прибора **недоступен** через USB-интерфейс.

Вместо него для программирования можно использовать служебную программу мастера подключений «Интерактивный ввод-вывод» (см. «**Использование интерактивного ввода-вывода**»).

Настройка интерфейса GPIB

ПРИМЕЧАНИЕ

Далее предполагается, что на вашем компьютере есть карта GPIB или интерфейс USB/GPIB.

Программный доступ к 53210A также возможен через интерфейс GPIB. Кабели GPIB подключаются по топологии «звезда» (все кабели подключаются напрямую к компьютеру) или «линейно» (прибор к прибору).

Добавление приборов в конфигурацию GPIB

Чтобы добавить приборы в GPIB-интерфейс, кликните **+ Add** и выберите **GPIB Instrument (Прибор GPIB)** на панели инструментов мастера подключений (Рисунок 2-4). В появившемся окне **Add a GPIB Instrument (Добавить прибор GPIB)** (Рисунок 2-7) выберите GPIB-адрес частотомера (примечание: установленный на заводе адрес = 3) и нажмите **ОК**.

Мастер подключений попытается установить канал связи с прибором. Если на указанном адресе есть частотомер, он будет добавлен в список сконфигурированных приборов GPIB.

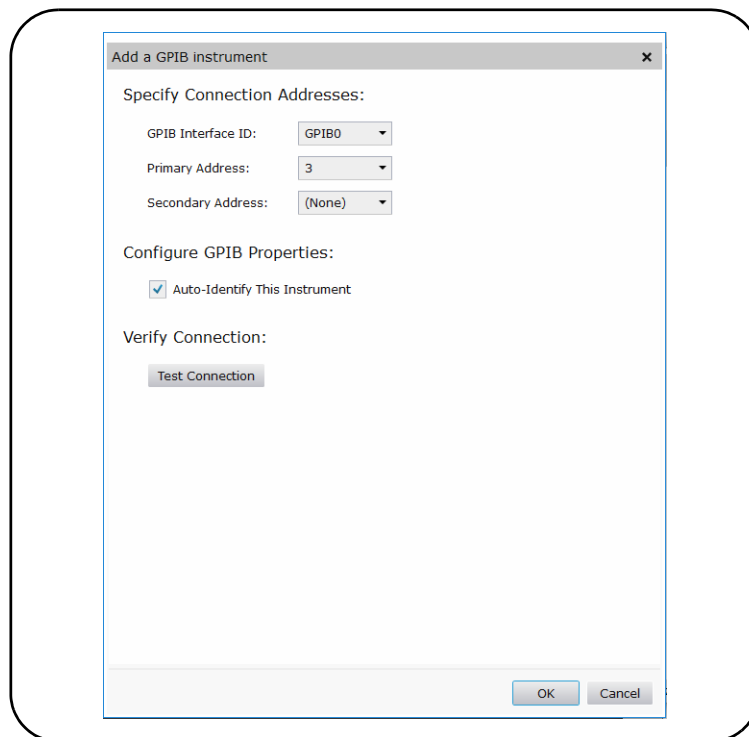
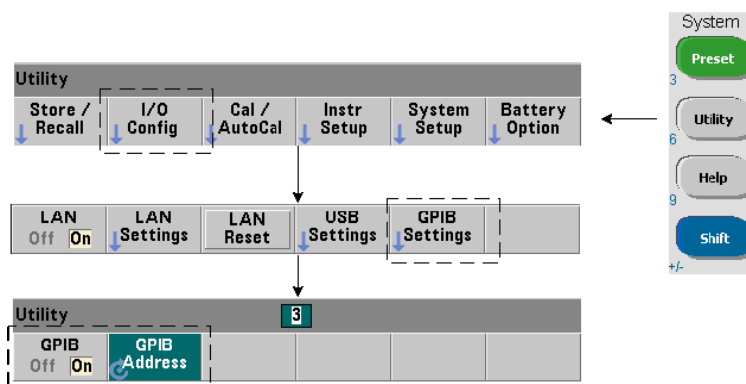


Рисунок 2-7 Выбор адреса GPIB

GPIB-адрес частотомера можно узнать с помощью передней панели, как показано ниже.



Адресная строка GPIB

При программировании частотомера через GPIB GPIB-адрес прибора включается в адресную строку, как показано ниже:

GPIB0::3::INSTR

Изменение адреса GPIB

Чтобы изменить адрес GPIB, выберите **GPIB Address** и с помощью поворотного регулятора или числовых кнопок с клавишей **Shift** настройте желаемый адрес. После изменения адреса нужно выполнить перезагрузку по питанию, чтобы изменения вступили в силу.

Когда вы изменяете адрес GPIB, это изменение НЕ отображается в окне интерфейса мастера подключений (Рисунок 2-4).

В окне мастера подключений выберите **GPIB instrument (Прибор GPIB)** и кликните



В окне настраиваемых свойств (Рисунок 2-7) измените адрес на новый и выберите **OK**.

Отключение интерфейса GPIB

Чтобы отключить интерфейс GPIB, на передней панели выберите I/O Config (Конфигурация ввода-вывода), затем GPIB Settings (Настройки GPIB), а затем GPIB Off (Выключить GPIB). При выключении и включении интерфейса GPIB вы должны выполнить перезагрузку по питанию, чтобы изменения вступили в силу. Отключенный интерфейс нельзя настроить с помощью мастера подключений.

Использование GPIB-интерфейса с интерактивным вводом-выводом

Веб-интерфейс прибора недоступен из GPIB-интерфейса. Вместо него для программирования можно использовать служебную программу мастера подключений «Интерактивный ввод-вывод» (см. «Использование интерактивного ввода-вывода»).

Использование интерактивного ввода-вывода

Служебная программа «Интерактивный ввод-вывод» мастера подключений — это еще один метод (Таблица 2-1) отправки команд на 53210A. Интерактивный ввод-вывод доступен через **любой** интерфейс взаимодействия с ПК и позволяет отправлять на прибор любую команду из набора команд SCPI 53210A. Самые распространенные команды вы также можете выбрать из меню Общих команд IEEE-488 (например, *IDN?, *RST, *TST?).

Интерактивный ввод-вывод можно использовать для следующих целей:

- устранение проблем с коммуникацией;
- выполнение «очистки устройства»;
- изучение набора команд прибора.

На Рисунке 2-8 показано, как интерактивный ввод-вывод запускается из выбранного интерфейса.

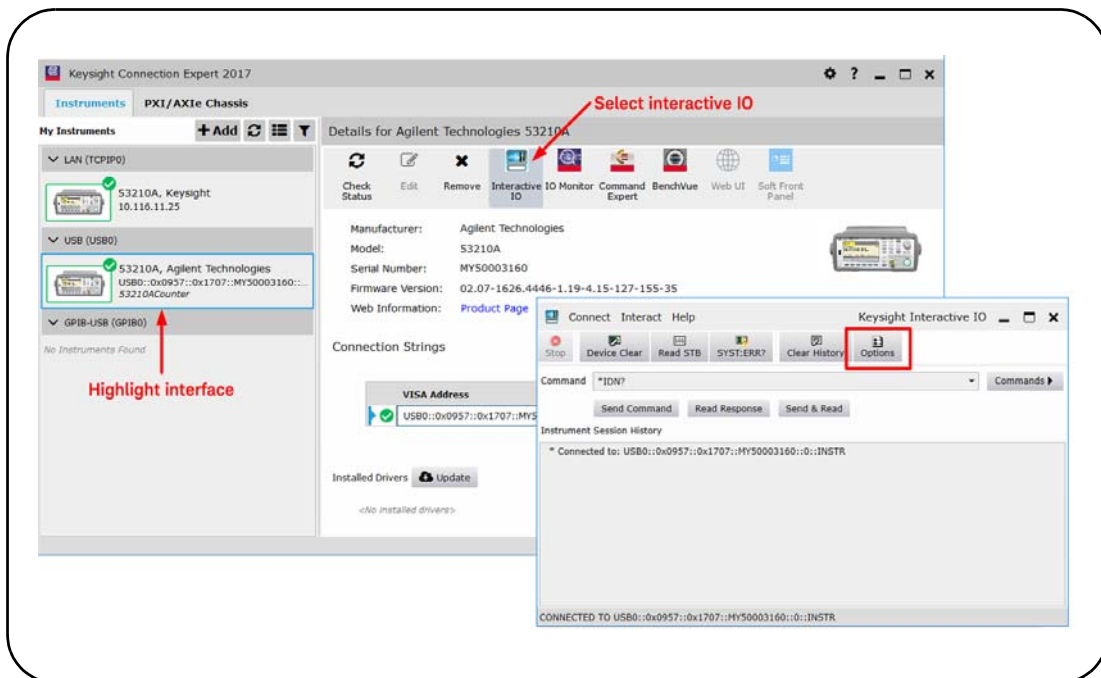


Рисунок 2-8 Запуск интерактивного ввода-вывода для выбранного интерфейса

ПРИМЕЧАНИЕ

Если окно интерактивного ввода-вывода используется для отправки команды самодиагностики (*TST?) на 53210A, иногда нужно применять более долгий период «тайм-аута», чтобы обеспечить достаточное время для возвращения результатов. Это можно сделать с помощью вкладки «Опции» в окне интерактивного ввода-вывода. Самодиагностика 53210A занимает около семи секунд.

Обновления прошивки и драйверов

Обновления прошивки и драйверов (если доступно) для 53210A можно загрузить через интернет. В этом разделе содержится информация о поиске и загрузке обновлений на ваш компьютер, а также об установке этих обновлений на приборе.

Отключение защиты калибровки

Перед тем, как устанавливать обновления прошивки, нужно **отключить** на счетчике функцию защиты калибровки. Это выполняется с помощью следующей команды:

CALibration:SECurity:STAtE {OFF|ON}, <код>

CALibration:SECurity:STAtE?

(форма запроса)

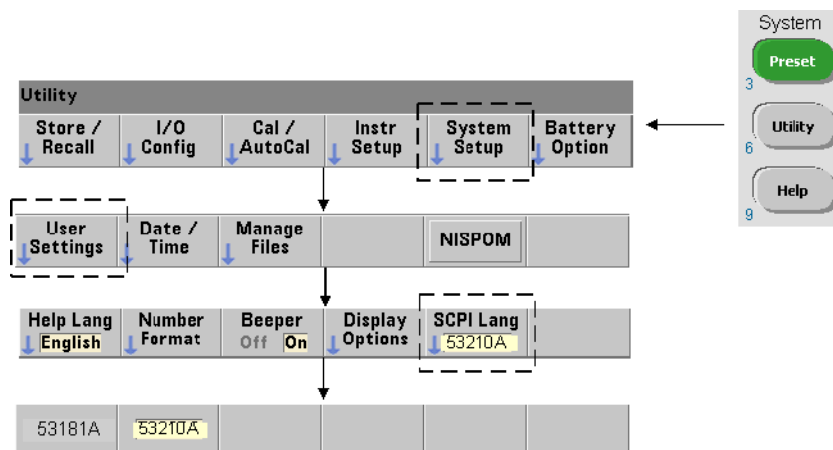
Для отключения защиты прибора вы должны предоставить код защиты и указать значение OFF (Выкл.) для состояния защиты. Когда прибор поступает с завода, на нем установлен код защиты KT53210A. Обратите внимание, что после начала использования прибора код защиты мог быть изменен.

Завершив обновление прошивки на частотомере, вы можете восстановить защиту этой же командой, указав значение состояния ON и предоставив код защиты. Значение частотомера калибровок **не изменяется** при изменении состояния защиты и (или) обновлении прошивки.

Значение частотомера калибровок можно прочесть с помощью команды:

CALibration:COUnT?

Режим эмуляции языка SCPI



Если 53210A иногда используется в режиме эмуляции языка 53181A SCPI, перед обновлением прошивки на приборе нужно восстановить первоначальный режим (53210A).

Загрузка и установка служебной программы обновления

Обновления прошивки 53210A устанавливаются на приборе с помощью служебной программы обновления прошивки Keysight. Служебную программу и обновление прошивки можно найти на веб-сайте по адресу:

www.keysight.com/find/53210A

После загрузки этой страницы выберите вкладку «**Technical Support**» (**Техническая поддержка**), а затем выберите «**Drivers & Software**» (Драйверы и ПО). Кликните пункт «532x0A Firmware Update» (Обновление прошивки 532x0A) и выберите служебную программу в разделе «**Documents & Downloads**» (Документы и загрузки):

53210A/53220A/53230A Firmware Update Utility (Служебная программа обновления прошивки 53210A/53220A/53230A).

Когда появится запрос, выберите «Run» (Запустить), чтобы установить служебную программу. По умолчанию для установки используется директория «C:\Program Files\Keysight\Firmware Update Utility Type 2». Также служебная программа будет добавлена в раздел Keysight меню «Пуск».

Загрузка обновления прошивки

Вернитесь на веб-страницу и под строкой «Documents & Downloads» (Документы и загрузки) выберите:

532x0A Firmware Update Revision <revision number>
(Версия обновления прошивки 532x0A <номер версии>)

Когда появится запрос, выберите «Run» (Запустить), чтобы загрузить (сохранить) файл на ваш ПК. **Запишите расположение директории, поскольку вам нужно будет указать путь к файлу прошивки, когда вы запустите служебную программу обновления.**

ПРИМЕЧАНИЕ

Обновления прошивки доступны только через интерфейс LAN. Прежде чем запускать служебную программу, запишите IP-адрес.

Установка обновления прошивки

После того, как файл обновления будет загружен с веб-сайта, его можно установить.

- 1 Запустите служебную программу из директории установки или через меню «Пуск».
- 2 Нажмите **Next (Далее)** и с помощью кнопки **Browse (Обзор)** укажите путь к файлу прошивки (**Рисунок 2-9**). После этого в окне «Применимые модели» появится номер модели прибора, а также номер версии и описание прибора. Выберите **Next (Далее)**.

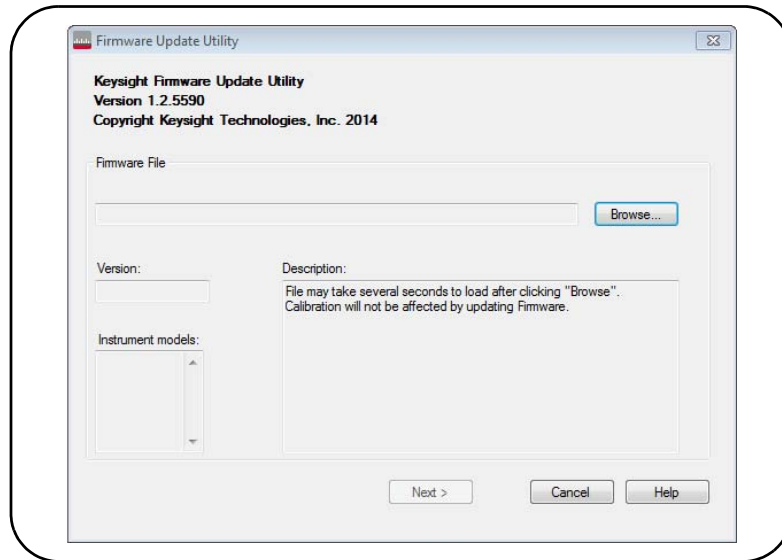


Рисунок 2-9 Выбор пути к файлу обновления

- 3 Введите IP-адрес или имя хоста, настроенные для частотомера (Рисунок 2-10). Выберите «Update» (Обновить), чтобы начать процесс обновления.

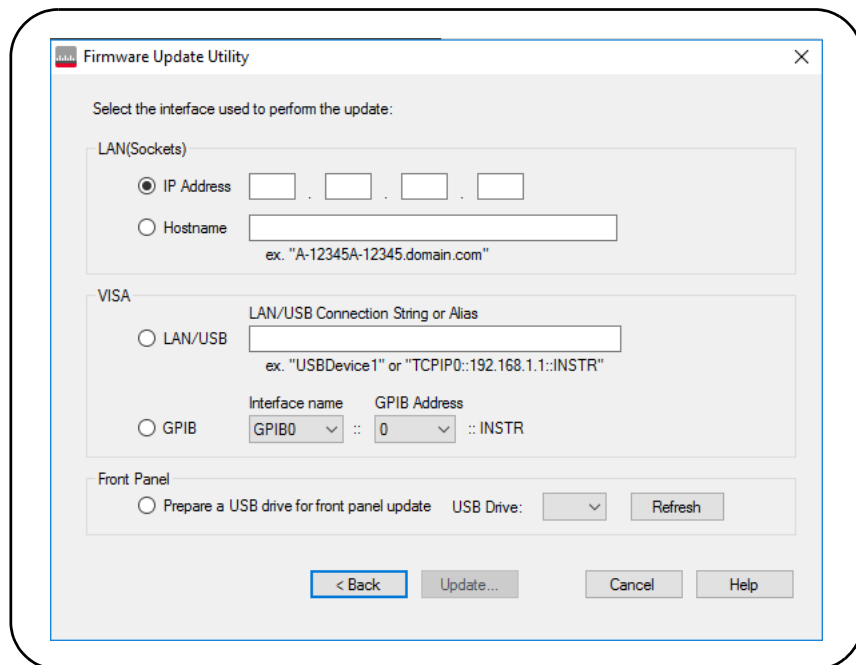


Рисунок 2-10 Указание адреса или имени хоста

Обновление прошивки занимает несколько секунд. После завершения обновления 53210A перезагрузится.

ПРИМЕЧАНИЕ

После обновления прошивки Keysight мастер подключений (если он запущен) может сообщить о том, что конфигурация 53210A изменилась. Это будет представлено желтым треугольником и восклицательным знаком («!») рядом с обновленным прибором. Выберите имя прибора, выберите «Change Properties» (Изменить свойства), а затем «Test Connection» (Проверить соединение) или «Identify Instrument» (Идентифицировать прибор), чтобы обновить мастер подключений.

Загрузка обновлений драйвера IVI-COM

Драйверы IVI-COM и LabVIEW для 53210A (если они доступны) можно найти на веб-сайте по адресу:

www.keysight.com/find/53210A

После загрузки этой страницы выберите вкладку «**Technical Support**» (**Техническая поддержка**), а затем выберите «Drivers and Software» (Драйверы и ПО). Драйверы и соответствующие файлы «readme» находятся в этом списке.

3 Измерения с помощью 53210A

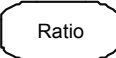
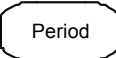
Краткая информация об измерениях с помощью частотомера	78
Настройка генератора опорных сигналов	79
Установка тайм-аута измерения	84
Соглашения о синтаксисе SCPI	85
Команды измерений (MEASure) и настроек (CONFigure)	88
Измерения частоты	92
Измерения частотного коэффициента	94
Измерения периода	97

В этой главе содержится общая информация о программировании и приводятся примеры измерений, которые можно выполнить с помощью частотомера 53210A.

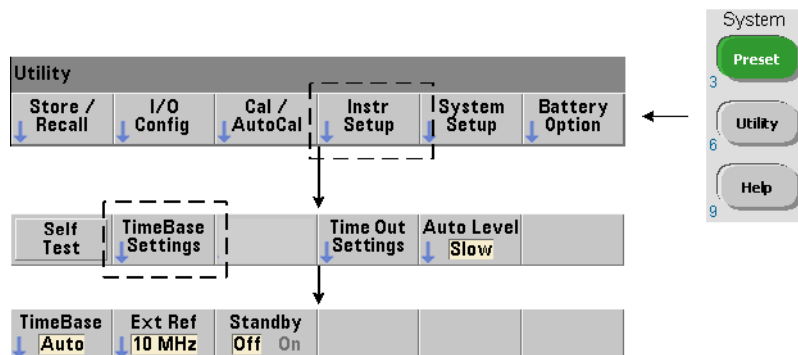
Краткая информация об измерениях с помощью частотомера

Измерения с использованием частотомера Keysight 53210A кратко описаны в **Таблице 3-1**. В таблице указаны кнопки на передней панели, которые открывают меню для выбора конкретных измерений с помощью программных кнопок. Также для них указаны эквивалентные команды SCPI и ограничения по каналам.

Таблица 3-1 Краткая информация об измерениях с помощью Keysight 53210A

Измерения	Кнопка	Команда	Прибор	Каналы
Частота		CONFigure:FREQuency MEASure:FREQuency?	53210A	1,2
Частотный коэффициент		CONFigure:FREQuency:RATio MEASure:FREQuency:RATio?	53210A	1,2
Период		CONFigure:PERiod MEASure:PERiod?	53210A	1,2

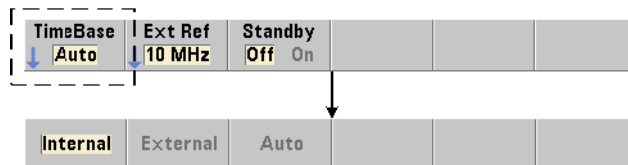
Настройка генератора опорных сигналов



Для измерений 53210A использует сигнал генератора опорной частоты, который также называют внутренним (или внешним) источником опорного сигнала (развертки). Допустимый опорный сигнал генератора необходим для выполнения измерений.

Следующая информация применима к стандартному кварцевому генератору с температурной компенсацией (TCXO) и ультрастабильного термостатированного кварцевого генератора (OCXO) Опции 010.

Источник опорного сигнала



Генератор опорных сигналов (генератор развертки) — это внутренний гетеродин частотомера или внутренний гетеродин, настраиваемый по внешнему опорному сигналу. Команды источника:

[SENSe:]ROSCillator:SOURce {INternal|EXternal} (форма запроса)
[SENSe:]ROSCillator:SOURce?

[SENSe:]ROSCillator:SOURce:AUTO {OFF|ON} (форма запроса)
[SENSe:]ROSCillator:SOURce:AUTO?

- INTernal выбирает внутренний генератор опорных сигналов частотомера с частотой 10 МГц. Сигнал имеет форму синусоиды с 0,5 В(скз) (при 50 Ом). Сигнал гетеродина также присутствует на разъеме **Int Ref Out (Выход внутреннего опорного сигнала)** на задней панели частотомера.
- EXTernal выбирает внешний опорный сигнал, который поступает на разъем **Ext Ref In (Вход внешнего опорного сигнала)** на задней панели. Сигнал должен иметь следующие характеристики:
 - 1 МГц, 5 МГц или 10 МГц;
 - от 100 мВ(скз) до 2,5 В(скз);
 - форма синусоиды;

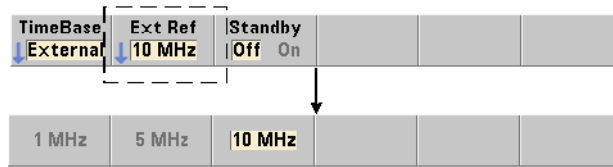
частота должна быть указана командой
SENSe:ROSCillator:EXTernal:FREQuency.
- :AUTO ON включает автоматический выбор источника опорного сигнала. Если сигнал 1, 5 или 10 МГц присутствует на разъеме **Ext Ref In** частотомера, устанавливается внешний источник (EXTernal). Если допустимый сигнал не присутствует **или потерян**, источник **автоматически** переключается на внутренний (INTernal).

Обратите внимание, что указание источника опорного сигнала (INTernal (Внутренний) или EXTernal (Внешний)) с помощью [SENSe:]ROSCillator:SOURce отключает автоматический выбор этого параметра.

- :AUTO Off отключает автоматический выбор источника опорного сигнала. В этом случае источник устанавливается командой [SENSe:]ROSCillator:SOURce.

При поставке частотомера с завода или после выполнения команды SYSTem:SECure:IMMEDIATE источник опорного сигнала установлен в режим «INTernal» с возможностью автоматического выбора (On). Настройки сохраняются в постоянной памяти и не меняются после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки (SYSTem:PREset или кнопкой **Preset (Предварительная настройка)**).

Указание внешней опорной частоты



Если внешний источник опорного сигнала (EXTErnal) установлен с помощью SENSE:ROSCillator:SOURce или SENSE:ROSCillator:SOURce:AUTO, то для отображения синхронизированной частоты внешнего сигнала (на которую настроен гетеродин) **необходимо** использовать следующую команду:

```
[SENSe:]ROSCillator:EXTErnal:FREQuency {1E6|5E6|10E6|MINimum|MAXimum|Default}
[SENSe:]ROSCillator:EXTErnal:FREQuency? [{MINimum|MAXimum|
Default}]
```

(форма запроса)

На приборе, доставляемом с завода, внешняя опорная частота установлена на 10 МГц. Такая же частота может быть установлена командой SYSTem:SECure:IMMediate. Настройка сохраняется в постоянной памяти и не меняется после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки (SYSTem:PREset или кнопкой **Preset (Предварительная настройка)**).

Пример использования внешнего опорного сигнала

Далее приведен пример настройки частотомера на внешний опорный сигнал (если он есть) и ожидаемую внешнюю частоту 10 МГц.

```
SENS:ROSC:SOUR:AUTO ON           // настройка на внешнюю частоту, если присутствует
SENS:ROSC:EXT:FREQ 10E6          // ожидается сигнал 10 МГц
```

Обнаружение допустимого внешнего опорного сигнала

При наличии допустимого (внешнего) опорного сигнала **ExtRef (Внешняя частота)** будет отображаться в верхнем правом углу дисплея. Если допустимая частота не обнаружена или отсутствует, будет отображаться сообщение «**No valid external timebase**» («Нет допустимой внешней развертки»). Ошибка будет зафиксирована и добавлена в очередь ошибок.

Наличие допустимого внешнего опорного сигнала можно определить программным способом с помощью команды:

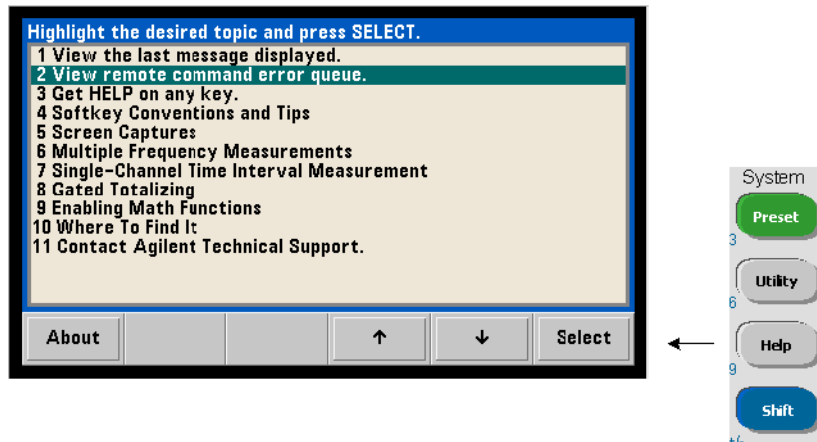
```
[SENSe:]ROSCillator:EXTErnal:CHECK ONCE
```

Перед отправкой команды нужно установить следующие настройки: SENSE:ROSCillator:SOURce EXTErnal и SENSE:ROSCillator:SOURce:AUTO OFF.

В следующем примере показана проверка поступления внешнего опорного сигнала на разъем входа внешнего опорного сигнала (**Ext Ref In**).

SENS:ROSC:SOUR EXT // установка источника, а также его отключение
 // автоматический выбор источника
SENS:ROSC:EXT:CHEC ONCE // проверка допустимости сигнала
SYST:ERR? // считывание очереди ошибок

Очередь ошибок можно прочитать на передней панели, как показано ниже:

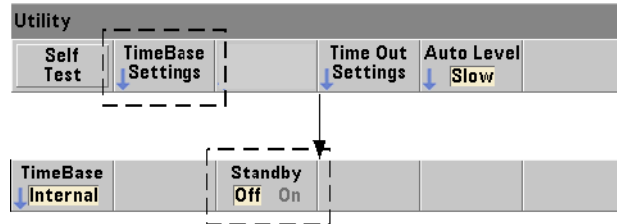


Статус внешнего опорного сигнала (развертки) также отслеживается регистром некачественных результатов частотомера. Запрос в регистр можно отправить с помощью команды:

STATus:QUESTionable:EVENT?

Значение +1024 (10-й бит) означает ошибку недопустимой частоты (развертки). Считывание этого регистра **очищает все биты** в нем. Информацию о системе статусов частотомера см. в **Главе 8**.

Питание опорного гетеродина в «спящем» режиме (Опция 010)



Питание в режиме сна для поддержания рабочей температуры внутреннего опорного генератора ОСХО частотомера (Опция 010) обеспечивается от сети или от аккумулятора Опции 300. Питание в режиме сна включается и выключается с помощью команды:

[SENSe:]ROSCillator:INternal:POWer:STANdby {OFF|ON}

[SENSe:]ROSCillator:INternal:POWer:STANdby?

(форма запроса)

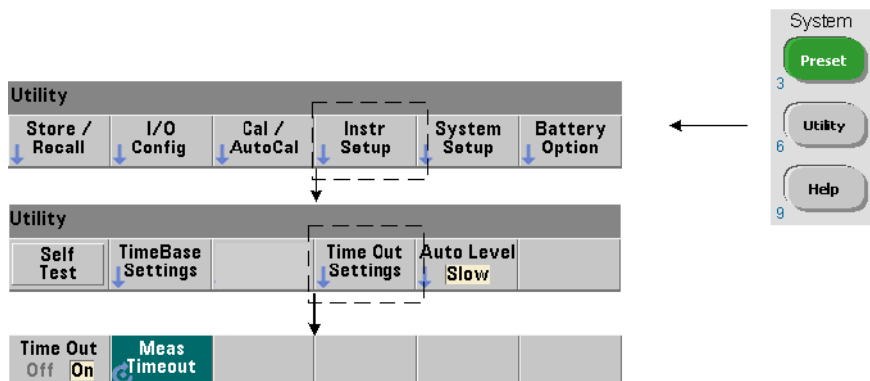
- Включение («On») питания в режиме сна позволяет поддерживать температуру ОСХО, когда кнопка питания на передней панели находится в выключенном состоянии (в «спящем» режиме). Если прибор отключен от сети питания, но в нем установлен и **включен** аккумулятор Опции 300, питание в режиме сна будет осуществляться от него. Питание в режиме сна от аккумулятора рассчитано на 24 часа.
- Выключение («Off») сетевого или аккумуляторного питания в режиме сна отключает гетеродин полностью, если кнопка питания на передней панели выключена (находится в положении «off»).

Если питание в режиме сна отключено («Off»), перезагрузка прибора по питанию также перезагружает и генератор. **Это может повлиять на точность, полученную при калибровке гетеродина, и для достижения стабильности отсчетов потребуются некоторое время на прогревание (45 минут).**

Обратите внимание, что отключение питания в режиме сна с установленным аккумулятором (Опция 300) и отключенным питанием от сети продлевает время сохранения заряда аккумулятора.

На приборе, доставляемом с завода, питание в режиме сна отключено. Отключить его можно и командой SYSTem:SECure:IMMediate. Текущая настройка сохраняется в постоянной памяти и не меняется после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки (SYSTem:PREset или кнопкой **Preset (Предварительная настройка)**).

Установка тайм-аута измерения



Тайм-аут измерения — это время, выделяемое на завершение **каждого** измерения. Если измерения **не** завершаются до истечения времени тайм-аута, возвращается параметр 9.91E37 (не число), а на экране появляются следующие символы: -----. Эта последовательность продолжается для следующего отсчета, пока не будет достигнуто заданное количество контрольных точек.

Указав тайм-аут, вы сможете предотвратить неопределенно долгие паузы при ошибках, не позволяющих успешно завершить измерения.

Тайм-аут измерения устанавливается следующей командой:

SYSTem:TIMEout {<время>|MINimum|MAXimum|INFinity|DEFault}

SYSTem:TIMEout? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

- время указывается в диапазоне от 10 мс до 2000 с шагом в 1 мс. Установка тайм-аута может повлиять на эффективность измерений, если в одном цикле триггера регистрируется несколько отсчетов. Чтобы настроить оптимальное значение тайм-аута, следует учитывать задержку триггера, время строба и задержку строба ([Глава 5](#)).

Настройка тайм-аута сохраняется в постоянной памяти и не меняется после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки (SYSTem:PREset или кнопкой **Preset** (**Предварительная настройка**)).

При доставке с завода тайм-аут измерения на приборе установлен на 1 секунду. Указание времени 9.9E+37 или отправка команды SYSTem:SECurity:IMMediate отключают тайм-аут. Если тайм-аут **отключен**, прибор будет ждать завершения измерения **неограниченное** время.

Соглашения о синтаксисе SCPI

Программирование частотомеров через интерфейсы LAN, USB и GPIB выполняется на языке SCPI (стандартных команд для программируемых приборов). Типичный пример синтаксиса языка SCPI приведен для следующей команды MEASure:

```
MEASure:FREQuency? [{<ожидаемый>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[, {<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [, <канал>]]
```

Используются следующие соглашения по программированию.

Ключевые слова команд и краткие команды

Ключевые слова команд (например, MEASure, FREQuency?) разделяются двоеточием (:). Заглавные буквы обозначают сокращенную форму ключевого слова или параметра. Можно краткую форму или полное название параметра или команды.

Опциональные ключевые слова и параметры

Опциональные (подразумеваемые) ключевые слова и параметры указываются в квадратных скобках (например [, <канал>]) и не включаются в отправляемую команду. Если опциональный параметр не указан, используется значение по умолчанию.

Разделение команд и параметров; связывание команд SCPI

Последнее ключевое слово и первый параметр должны быть разделены пробелом. Несколько параметров разделяются запятыми (,). Символ «@» ставится перед **каждым** номером канала частотомера, а сам канал пишется в круглых скобках:

```
MEAS:FREQ:RAT? 5E6,(@2),(@1)
```

Множество подсистем При отправке нескольких команд SCPI в одной строке, команды различных подсистем (корневых узлов) должны разделяться точкой с запятой (;) и двоеточием (:). Например, в строке

INP:COUP AC;;TRIG:SOUR EXT

требуется точка с запятой и двоеточие, поскольку здесь указаны разные подсистемы (корневые узлы) — INPut (Вход) и TRIGger (Триггер).

Одна подсистема В пределах одной подсистемы несколько команд можно отправлять одной строкой. Первая команда указывает корневой узел, а далее через точку с запятой перечислены дополнительные команды для того же уровня, что и первая команда. Вот пример последовательности команд для подсистемы CALCulate2:

CALC2:TRAN:HIST:STAT ON
CALC2:TRAN:HIST:POIN 15
CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO ON
CALC2:TRAN:HIST:RANGe:AUTO:COUNT 300

Их все можно отправить одной строкой:

CALC2:TRAN:HIST:STAT ON;POIN 15;RANG:AUTO ON;AUTO:COUN 300

Нужно ли разделять строки команд? Отправляя команды одной строкой, а не в нескольких разных строках, вы сможете избежать некоторых ошибок «конфликта настроек». При отправке команд отдельными строками частотомер проверяет на ошибки отдельно каждую команду (строку). Если в строке есть несколько команд, эта строка анализируется полностью и затем проверяется отсутствие ошибок.

Связывание общих команд IEEE 488-2 и команд SCPI

В командной строке, содержащей и общие команды IEEE 488.2 (например, *RST, *WAI, *OPC?), команды SCPI прибора, общие команды отделяются от команд SCPI точкой с запятой (;). Пример показан в следующей строке:

CALC:STAT ON;AVER:STAT ON;;INIT;*WAI;;CALC:AVER:AVER?

ПРИМЕЧАНИЕ

Информация о соглашениях по программированию SCPI также содержится в разделе «Справочной информации для программистов» на компакт-диске со справочными материалами о продукте Keysight 53210A/53220A/ 53230A.

Команды измерений (MEASure) и настроек (CONFigure)

Каждый раз, когда частотомер производит измерения, он применяет конфигурацию на основе множества параметров. **Самая простая** и самая распространенная стартовая точка для установки этих параметров **программным способом** — это использование команд в подсистемах CONFigure и MEASure. Эти команды считаются высокоуровневыми, поскольку одной командой устанавливается значение (указанное пользователем или назначенное по умолчанию) сразу для нескольких параметров частотомера. Низкоуровневые команды — это команды в других подсистемах (то есть INPut, TRIGger, SENSE), которые позволяют с помощью CONFigure или MEASure указать значение или установить значение по умолчанию только для параметров из этого набора.

Выполнение команд из подсистем CONFigure и MEASure эквивалентно установке отдельных параметров с помощью команд/подсистем, показанных в [Таблице 3-2](#).

Таблица 3-2 Настройка частотомера с помощью CONFigure и MEASure

Параметр	Настройка CONFigure/MEASure	Низкоуровневая команда/подсистема
Вход	Диапазон, фильтрация низких частот, связь по входу, импеданс и подавление шума не изменяются.	INPut[{1}]:RANGe INPut[{1}]:FILTer INPut[{1}]:COUPling INPut[{1}]:IMPedance INPut[{1}]:NREJect
Источник триггера	IMMediate	TRIGGer:SOURce
Фронт триггера	NEGative	TRIGGer:SLOPe
Задержка триггера	0,0 секунды	TRIGGer:DELay
Количество триггеров	1 триггер	TRIGGer:COUNT
Количество контрольных точек	1 контрольная точка	SAMPlе:COUNT
Источник строба	На основании функции измерений, указанной командой CONFigure или MEASure.	SENSe:FREQuency:GATE:SOURce
Внешний источник строба	Разъем BNC для входа и выхода стробирования.	OUTPut:STATe
Математические операции. Графические функции	Отключено, в том числе отдельные функции вычисления. Другие параметры не меняются.	Подсистема CALCulate1 Подсистема CALCulate2
Автоматическое выравнивание частоты	Не изменяется	SYSTem:ALEVel:FREQuency
Тайм-аут измерения	Не изменяется	SYSTem:TIMEout
Генератор опорных сигналов	Предыдущие настройки не изменяются.	SENSe:ROSCillator:SOURce SENSe:ROSCillator:SOURce:AUTO SENSe:ROSCillator:EXTernal:FREQuency
Формат отсчетов	Предыдущие настройки не изменяются.	Подсистема FORMat
Хранение данных	Предыдущие настройки не изменяются.	Подсистема DATA
Состояние прибора	Предыдущие настройки не изменяются.	Подсистема STATus

Использование MEASure

Измерения с помощью команд из подсистемы MEASure производятся в момент выполнения команды с учетом параметров, указанных в синтаксисе. Результаты измерений отправляются в буфер вывода прибора.

Например, команда MEASure

MEAS:FREQ? 60.0, 1e-3, (@1)

фиксирует измерения с разрешением в пять разрядов (1 мГц) для сигнала на канале 1 с ожидаемой частотой 60 Гц. Все остальные параметры частотомера (конфигурация входа, источники триггера и т. п.) настраиваются на значения, указанные в команде MEASure, либо остаются такими, как было запрограммировано ранее.

Поскольку измерения производятся сразу, применяются только те изменения настроек частотомера, которые указаны в параметрах команды.

Использование CONFigure

Измерения с использованием команд из подсистемы CONFigure допускают использование низкоуровневых команд для изменения параметров частотомера перед выполнением измерений. Например, предположим, что требуется следующая конфигурация:

- частота измерений;
- внешний триггер — положительный фронт;
- количество триггеров = 2;
- количество контрольных точек (отсчетов на триггер) = 5;
- время строба = 5 мс.

Команда MEASure:FREQuency? не может здесь использоваться, поскольку она запускает измерения немедленно после изменения источника триггера на «внутренний», количества триггеров на «1» и количества контрольных точек на «1». Время строба устанавливается на 0,1 секунды.

При использовании CONFigure и соответствующих низкоуровневых команд конфигурация может быть изменена до начала измерений (показана сокращенная форма команд SCPI):

```
// настройка частотомера для измерений частоты
// изменение значений параметров, установленных с помощью CONFigure
CONF:FREQ 1.0E6, (@2)
TRIG:SOUR EXT
TRIG:SLOP POS
```

```
TRIG:COUN 2
SAMP:COUN 5
SENS:FREQ:GATE:TIME 0.005
SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME
INIT
```

Использование команды CONFigure?

Следующая команда

CONFigure?

возвращает функцию измерений, настроенную *последней* командой CONFigure или MEASure?, отправленной на прибор. Отправка CONFigure? после перезагрузки по питанию приводит к ошибке конфликта настроек, которая устраняется отправкой команды CONFigure или MEASure?.

Например:

```
CONF:FREQ 1.0E6, (@2)
CONF?
```

возвращает (вместе с кавычками):

```
"FREQ +1.000000000000000E+006,+1.000000000000000E-004,(@2)",
```

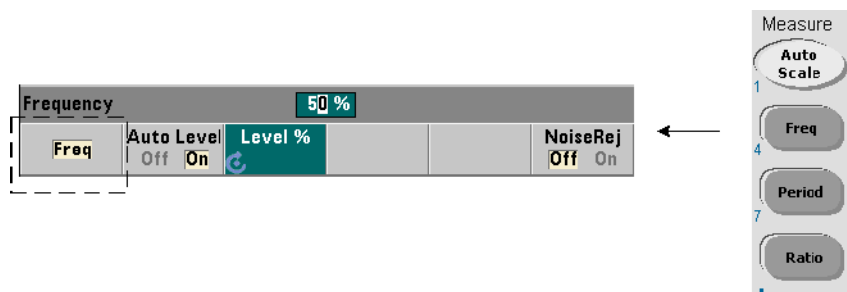
где содержатся функция, ожидаемое значение, (вычисленное) разрешение и канал. Если номер канала не указан в команде CONFigure или MEASure, в возвращаемую строку не будет включен никакой канал.

Измерения частоты

ПРИМЕЧАНИЕ

Команды SCPI, перечисленные в этих примерах, представлены в качестве вводной информации о выполнении измерений частоты. Здесь могут быть включены такие команды, которые устанавливают значения по умолчанию. Их важно учитывать, дорабатывая примеры к конкретным задачам. Дополнительную информацию можно найти в «Справочной информации для программистов» на компакт-диске со справочными материалами о продукте Keysight 53210A/53220A/53230A.

Частота



Стандартные измерения частоты показано на [Рисунке 3-1](#).

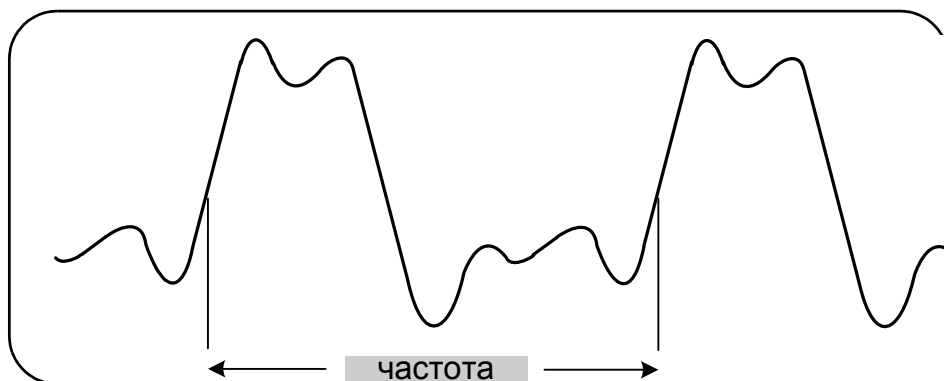


Рисунок 3-1 Стандартные измерения частоты

Для выполнения измерений частоты используются следующие команды:

MEASure:FREQuency? [{<ожидаемая>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[,<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFault}]][,<канал>]

CONFigure:FREQuency [{<ожидаемая>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[,<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFault}]][,<канал>]

- ожидаемая — это ожидаемая частота входного сигнала. Разрешение — это желаемое разрешение измерения в герцах. Диапазон параметров:
 - ожидаемая (канал 1): 0,1 Гц - 350 МГц (по умолчанию 10 МГц)
 - ожидаемая (канал 2, Опция 106): 100 МГц - 6,0 ГГц (по умолчанию 500 МГц)
 - ожидаемая (канал 2, Опция 115): 300 МГц - 15 ГГц (по умолчанию 500 МГц)
 - разрешение (все каналы): от $1,0\text{E}-15^*$ до $1,0\text{E}-5^*$ ожидаемого значения
(разрешение по умолчанию соответствует времени строба 0,1 с)
- канал обозначает канал частотомера 1 или 2, которые обозначаются (@1) или (@2), соответственно.

Примеры измерений частоты

// с использованием MEASure? - измерения сигнала 20 МГц с частотой 0,1 Гц

// разрешение

*RST // сброс параметров, позволяющий начать работу

из известного состояния

MEAS:FREQ? 20E6, 0.1, (@1)

// с помощью CONFigure - измерения сигнала 20 МГц с

// разрешением 0,1 Гц, фиксация 10 отсчетов

*RST // сброс параметров, позволяющий начать работу

из известного состояния

CONF:FREQ 20E6, 0.1, (@1)

SAMP:COUN 10 // фиксация 10 отсчетов

READ?

Примечания

- 1 Информация о триггерных действиях и количестве отсчетов на триггер (количестве контрольных точек) содержится в [Главе 5](#).

Измерения частотного коэффициента



Измерения частотного коэффициента — это измерения двух сигналов, один из которых обычно служит опорным (**Рисунок 3-2**). Сигналы могут иметь разную форму и поступать на любые каналы частотомера в любом сочетании.

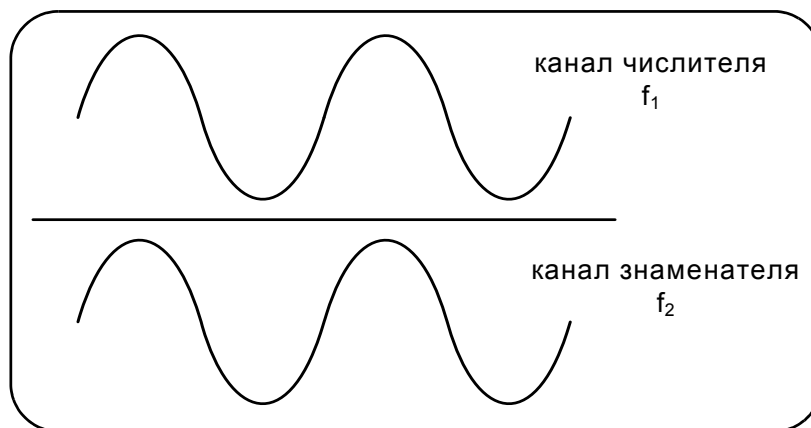


Рисунок 3-2 Измерения соотношения двух входных сигналов

Для измерения частотного коэффициента используются следующие команды:

MEASure:FREQuency:RATio? [{<ожидаемый>|MINimum|MAXimum| DEFAULT}
[,<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [,<пара_каналов>]

CONFigure:FREQuency:RATio [{<ожидаемый>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[,<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [,<пара_каналов>]

- ожидаемый — это ожидаемый частотный коэффициент для двух входных сигналов. Разрешение — это желаемое разрешение для измерения коэффициента. Диапазон параметров:
 - ожидаемый (Опция 106): от 0,28 до 6.0E10 (по умолчанию 1,0)
 - ожидаемый (Опция 115): от 0,85 до 15.0E10 (по умолчанию 1,0)
 - разрешение (все каналы): от 1,0E-15* до 1,0E-5* ожидаемого значения (разрешение по умолчанию соответствует времени строка 0,1 с)
- пара_каналов задается в формате (@1),(@2)|(@2),(@1). В этой паре первый канал соответствует числителю в формуле коэффициента, а второй канал — знаменателю. Пара каналов по умолчанию — (@1),(@2).

Примеры измерений частотного коэффициента

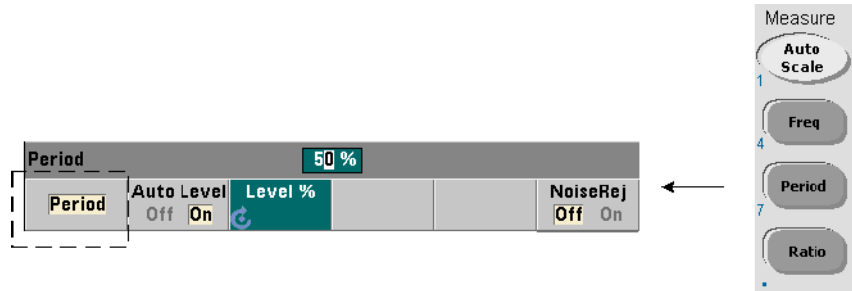
```
// при использовании MEASure? - ожидаемые измерения частотного коэффициента 1:1
// установка 6 разрядов разрешения для измерения коэффициента
*RST // сброс параметров, позволяющий начать работу из известного
состояния
MEAS:FREQ:RAT? 1, 1.0E-6, (@1),(@2)
```

```
-----
// при использовании CONFigure - ожидаемый коэффициент 1:1,
// установка 9 разрядов разрешения для измерения коэффициента
*RST // сброс параметров, позволяющий начать работу из известного
состояния
CONF:FREQ:RAT 1, 1.0E-9, (@1),(@2)
INP:LEV 1.5= // установка порогового уровня 1,5 В (канал 1)
READ?
```

Примечания

- 1 Разряды разрешения в описанных выше измерениях коэффициента устанавливаются параметром разрешения (1.0E-6, 1.0E-9). По сути экспонента этого значения соответствует количеству разрядов. Информация о зависимости между временем строба и разрешением отсчета содержится в «Измерения частоты», Глава 5.
- 2 Дополнительные сведения о пороговых уровнях частотомера и настройке тракта входного сигнала см. в Главе 4.

Измерения периода



Стандартные измерения периода показаны на [Рисунке 3-3](#).

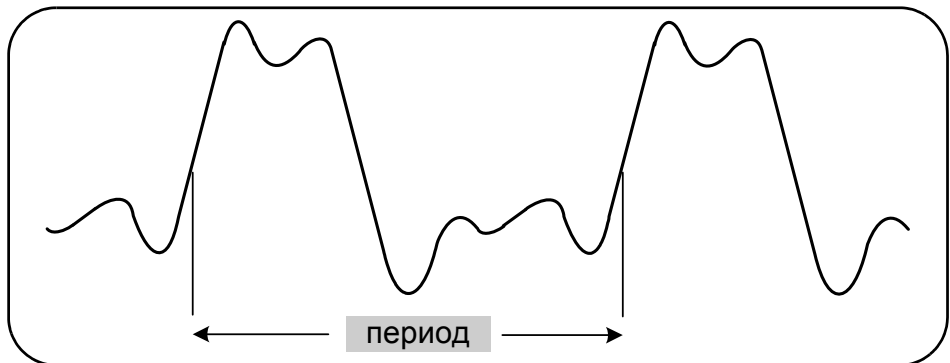


Рисунок 3-3 Стандартные измерения периода

Для выполнения измерений периода используются следующие команды:

```
MEASure:PERiod? [{<ожидаемая>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[,<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]][,<канал>]
```

```
CONFigure:PERiod [{<ожидаемый>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[,<разрешение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]][,<канал>]
```

- ожидаемый — это ожидаемый период входного сигнала. Разрешение — это желаемое разрешение измерения в секундах. Диапазон параметров:
 - ожидаемый (канал 1): от 2,8 нс до 10 с (по умолчанию 100 нс)
 - ожидаемый (канал 2, Опция 106): от 160 пс до 10 нс (по умолчанию 2 нс)
 - ожидаемый (канал 2, Опция 115): от 66 пс до 3,33 нс (по умолчанию 2 нс)
 - разрешение (все каналы): от 1,0E-15* до 1,0E-5* ожидаемого значения (разрешение по умолчанию соответствует времени строка 0,1 с)
- канал обозначает канал частотомера 1 или 2, которые обозначаются (@1) или (@2), соответственно.

Примеры измерений периода

```
// при использовании MEASure? - измерения периода в 100 нс (10 МГц)
// сигнал с разрешением в 12 разрядов
*RST           // сброс параметров, позволяющий начать работу из известного состояния
MEAS:PER? 100E-9, 1E-12, (@1)
-----
// с помощью CONFigure - измерения периода в 100 нс (10 МГц)
// сигнал с разрешением в 12 разрядов
*RST                                     // сброс
параметров, позволяющий начать работу из известного состояния
SYST:TIM 1.0           // тайм-аут измерений 1 с (на 1 измерение)
CONF:FREQ 100E-9, 1E-12, (@1)
SAMP:COUN 10 // фиксация 10 отсчетов
READ?
```

Примечания

- 1 Информация о триггерных действиях и количестве отсчетов на триггер (количестве контрольных точек) содержится в [Главе 5](#).
- 2 Дополнительные сведения о пороговых уровнях частотомера и настройке тракта входного сигнала см. в [Главе 4](#).

4 Нормирование входного сигнала 53210A

Характеристики канала	100
Тракт нормирования сигнала	101
Измерения уровней входного сигнала и силы сигнала	119

В этой главе содержится информация о настройке входных каналов в соответствии с характеристиками ожидаемого входного сигнала. Следует настроить импеданс канала, диапазон и коэффициент пробника, связь по входу, фильтрацию, параметры чувствительности и порогового уровня.

Характеристики канала

В частотомере 53210A имеется один основной входной канал и один дополнительный. **Опция 201** добавляет дополнительный (параллельный) разъем канала 1 на задней панели. **Опции 106 и 115** добавляют второй канал на 6 ГГц или 15 ГГц, соответственно. **Опция 202** предоставляет вывод второго канала (Опции 106 или 115) на переднюю панель, а **Опция 203** размещает Опцию 106 или 115 на задней панели.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если на задней панели присутствует параллельный вход канала 1 (**Опция 201**), все характеристики входа применяются **только** к **заднему** разъему и указаны из расчета входного импеданса 50 Ом. Характеристики входа на передней панели в этом случае не указываются. Кроме того, при калибровке прибора используется входной разъем на задней панели.

При программировании частотомера через интерфейс ввода-вывода настройка выполняется командами подсистемы SCPI INPut. В этих командах синтаксические конструкции INPut[1] и INPut обозначают канал 1. Соответственно, эти команды **не** применяются к дополнительному второму каналу (Опция 106 или 115).

Стандартный (основной) канал частотомера и дополнительный второй канал могут настраиваться независимо друг от друга. При этом измерения на каналах не происходят одновременно. Переключение между каналами сохраняет настройку канала, но завершает текущие измерения. Канал, который становится выбранным, повторно иницируется, а затем при выполнении условий запрограммированного триггера начинаются измерения.

Тракт нормирования сигнала

Рисунок 4-1 демонстрирует тракт нормирования сигнала частотомера.

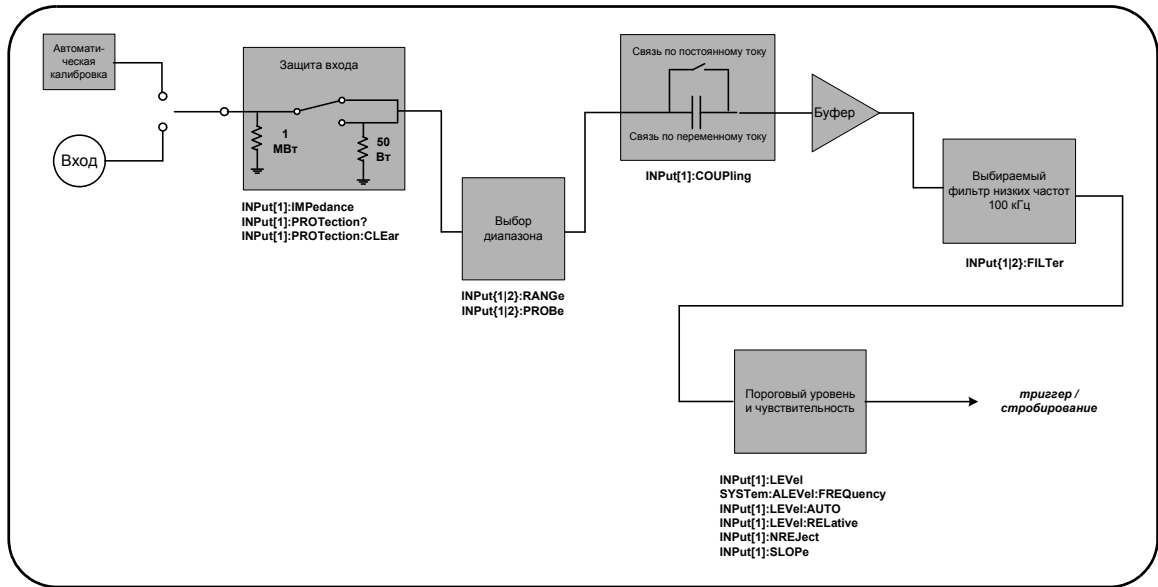


Рисунок 4-1 Нормирование входного сигнала 53210A

В Таблице 4-1 представлен обзор значений, устанавливаемых при включении или после предварительной настройки параметров нормирования сигнала.

Таблица 4-1 Краткий обзор параметров входного канала при включении или после предварительной настройки

Параметр	Настройка
Импеданс	1 МΩ
Диапазон (пробник 1:1)	5 В
Диапазон (пробник 10:1)	50 В
Коэффициент пробника	1:1
Связь по входу	Перем. ток
Фильтр нижних частот	Выкл.
Автовывравнивание	Включено
Уровень (абсолютный)	0,0 В
Уровень (относительный)	50%
Подавление шума	Выключено
Фронт	Положительный

Входной импеданс



Входной импеданс частотомера 53210A может устанавливаться в значение 50 Ом или 1 МОм с помощью следующей команды:

INPut[1]:IMPedance {<импеданс>|MINimum|MAXimum| DEFault} INPut[1]:IMPedance?
 [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

Импедансы 50 Ом и 1 МОм позволяют использовать согласование импедансов (оконечное сопротивление) и шунтирование, соответственно.

Использование пробников При использовании пробника 1:1 или 10:1 входной импеданс частотомера должен быть настроен на согласование пробника (например, 50 Ом, 1 МОм, высокий импеданс). Дополнительно см. раздел «**Установка коэффициента пробника**».

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки с передней панели (**Preset**) импеданс устанавливается в значение 1 МОм. CONFigure и MEASure не изменяют настройку входного импеданса.

Пример импеданса

```
// измерения периода для ожидаемого сигнала 10 МГц,
// максимальное разрешение, используется канал 1
CONF:FREQ 0.1E6,MAX,(@1)
INP:IMP 1.0E6 // установка импеданса на 1 МОм
```

Защита входа

Максимально допустимое входное напряжение (включая любой сдвиг постоянной составляющей) при входном импедансе **50 Ом** составляет $\pm 5,125$ В(пик.). Если входное напряжение превышает $\sim \pm 10,0$ В(пик.), реле защиты на входе **открывается**, устанавливая входной импеданс 1 МОм. (Но при этом экран и программная кнопка по-прежнему будут показывать установленное значение 50 Ом).

Когда реле открыто, кнопка соответствующего канала мигает. Чтобы закрыть реле, нужно убрать **входное напряжение или снизить его ниже опасного порога**, а затем нажать **эту кнопку**. Эти действия возвращают значение импеданса на 50 Ом.

Чтобы программным способом определить, было ли **открыто** реле защиты, воспользуйтесь командой:

INPut[1]:PROTectiOn?

которая запрашивает состояние реле (0 = реле закрыто, 1 = реле **открыто**). Когда **входное напряжение убрано или снижено ниже опасного порога**, реле защиты отключается (закрывается) следующей командой:

INPut[1]:PROTectiOn:CLEar

При этом входной импеданс снова получает значение 50 Ом.

Бит перегрузки по напряжению Срабатывание реле защиты входа сопровождается установкой бита 0 (Перегрузка по напряжению) в группе регистра некачественных результатов. Чтобы очистить этот бит в регистре условий, выполните команду **INPut:PROTectiOn:CLEar** или измените входной импеданс до 1 МОм. Бит в регистре событий очищается при считывании регистра. Дополнительно см. раздел **Глава 8, «Состояние прибора»**.

Входной диапазон



Рабочие диапазоны сигнала (входные диапазоны) частотомера 53210A составляют $\pm 5,0$ В, ± 50 В и ± 500 В и зависят от коэффициента пробника. Диапазон устанавливается следующей командой:

`INPut[1]:RANGe {<диапазон>|MINimum|MAXimum|DEFault}`

`INPut[1]:RANGe? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]`

(форма запроса)

Если выбран коэффициент пробника 1:1 (см. «Установка коэффициента пробника»), здесь доступны диапазоны 5,0 В и 50,0 В. Если выбран коэффициент пробника 10:1, доступны диапазоны 50,0 В и 500,0 В.

CONFigure и MEASure не изменяют диапазона для входа. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки с передней панели (**Preset**) диапазон устанавливается на значение 5,0 В.

Применение автоматического масштабирования

Для входных сигналов с частотой более 100 Гц функция автомасштабирования (**Auto Scale**) обнаруживает сигнал во входном канале и в зависимости от его амплитуды устанавливает диапазон 5 В или 50 В. **Автоматическое масштабирование отличается** от сброса предварительной настройки, при которой всегда устанавливается диапазон по умолчанию 5 В.

Пример выбора диапазона

// измерения периода для ожидаемого сигнала 10 МГц,

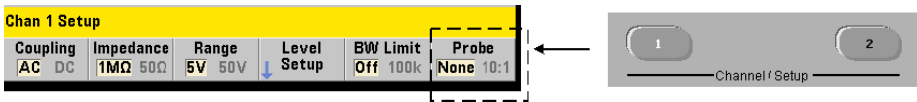
// максимальное разрешение, используется канал 1

`CONF:PER 0.1E-6,MAX,(@1)`

`INP:IMP 1E6` // установка импеданса 1 МОм

`INP:RANG 50` // установка диапазона 50 В

Установка коэффициента пробника



Чтобы лучше оценить тестовые точки тестируемого устройства (DUT), компания Keysight рекомендует использовать со частотомером 53220A/ 53230A пассивные пробники **N2870A**, **N2873A** и **N2874A**. Пробник 35 МГц (ПЧ) N2870A 1:1 и пробники 500 МГц N2873A и 1,5 ГГц N2874A 10:1 наиболее часто используются с осциллографами Keysight.

При использовании пробников со частотомером выбор коэффициента пробника применяет и отображает **пороговые уровни** и **уровни двойной амплитуды** относительно реальных уровней тестируемого устройства, а не уровней на входе канала. Коэффициент пробника устанавливается следующей командой:

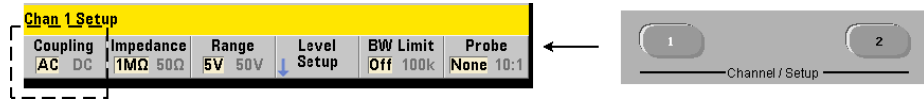
INPut[1]:PROBe {<коэффициент>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut[1]:PROBe? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

Настройки коэффициента пробника: 1 для пробника 1:1 (N2870A) и 10 для пробника 10:1 (N2873A или N2874A). Если выбран вариант 1, доступны диапазоны частотомера 5 В и 50 В. Если выбран вариант 10, доступны диапазоны частотомера 50 В или 500 В.

Совместимость входов пробников Совместимость входов пробников N2870A и N2873A составляет 1 МОм. Совместимость пробника N2874A составляет 50 Ом. Каждый из них совместим с входной емкостью частотомера 20 пФ. При использовании пробника нужно настроить соответствующий правильный входной импеданс частотомера (1 МОм, 50 Ом).

CONFigure и MEASure не изменяют настройку коэффициента пробника. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet или кнопкой **Preset**) устанавливается коэффициент пробника 1.

Связь по входу



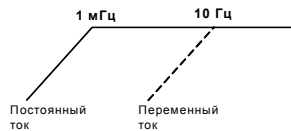
Для входа частотомера 53210A можно настроить прямую (по постоянному току) или емкостную (по переменному току) связь, используя следующую команду:

INPut{1}:COUPling {AC|DC}

INPut{1}:COUPling?

(форма запроса)

Связь по переменному току удаляет постоянную составляющую сигнала и центрирует этот сигнал по уровню 0 В. Доступная для измерения полоса обзора (по каналам 1 и 2) со связью по переменному току:



- перем. ток = 10 Гц – 350 МГц
- пост. ток = 1 МГц – 350 МГц

Связь по постоянному току делает доступной всю полосу пропускания прибора (от 1 МГц до 350 МГц). CONFigure и MEASure не изменяют настройку связи по входу. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки с передней панели (**Preset**) устанавливается связь по переменному току.

При выборе связи по постоянному или переменному току необходимо учитывать амплитуду входного сигнала. Связь по постоянному току применима для большинства измерений, особенно для требующих определенного уровня триггера. Вместо того, чтобы снижать амплитуду сигнала изменением диапазона частотомера, можно применить связь по переменному току для совмещения сигнала с окном гистерезиса, который определяется уровнем триггера. Это представлено на **Рисунке 4-2** (также см. «Пороговый уровень и чувствительность»).

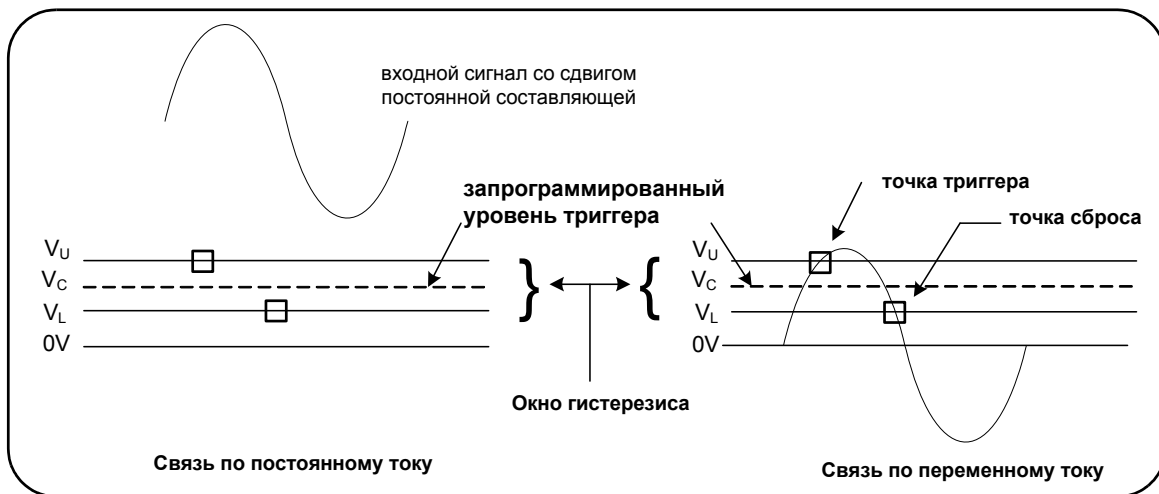


Рисунок 4-2 Использование связи по переменному току для достижения точек триггера

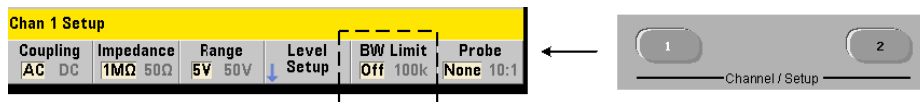
Время стабилизации при переходе между связью по постоянному и переменному току

Существует определенное время стабилизации для перехода от стабилизации по постоянному току к стабилизации по переменному току. Чтобы оценить продолжительность этого времени, учитывайте следующий факт: сигнал с постоянной составляющей 5 В (со связью по постоянному току) стабилизируется до уровня центрального напряжения 0 В (со связью по переменному току) примерно за одну секунду.

Пример связи

// измерения периода для ожидаемого сигнала 10 МГц,
// максимальное разрешение, используется канал 1
CONF:PER 0.1E-6,MAX,(@1)
INP:COUP AC // установка связи по переменному току

Фильтр (низкочастотный), ограничивающий полосу пропускания



Для измерений частот от 100 кГц и менее можно включить на тракте сигнала фильтр низких частот 100 кГц, чтобы устранить шум от высокочастотных компонентов входного сигнала.

Фильтр полосы пропускания переключается на тракт сигнала с помощью команды:

INPut{1}:FILTer[:LPASs][:STATe] {OFF|ON}

INPut{1}:FILTer[:LPASs][:STATe]?

(форма запроса)

On — включает фильтр. Off — выключает фильтр.

Рисунок 4-3 демонстрирует влияние включения фильтра на **измеряемую полосу обзора** прибора.

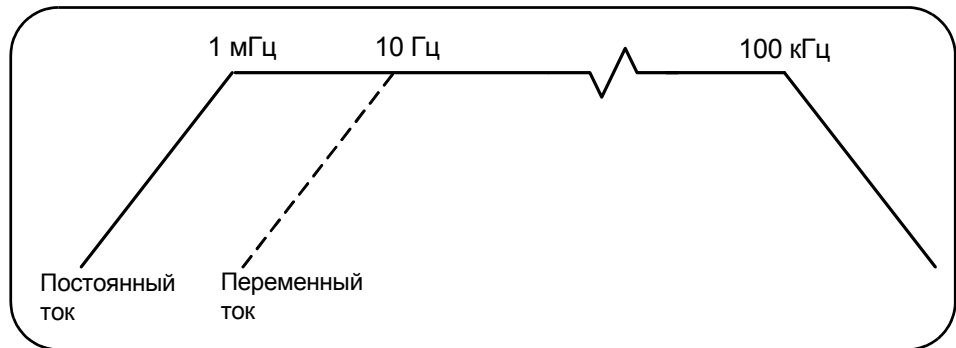


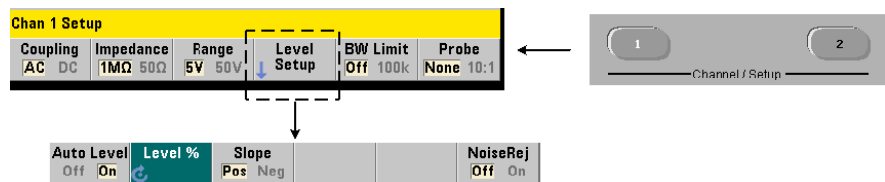
Рисунок 4-3 Измеряемая полоса обзора с включенным фильтром полосы пропускания

На рисунке:

- Связь по постоянному току = 1 МГц – 100 кГц
- Связь по переменному току = 10 Гц – 100 кГц

CONFigure и MEASure не изменяют настройку фильтра. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки с передней панели (**Preset**) фильтр низких частот отключается.

Пороговый уровень и чувствительность



Пороговый уровень — это уровень триггера (входа), при котором частотомер начинает отсчет (то есть измерения) сигнала. Этот уровень представляет собой центр диапазона гистерезиса — полосу, которая представляет чувствительность счетчика. Чтобы отсчет был зафиксирован, сигнал должен пересечь верхний и нижний пороги этой полосы в противоположных направлениях (с противоположной полярностью). На [Рисунке 4-4](#) указаны эти характеристики и условия для входного сигнала. Динамический диапазон входного сигнала отображается на передней панели.

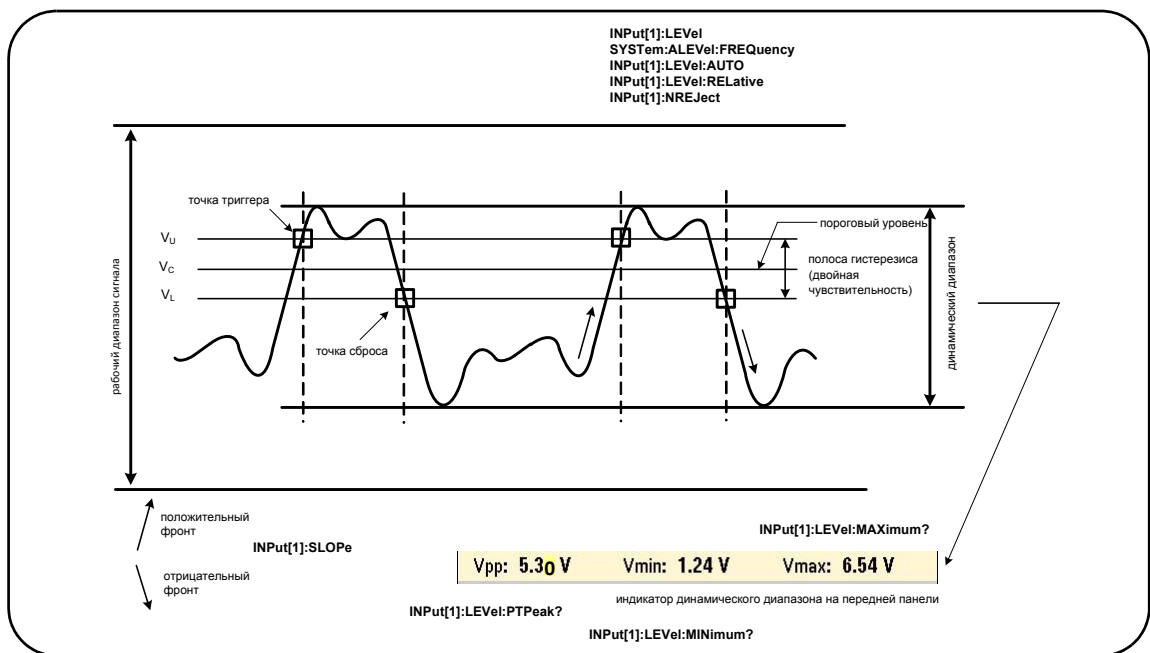


Рисунок 4-4 Пороговый уровень входного сигнала и чувствительность

Указание абсолютного порогового уровня



Входной пороговый уровень может быть указан в виде **абсолютного** значения. Абсолютный уровень устанавливается следующей командой:

```
INPut[1]:LEVel[:ABSolute] <вольты>|MINimum|MAXimum|DEFAULT
INPut[1]:LEVel[:ABSolute]? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]
```

(форма запроса)

Абсолютные пороговые уровни для входных диапазонов:

- Диапазон 5 В: $\pm 5,125$ В (разрешение 2,5 мВ)
- Диапазон 50 В: $\pm 51,25$ В (разрешение 25 мВ)
- Диапазон 500 В (с пробником 10:1): $\pm 512,5$ В (разрешение 250 мВ)

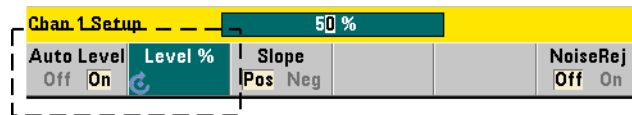
Команда LEVel устанавливает абсолютный пороговый уровень для всех измерений.

Установка абсолютного уровня **отключает** функцию автоматического выравнивания на приборе. CONFigure и MEASure включают автоматическое выравнивание и устанавливают пороговый уровень на 50%. Перезагрузка (*RST) или предварительная настройка с передней панели (**Preset**) также включают автоматическое выравнивание и устанавливают пороговый уровень на 50%.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если включено автоматическое выравнивание, запрос абсолютного уровня для текущего канала измерений возвращает самые новые измерения входного порогового напряжения. Если этот канал не является каналом измерений, возвращается значение 9.91E+37 (не число).

Использование автоматического выравнивания



Автоматическая настройка входного порогового уровня основана на положительных и отрицательных пиках входного сигнала. Автоматическое выравнивание включается следующей командой:

INPut[1]:LEVel:AUTO {OFF|ON|ONCE}

INPut[1]:LEVel:AUTO?

(форма запроса)

OFF отключает автовыравнивание; ON включает автовыравнивание. Параметр ONCE немедленно устанавливает автоматический уровень и отключает автовыравнивание.

Когда включено автоматическое выравнивание, пороговый уровень указывается в виде процентов (%) от двойной амплитуды входного напряжения (см. раздел «Установка относительных пороговых уровней»).

Команды CONFigure и MEASure включают автоматическое выравнивание и устанавливают пороговый уровень на 50%. Перезагрузка (*RST) или предварительная настройка с передней панели (Preset) также включают автоматическое выравнивание на пороговом уровне 50 %.

Установка относительных пороговых уровней

Относительные пороговые уровни выражаются в процентах от двойной амплитуды входного сигнала. Относительные пороги настраиваются с помощью следующей команды:

INPut[1]:LEVel:RELative {<процент>|MINimum|MAXimum| DEFault}

INPut[1]:LEVel:RELative? [{MINimum|MAXimum| DEFault}]

(форма запроса)

Значения порога могут находиться в пределах от 10% до 90% с разрешением 5%. Относительное значение 10% соответствует отрицательному пику сигнала, а относительное значение 90% — положительному пику. **Для указания относительного порогового уровня должно быть включено автоматическое выравнивание.**

Команда LEVel устанавливает относительный пороговый уровень для всех измерений.

CONFigure и MEASure устанавливают порог на 50% и **включают автовыравнивание**. Перезагрузка (*RST) или предварительная настройка с передней панели (**Preset**) также устанавливают пороговый уровень 50% и включают автовыравнивание.

Пример относительного порогового уровня

// установка относительного порога триггера

CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1)	// измерения сигнала 1 МГц
INP:IMP 50	// установка импеданса 50 Ом
INP:RANG 5	// установка диапазона на 5 В
INP:COUP AC	// установка связи по переменному току
INP:LEV:REL 30	// пороговый уровень на 30%

Измерения низкочастотных сигналов

Ни для каких функций частотомера **не следует** использовать автовыравнивание для частот менее 50 Гц. Пороговые уровни следует настраивать с помощью абсолютных значений (см. раздел «**Указание абсолютного порогового уровня**»).

Команду MEASure не стоит использовать с частотами менее 50 Гц, поскольку эта команда настраивает частотомер (в т. ч. включает автовыравнивание) и сразу же производит измерения.

Для частот в этом диапазоне используйте команду CONFigure и отключайте автовыравнивание, указывая абсолютный пороговый уровень. Пример:

//измерения сигнала 10 Гц

CONF:FREQ 10, (@1)	// измерения сигнала 10 Гц
INP:IMP 50	// установка импеданса на 50 Ом
INP:RANG 5	// установка диапазона на 5 В
INP:COUP AC	// установка связи по переменному току
INP:LEV 1	// пороговый уровень 1 В, отключение автовыравнивания
INIT	// фиксация отсчета

Связь по входу и пороговые уровни

Рисунок 4-5 демонстрирует, как относительные пороговые уровни применяются к входному сигналу.

Если сигнал содержит сдвиг постоянной составляющей, абсолютное значение относительного порога зависит от связи по входу (по переменному или постоянному току).

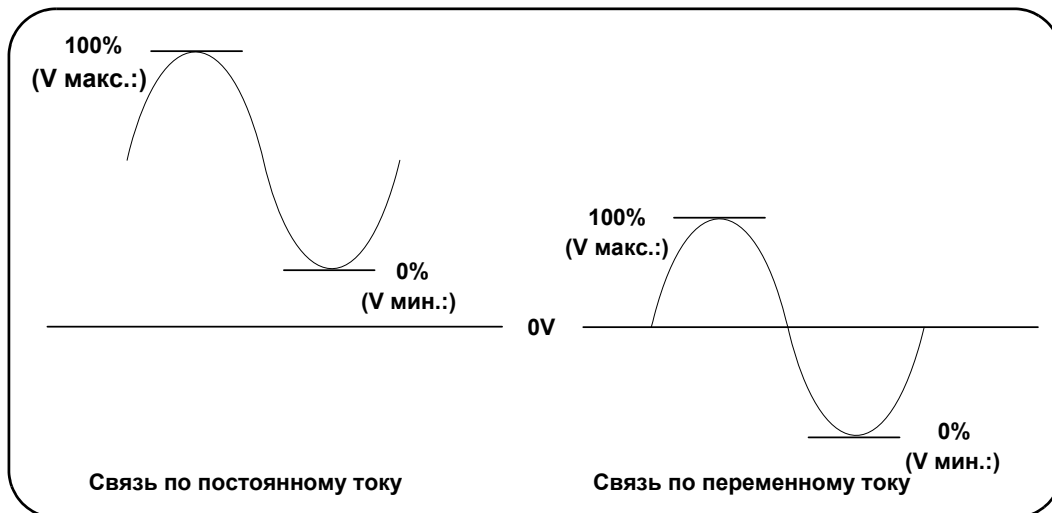


Рисунок 4-5 Связь по входу и относительные пороговые уровни

Например, входной сигнал 3 В (двойная амплитуда) со сдвигом постоянной составляющей 2 В и связью по постоянному току будет иметь значение **V макс.** = 3,5 В и **V мин.** = 0,5 В (**V макс.**, **V мин.** и **V дв.ампл.** можно увидеть на передней панели). При связи по переменному току **V макс.** и **V мин.** могут быть $\pm 1,5$ В соответственно.

Если для описанного выше сигнала со связью по постоянному току указан относительный пороговый уровень 30%, соответствующее (абсолютное) значение составляет 1,4 В. Тот же относительный порог для сигнала со связью по переменному току имеет абсолютное значение -0,6 В.

Абсолютное значение каждого относительного порогового уровня можно запросить с помощью таких команд:

`INPut[1]:LEVel[:ABSolute]?`

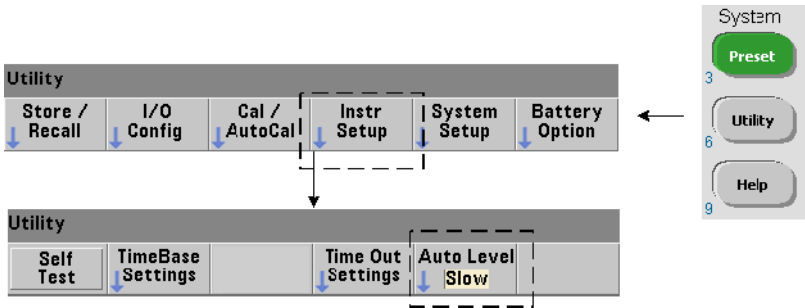
или вычислить следующим образом:

V мин. + (% порога $\times$ V дв.ампл.)

уровень со связью по постоянному току: $0,5 + (0,30 \times 3) = 1,4$ В

уровень со связью по переменному току: $-1,5 + (0,30 \times 3) = -0,6$ В

Диапазон автоматического выравнивания системы



Автоматическое выравнивание доступно для двух диапазонов входных частот: от 50 Гц до 10 кГц и более 10 кГц. Период автоматического выравнивания короче для частот в диапазоне 10 кГц и более, а полоса обзора (автовыравнивания) устанавливается с передней панели или с помощью команды:

SYSTEM:ALEVel:FREQuency {<частота>|MINimum|MAXimum| DEFault}
SYSTEM:ALEVel:FREQuency? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

Значение параметра частота:

Интерфейс	Частоты ≥ 10 кГц	Частоты От 50 Гц до 10 кГц (не включительно)
Передняя панель	Быстро	Медленно
SCPI	10.0E3 Максимальное значение	50,0 Минимальное значение

Значение 10 кГц для параметра частота уменьшает период автоматического выравнивания для всех частот от 10 кГц и выше. Значение 50 Гц для параметра частота применяет автовыравнивание для частот вплоть до 50 Гц. Значение параметра частота следует выбирать по **наименьшему** ожидаемому значению частоты в измерениях.

Частота автоматического выравнивания — это настройка **системы**, которая применяется ко всем каналам частотомера и должна ее нужно учитывать при измерении по двум каналам.

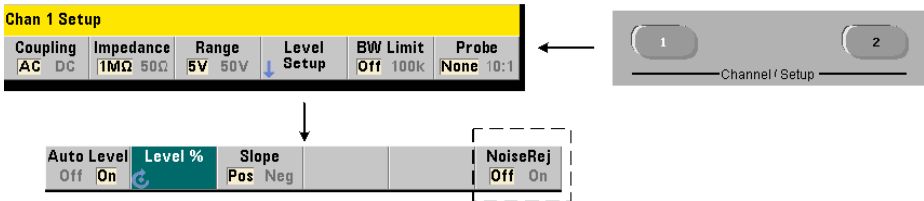
Настройка по умолчанию составляет 50 Гц. Это значение сохраняется в постоянной памяти и не меняется при отключении питания, после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки с помощью кнопки на передней панели (**Preset (Предварительная настройка)**). Команды CONFigure и MEASure включают автовыравнивание и устанавливают относительный порог на 50%, но не меняют частоту автовыравнивания.

Пример диапазона автоматического выравнивания системы

```

CONF:FREQ 100E6, (@1) // измерения сигнала 100 МГц
SYST:ALEV:FREQ 10.0E3 // установка частоты автовыравнивания
INP:IMP 50 // установка импеданса на 50 Ом
INP:RANG 5 // установка диапазона на 5 В
INP:COUP AC // установка связи по переменному току
INP:LEV:REL 65 // установка относительного порога на 65%
    
```

Подавление шума (гистерезис)



Пороговая чувствительность (Рисунок 4-4) к входному сигналу — это функция от уровня подавления шума или гистерезиса. Подавление шума (полоса гистерезиса) на входе частотомера увеличивается или уменьшается следующей командой:

```

INPut[1]:NREJection {OFF|ON}
INPut[1]:NREJection?
    
```

(форма запроса)

Команда ON включает подавление шума, тем самым **увеличивая** гистерезис и **уменьшая** чувствительность на 50%. Эту настройку следует использовать, когда

в принимаемом сигнале присутствует шум. Однако если пороговый уровень близок к пику амплитуды (положительному или отрицательному), отсчет не фиксируется, пока сигнал не пересечет оба уровня гистерезиса, поскольку полоса гистерезиса увеличивается. Команда OFF отключает подавление шума, **уменьшает** гистерезис и **увеличивает** чувствительность.

CONFigure и MEASure не изменяют настройку подавления шума. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (Preset) подавление шума отключается.

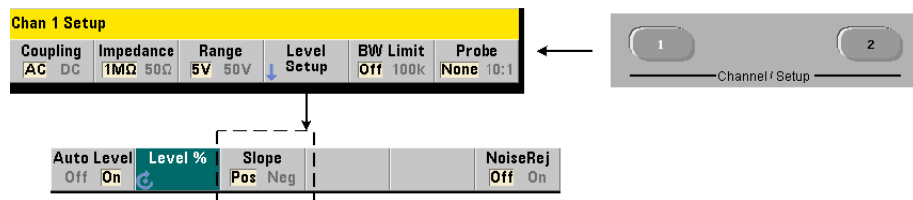
Подавление шума благодаря ограничению полосы пропускания

Для входных сигналов до 100 кГц уменьшение полосы пропускания частотомера с 350 МГц до 100 кГц (см. «**Фильтр (низкочастотный), ограничивающий полосу пропускания**») также обеспечивает подавление шума. Дополнительное подавление шума для частот в этом диапазоне достигается в этом случае командой INPut:NREJection ON.

Пример подавления шума

```
// измерения периода для ожидаемого сигнала 10 МГц,
// использование канала 1
CONF:PER 0.1E-6,.001,(@1)
INP:IMP 1.0E6           //установка импеданса на 1 МОм
INP:RANG 50             //установка диапазона 50
INP:COUP AC             //установка связи по переменному току
INP:LEV 3               //установка порогового уровня 3 В (абсолютн.)
INP:NREJ ON            //включение подавления шума
```

Фронт порога



Фронт входного сигнала, на котором срабатывает пороговый уровень, указывается следующей командой:

INPut[1]:SLOPe {POSitive|NEGative}

INPut[1]:SLOPe?

(форма запроса)

POSitive — точка триггера фиксируется на положительном (восходящем) фронте.

Точка сброса фиксируется на отрицательном (нисходящем) фронте (**Рисунок 4-4**).

NEGative — точка триггера фиксируется на отрицательном фронте, а точка сброса — на положительном.

CONFigure и MEASure не изменяют настройку фронта. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (**Preset**) выбранным является положительный (восходящий) фронт.

Пример фронта для входа

//установка фронта порога

CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // измерения сигнала 1 МГц

SYST:ALEV:FREQ 10E3 // установка минимальной частоты автовыравнивания

INP:IMP 50 // установка импеданса на 50 Ом

INP:RANG 5 // установка диапазона на 5 В

INP:COUP AC // установка связи по переменному току

INP:LEV:REL 70 // относительный порог 70%

INP:SLOP POS // триггер на положительном фронте

Измерения уровней входного сигнала и силы сигнала

Минимальный, максимальный уровень и уровень двойной амплитуды для входного сигнала отображается внизу главного экрана измерений частотомера, а пример этого приведен на [Рисунке 4-4](#). Эти характеристики двойной амплитуды сигнала могут также измеряться с помощью команд:

INPut[1]:LEVel:MINimum? (минимальное значение двойной амплитуды сигнала)
INPut[1]:LEVel:MAXimum? (максимальное значение двойной амплитуды сигнала)
INPut[1]:LEVel:PTPeak? (двойная амплитуда)

Минимальное и максимальное значения указываются с учетом всех сдвигов (постоянных составляющих), присутствующие в сигнале. Входной импеданс частотомера также влияет на амплитуду на входе.

Сила сигнала в канале 2

Относительная сила сигнала в канале 2 Опции 106 или 115 (СВЧ-вход 6 ГГц или 15 ГГц) отображается на частотомере, а также может быть измерена с помощью следующих команд:

INPut2:STRength?

Эта команда возвращает относительную силу в следующем формате:

Сила	Описание
0	Сила сигнала очень низкая. Возможно, выполнить измерения не получится. Мощность сигнала должна быть ≥ -27 дБм.
1	Сигнал слабый, но приемлемый.
2,3	Хороший сигнал.
4	Сигнал может превышать уровень, на котором можно выполнить точные измерения ($> +19$ дБм). Уровни сигнала $\geq +27$ дБм могут повредить прибор.

4 Нормирование входного сигнала 53210A

5 Триггерные действия и стробирование

Краткая информация о настройках 122

Цикл триггера и стробирования 124

Строб измерения 134

Частотомер 53210A выполняет измерения, активируя по триггеру стробирование входного сигнала, чтобы отделить некоторый сегмент или определенную длительность входного сигнала для измерения.

В этой главе описываются использование триггера частотомера и циклы стробирования в применении к измерениям.

Краткая информация о настройках

Таблица 5-1 представляет обзор значений, действующих при включении питания и после предварительной настройки параметров триггера и стробирования, которые рассматриваются в этом разделе.

Таблица 5-1 Краткая информация о настройках триггера и стробирования

Параметр	Настройка
Триггер	
Источник триггера	Немедленно
Фронт триггера	Отрицательный
Задержка триггера	0,0 с
Количество триггеров	1
Количество контрольных точек	1
Частота	
Источник строба частоты	Время
Время строба частоты	0,1 с
Полярность строба частоты	Отрицательный

График работы триггера и стробирования

Триггерные действия и стробирование являются частью каждого измерения счетчика. Соотношения между ними в процессе измерений показаны на графике, **Рисунок 5-1**.

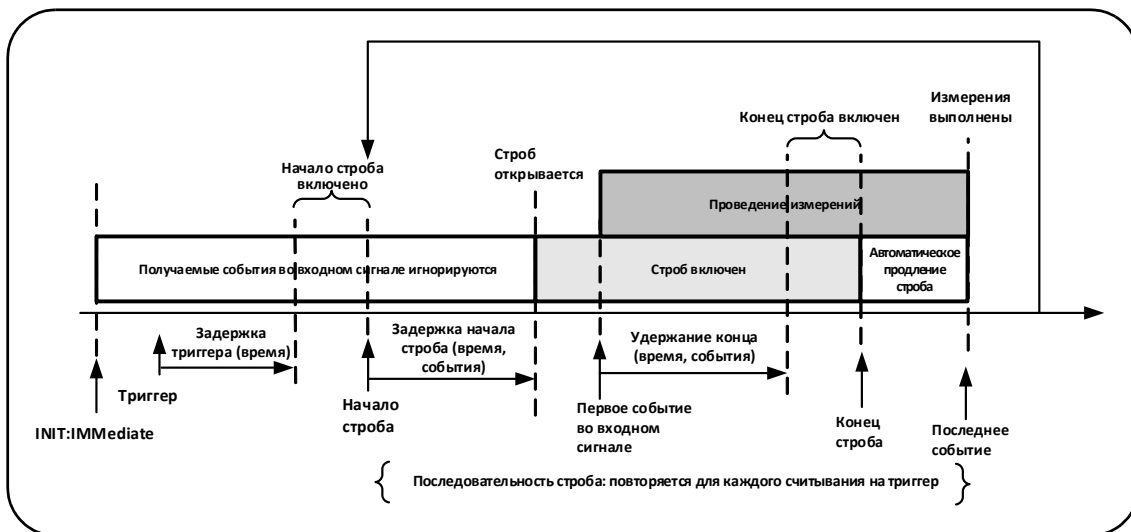


Рисунок 5-1 График триггерных действий и стробирования

Цикл триггера и стробирования

Элементы триггерных действий и процесса стробирования, **кратко описанные** на **Рисунке 5-1**, подробно показаны в цикле программирования на **Рисунке 5-2**. В следующих разделах содержатся описания и примеры каждого этапа в этом цикле.

ПРИМЕЧАНИЕ

Команды SCPI и параметры, перечисленные в этой главе, служат примерами программных методов управления частотомером. Команды подробно описываются в разделе «Справочная информация для программистов» на компакт-диске со справочными материалами о продукте Keysight 53210A/53220A/ 53230A.

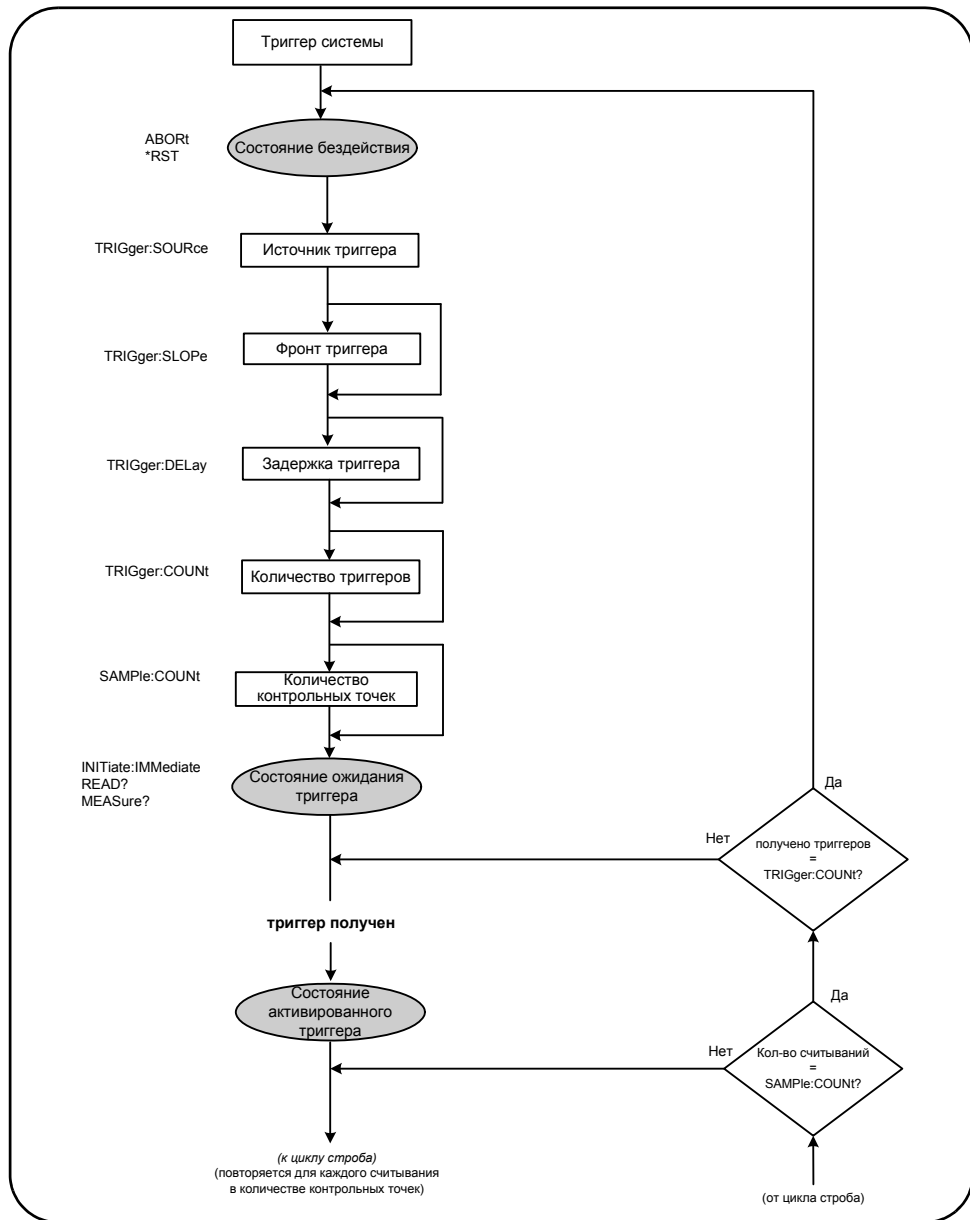


Рисунок 5-2 Цикл триггера и стробирования — Триггерные действия

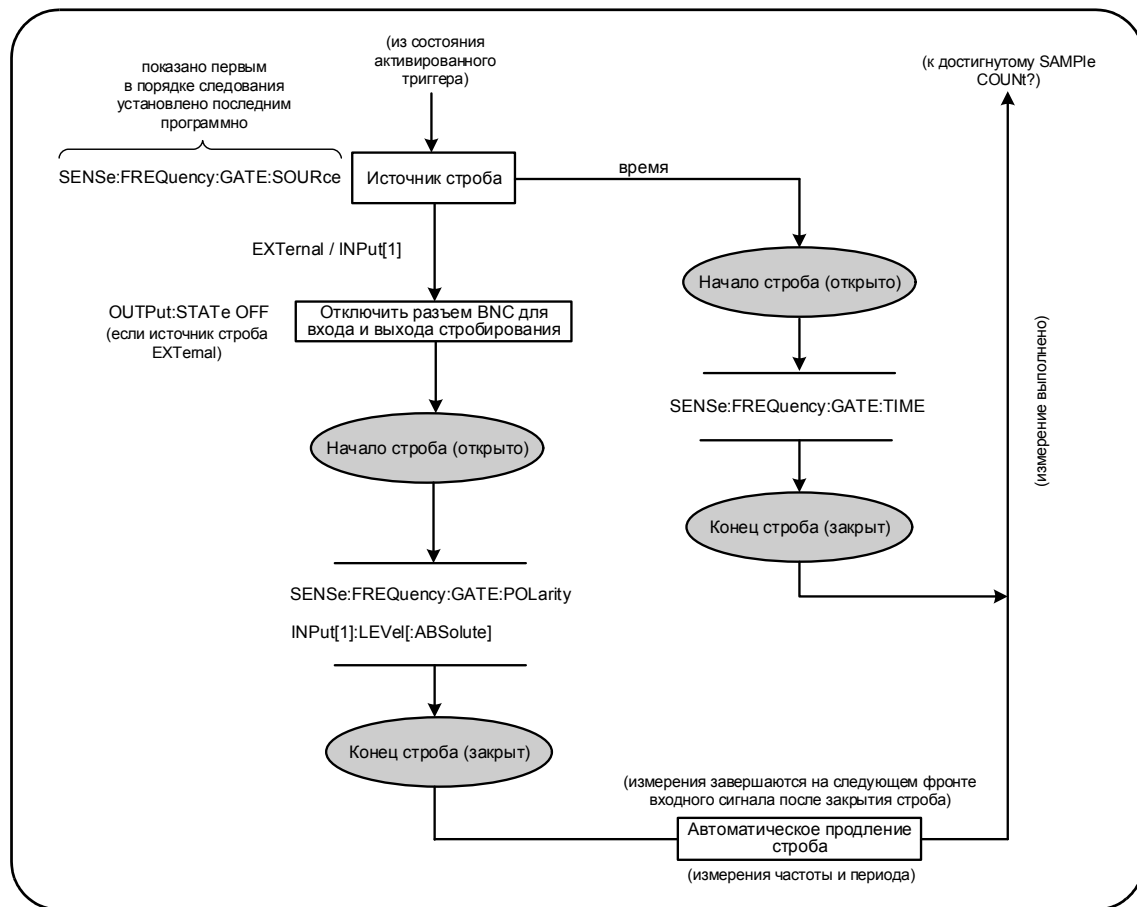


Рисунок 5-3 Цикл триггера и стробирования — Стробирование

Триггер системы

Частотомер работает в одном из трех состояний, в зависимости от состояния триггера системы: бездействие, ожидание триггера, активированный триггер.

Состояние бездействия

Настройка частотомера обычно выполняется в состоянии бездействия (Рисунок 5-2). Это относится и к настройке **триггера системы**.

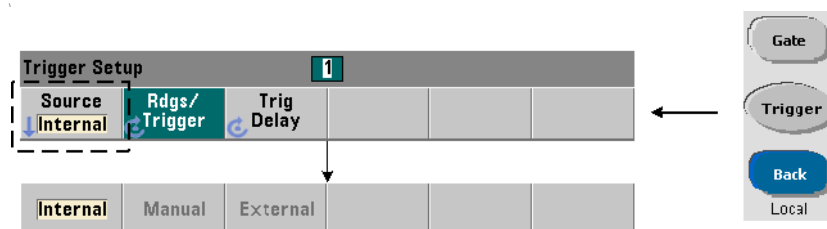
Как показано на схеме, частотомер переводится в состояние бездействия одной из следующих команд:

ABORt — прерывание текущих измерений.

*RST — сброс частотомера на заводские настройки по умолчанию.

Частотомер **также** возвращается в состояние бездействия после завершения общего количества измерений, определенного параметрами TRIGger:COUNT и SAMPlе:COUNT (общее количество измерений = TRIGger:COUNT x SAMPlе:COUNT).

Источник триггера системы



Триггер системы настраивается с помощью команд в подсистемах TRIGger и SAMPlе.

Рисунок 5-2 демонстрирует типичную последовательность использования этих команд.

Источник триггера системы, который запускает цикл триггера/стробирования, настраивается следующей командой:

TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTeRnal|BUS}

TRIGger:SOURce?

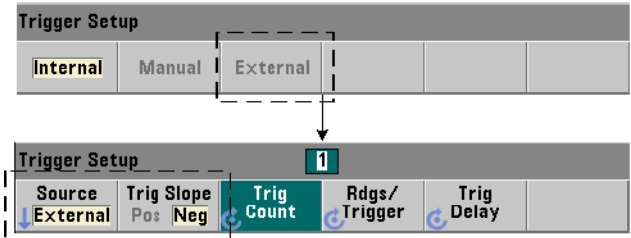
(форма запроса)

- источник триггера IMMediate настраивает непрерывный сигнал триггера. По умолчанию CONFigure устанавливает источник триггера IMMEDIATE.
- источник триггера EXTernal устанавливает источник триггера на «внешний», подаваемый на разъем BNC «Trig In» (Вход триггера) на задней панели.
- источник триггера BUS обозначает, что триггер прибора запускается командой *TRG через интерфейс ввода-вывода.

Пример источника триггера

```
//настройка частоты, установка параметров триггера системы
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT           // внешний источник триггера
```

Фронт триггера системы



Когда источник триггера системы имеет значение «внешний» (EXTernal), фронт сигнала настраивается следующей командой:

```
TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
TRIGger:SLOPe?                               (форма запроса)
```

значение POSitive выбирает передний (восходящий) фронт сигнала, а NEGative — задний (спадающий) фронт. Сигнал подается на разъем BNC «Trig In» (Вход триггера). По умолчанию CONFigure устанавливает отрицательный фронт (NEGative).

Пример фронта для триггера

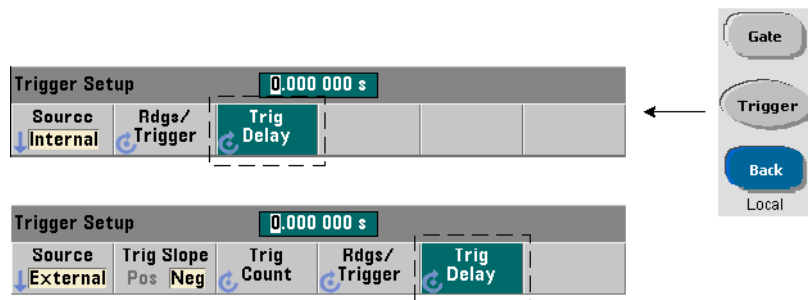
//настройка частоты, установка параметров триггера системы

CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)

TRIG:SOUR EXT // внешний источник триггера

TRIG:SLOP POS // фронт триггера — положительный

Задержка триггера системы



Задержка между получением внутреннего или внешнего сигнала триггера системы и началом первого измерения (Рисунок 5-2) устанавливается с помощью команды:

TRIGger:DElay {<время>|MINimum|MAXimum|DEFault}

TRIGger:DElay? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]

(форма запроса)

- указывает задержку в секундах. CONFigure и MEASure устанавливают задержку по умолчанию 0,0 с.

Пример задержки триггера

//настройка частоты, установка параметров триггера системы

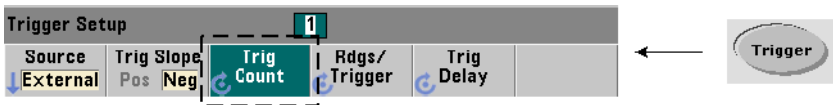
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)

TRIG:SOUR EXT // внешний источник триггера

TRIG:SLOP POS // фронт внешнего триггера — положительный

TRIG:DEL 1 // задержка 1 секунда после получения сигнала триггера

Количество триггеров системы



Количество триггера системы, которое частотомер получает до возвращения в состояние бездействия из состояния ожидания триггера, устанавливается с помощью команды:

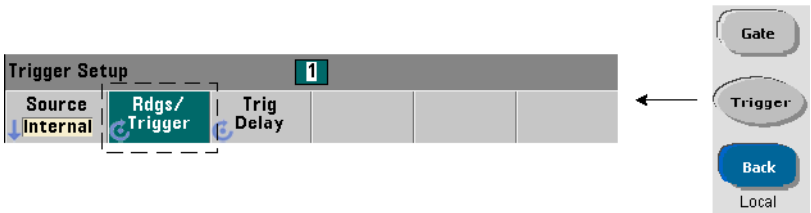
TRIGger:COUNT {<кол-во>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
TRIGger:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}] (форма запроса)

Количество триггеров находится в диапазоне от 1 до 1 000 000. CONFIGure и MEASure устанавливают количество триггеров по умолчанию в значение «1».

Пример количества триггеров

```
//настройка частоты, установка параметров триггера системы
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT           // внешний источник триггера
TRIG:SLOP POS           // фронт внешнего триггера — положительный
TRIG:DEL 1              // задержка 1 секунда после получения сигнала триггера
TRIG:COUN 2             // прием 2 триггеров системы
```

Количество контрольных точек



Количество триггеров умножается на количество контрольных точек (TRIG:COUN x SAMP:COUN), и полученный результат обозначает количество отсчетов, которые будут зафиксированы до возврата в состояние бездействия. Количество контрольных точек устанавливается следующей командой:

SAMPLE:COUNT {<кол-во>| MINimum|MAXimum|DEfault}

SAMPLE:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEfault}] (форма запроса)

Здесь количество может иметь значение в диапазоне от 1 до 1 000 000.

CONFigure и MEASure устанавливают количество контрольных точек по умолчанию в значение «1».

Память отсчетов может хранить до 1 000 000 отсчетов. Если произведение количества триггеров и количества контрольных точек превысит значение 1 000 000, не забудьте организовать достаточно быстрое считывание данных из памяти отсчетов, чтобы избежать ее переполнения. Если память переполняется, новые отсчеты будут записываться поверх старых сохраненных отсчетов. Самые последние отсчеты всегда сохраняются в памяти. Информация об отслеживании количества отсчетов в памяти содержится в [Главе 8, «Состояние прибора»](#).

Пример количества контрольных точек

//настройка частоты, установка количества триггеров системы и контрольных точек;

// фиксация 2 наборов по 100 отсчетов

CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)

TRIG:SOUR EXT

// внешний источник триггера

TRIG:SLOP POS

// фронт внешнего триггера — положительный

TRIG:DEL 1

// задержка 1 секунда после получения сигнала триггера

TRIG:COUN 2

// прием 2 триггеров системы

SAMP:COUN 100

// фиксация 100 отсчетов по каждому триггеру

Состояния ожидания триггера и активированного триггера

Чтобы частотомер **принял** триггеры, которые запускают циклы триггера и стробирования, частотомер должен быть **запущен**. Запуск частотомера переводит прибор в состояние ожидания триггера ([Рисунок 5-3](#)).

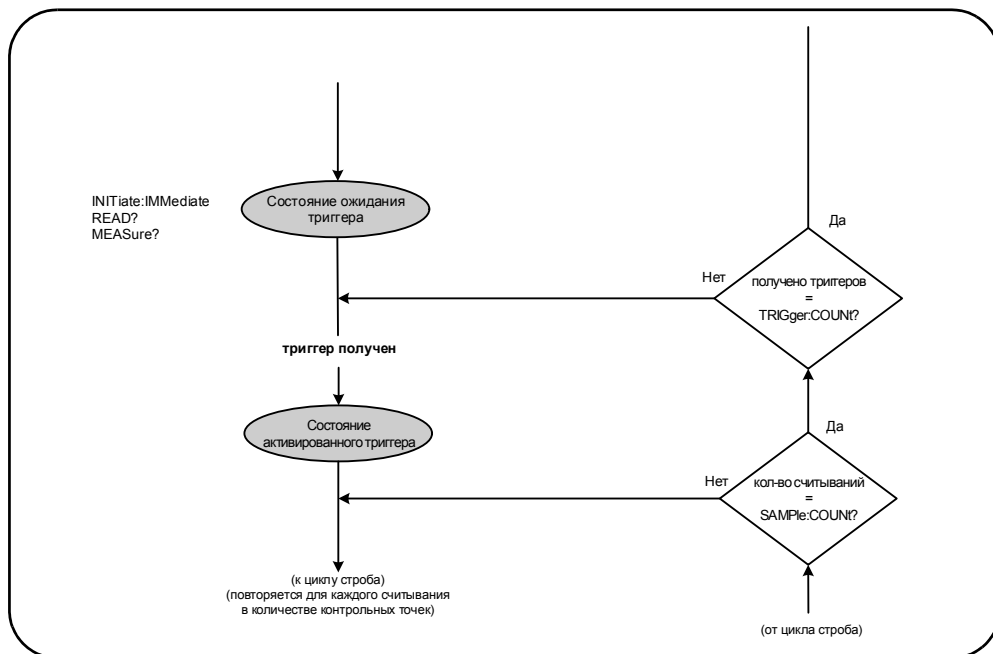


Рисунок 5-4 Состояние частотомера «Ожидание триггера»

Частотомер можно запустить с помощью следующих команд:

INITiate[:IMMediate]

- переводит частотомер в состояние ожидания триггера. В этом состоянии сигналы триггера распознаются и принимаются. Отсчеты, зафиксированные после запуска частотомера командой INITiate[:IMMediate], отображаются на экране и сохраняются в памяти отсчетов частотомера (см. [Главу 7, «Форматы и поток данных»](#) для получения дополнительной информации).

Пример запуска

```
//настройка частоты, установка параметров триггера системы
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT           // внешний источник триггера
TRIG:SLOP POS           // фронт внешнего триггера — положительный
TRIG:DEL 1              // задержка 1 секунда после получения сигнала триггера
TRIG:COUN 2             // прием 2 триггеров системы
SAMP:COUN 100           // фиксация 100 отсчетов для каждого триггера системы
INIT                    // запуск частотомера в состояние ожидания триггера
FETC?                  // получение измерений из памяти отсчетов
READ?
```

- равнозначно выполнению INITiate:IMMediate и сразу за ней FETCh?. По команде READ? отсчеты отображаются, сохраняются в памяти отсчетов и сразу же передаются в буфер вывода (дополнительная информация содержится в [Главе 7, «Форматы и поток данных»](#)).

READ? Пример

```
//настройка частоты, установка параметров триггера системы
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT           // внешний источник триггера
TRIG:SLOP POS           // фронт внешнего триггера — положительный
TRIG:DEL 1              // задержка 1 секунда после получения сигнала триггера
TRIG:COUN 2             // прием 2 триггеров системы
SAMP:COUN 100           // фиксация 100 отсчетов для каждого триггера системы
READ?                  // запуск частотомера — получение отсчетов из памяти
```

После запуска частотомер переходит в состояние активированного триггера и начинает цикл стробирования, получив допустимый сигнал триггера и пропустив соответствующий период задержки (если он указан). Частотомер остается в состоянии активированного триггера, пока не будет достигнуто заданное количество контрольных точек (отсчетов на каждый триггер). Затем частотомер возвращается в состояние ожидания триггера и остается в нем до тех пор, пока не будет получен следующий триггер системы. Частотомер возвращается в состояние бездействия, когда соберет количество отсчетов, соответствующее произведению количества триггеров на количество контрольных точек.

Строб измерения

Управление стробом измерения позволяет вам выбрать продолжительность измерения. Последовательность стробирования в цикле триггера/стробирования начинается после того, как получен сигнал триггера, и повторяется **столько раз**, сколько контрольных точек указано в команде.

ПРИМЕЧАНИЕ

Последовательность стробирования продолжается, пока прибор находится в состоянии активированного триггера (**Рисунок 5-2**). На рисунке этот этап показан после запуска частотомера, но **настройка** стробирования, как и **настройка** триггера системы, происходит в период *бездействия* частотомера.

ПРИМЕЧАНИЕ

Измерения частотомера основываются на конфигурации, которая включает множество параметров. **Самая простая** и самая распространенная стартовая точка для установки этих параметров **программным способом** — это использование команд в подсистемах CONFigure и MEASure (**Глава 3**). Команды этих подсистем считаются высокоуровневыми, поскольку одной командой устанавливается значение (указанное пользователем или назначенное по умолчанию) сразу для нескольких параметров частотомера. Описанные здесь низкоуровневые команды, такие как команды стробирования, позволяют вам изменять некоторые параметры стробирования без вмешательства в другие зоны конфигурации частотомера.

Настройка стробирования

Источник строба частотомера определяет тракт для цикла стробирования и задает связанные с ним параметры. Источник строба необходим для всех измерений частоты.

Выбор источника строба показан в начале цикла (**Рисунок 5-2** и **Рисунок 5-4**), но в логике программы он выполняется после настройки всех остальных параметров стробирования. Это предотвращает потенциальные конфликты настроек между командами подсистемы SENSE, как продемонстрировано в примерах и сегментах программ, использующих эти команды.

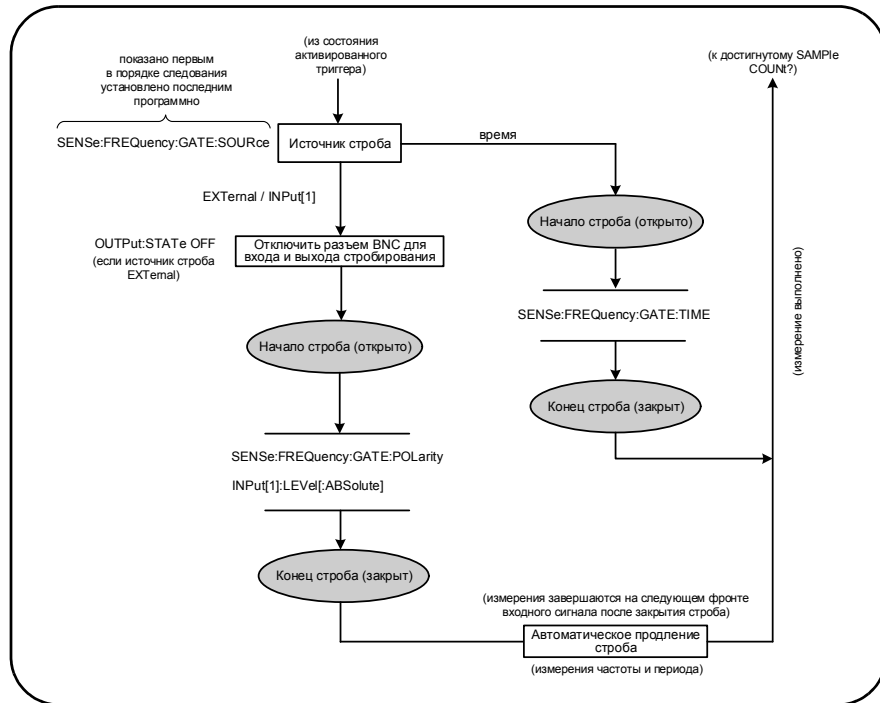
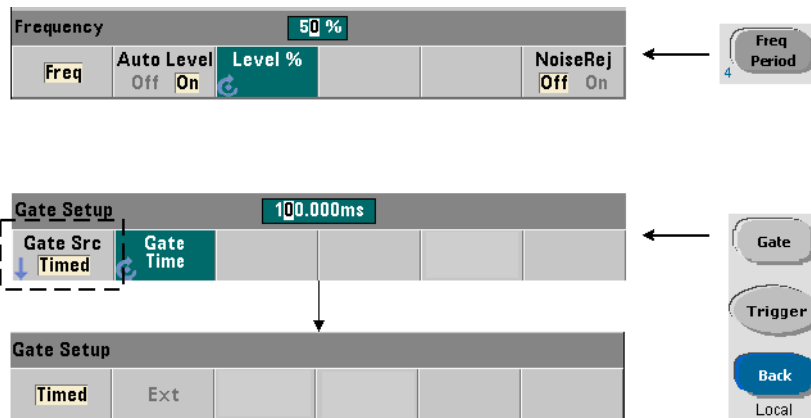


Рисунок 5-5 Последовательность настройки источника строба

Обычные измерения частотомера и большинство приложений используют в качестве источника строба внутренний сигнал, который управляет стробированием в указанный (или установленный по умолчанию) период времени. Для приложений, требующих синхронизации с внешними событиями или более высокой точности для управления стробированием, используется внешнее или расширенное стробирование. Сигналы внешнего источника строба подаются на разъем BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования) на задней панели частотомера или на вход канала 1 или канала 2.

Измерения частоты



Для измерений частоты и периода используются следующие команды настройки/изменения источника строба:

[SENSe:]FREQuency:GATE:SOURce {TIME|EXTErnal|INPut[1]}

[SENSe:]FREQuency:GATE:SOURce?

(форма запроса)

- источник строба TIME позволяет указать разрешение, то есть требуемое **количество разрядов**. Этот источник строба использует внутренний сигнал стробирования и применяется по умолчанию. Он оставляет строб открытым в течение указанного периода, пока измеряется входной сигнал. Чем больше время строба, тем выше разрешение.

Разрешение и время строба

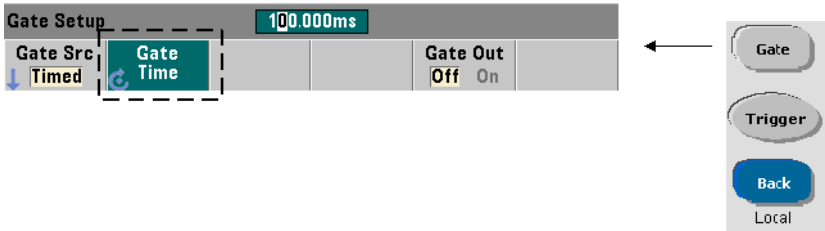
Разрешение отсчетов (в разрядах) зависит от времени строба.

Таблица 5-2 показывает разрешение (количество значащих разрядов), которое можно получить на 53210A при заданном времени строба. В таблице также содержатся формулы для оценки количества разрядов в зависимости от времени строба или ожидаемых значений, а также времени строба в зависимости от количества разрядов.

Таблица 5-2 Разрешение и время строба

Время строба (53210A) (T _{ss} = 100 пс)	Разрешение (разряды) Обратная зависимость	Расчет разрядности и времени строба
1 мс	7	Разряды как функция от времени строба: Разряды = Log₁₀(время строба/T_{ss})
10 мс	8	
100 мс	9	
1 с	10	Разряды как функция от ожидаемого значения (CONFigure, MEASure) Разряды = Log₁₀(ожидаемое значение) - Log₁₀(разрешение)
10 с	11	
100 с	12	
1000 с	13	Время строба как функция от разрядов: Время строба = (10^разряды) * T_{ss}

Настройка времени строба



Время строба при измерениях можно указать напрямую с помощью команды:

```
[SENSe:]FREQuency:GATE:TIME <время>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[SENSe:]FREQuency:GATE:TIME? {MINimum|MAXimum|DEFAULT}           (форма запроса)
```

CONFigure и MEASure автоматически устанавливают источник строба TIME и время строба в соответствии со значениями опциональных параметров ожидаемого значения и разрешения. Указание этих параметров или использование значений по умолчанию для этих команд **упрощает** программирование частотомера. Однако настройка и изменение времени строба отдельно от команды CONFigure/MEASure позволит вам изменить **только** время строба, сохранив все остальные настройки.

Запрос времени строба

Время строба, установленное параметрами ожидаемого значения и разрешения, можно определить после выполнения команды CONFigure или MEASure.

Например, предполагаются измерения сигнала 5 МГц, требующее разрешения 9 разрядов (10 мГц). Поскольку разряды разрешения **приблизительно** равны Log_{10} (ожидаемое значение) - Log_{10} (разрешение), эти измерения могут быть настроены следующим образом:

MEAS:FREQ? 5e6, 5E-3, (@1) // ожидаемая частота, разрешение

Типичные измерения при такой конфигурации могут возвращать значение:

+4.99999949990003E+006

При этом экран частотомера будет показывать следующее:

4.999 999 50 МГц (9 разрядов)

Запрос времени строба после отправки этой команды возвращает следующее:

SENS:FREQ:GATE:TIME?

+1.00000000000000E-001 (100 мс)

По **Таблице 5-2** это соответствует 9 разрядам разрешения. Для достижения желаемого разрешения (количества разрядов) в зависимости от времени строба, найдите нужное количество разрядов в **Таблице 5-2** и выберите соответствующее время строба:

SENS:FREQ:GATE:TIME 100e-3 // установка времени строба = 100 мс

SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME // установка источника строба

Еще один пример: предполагается измерить сигнал длительностью 5 нс (200 МГц) с разрешением 7 разрядов. Мы помним, что Log_{10} (ожидаемое значение) - Log_{10} (разрешение) приблизительно равно разрядам разрешения, а значит измерения могут быть настроены так:

MEAS:PER? 5E-9, 5E-16, (@1) // для измерений сигнала 200 МГц

Типичные измерения при такой конфигурации могут возвращать значение:

+5.00010899135045E-009

При этом экран частотомера будет показывать следующее:

5.000 109 нс (7 разрядов)

Запрос времени строга после отправки этой команды возвращает следующее:

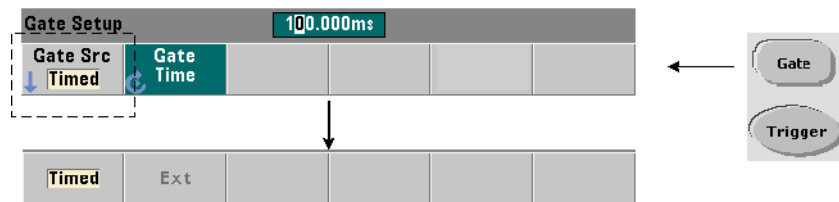
SENS:FREQ:GATE:TIME?

+1.00000000000000E-003 (1 мс)

Теперь мы снова применим **Таблицу 5-2**, чтобы определить время строга для нужного 7-разрядного разрешения и напрямую настроить его следующим образом:

SENS:FREQ:GATE:TIME 1e-3 // установка времени строга = 1 мс

Внешние источники строга

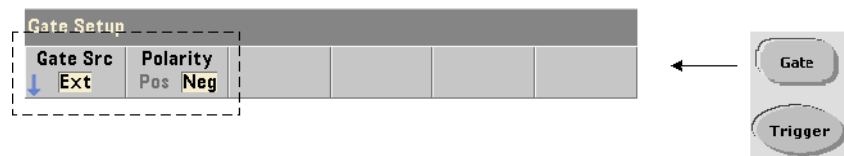


Источники строга EXTERNAL и INPUT[1] являются внешними. EXTERNAL — это разъем BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования) на задней панели частотомера, а INPUT[1] — вход канала 1 частотомера (на передней или задней панели — Опция 201). Обратите внимание, что источник INPUT[1] доступен, только если канал 2 установлен (Опция 106 или 115) и выбран каналом измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ

При использовании внешнего источника строба (**EX**Ternal) для параметра OUTput:STAtе нужно установить значение **OFF**. Дополнительная информация, а также рекомендации по использованию сигналов стробирования для синхронизации других приборов, содержатся в разделе «Включение сигналов стробирования на разъеме BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования)».

Полярность внешнего сигнала стробирования



При использовании внешнего источника строба полярность сигнала стробирования и, следовательно, продолжительность строба, устанавливаются или изменяются с помощью следующей команды:

[SENSe:]FREQuency:GATE:POLArity {POSitive|NEGAtive}

[SENSe:]FREQuency:GATE:POLArity?

(форма запроса)

Значение POSitive начинает измерения по положительному фронту сигнала на разъеме BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования) или на входе канала 1, а останавливает измерения по **следующему** отрицательному фронту.

Значение NEGAtive начинает измерения по отрицательному фронту сигнала на разъеме BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования) или на входе канала 1, а останавливает измерения по **следующему** положительному фронту.

CONFIgure и MEASure не изменяют настройку полярности. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) выбирается отрицательный фронт.

Для установки полярности внешнего сигнала стробирования выполните следующие команды:

// выбор полярности и источника строба

CONF:PER

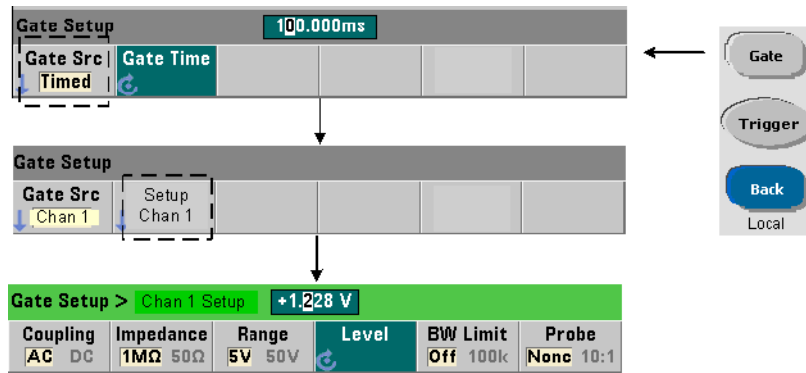
SENS:FREQ:GATE:POL POS

// установка полярности

SENS:FREQ:GATE:SOUR EXT

// установка источника

Порог внешнего сигнала стробирования



Для внешнего источника INPut[1] помимо полярности сигнала стробирования нужно указать **фиксированное** входное пороговое напряжение. Это выполняется с помощью следующей команды:

INPut[1]:LEVel[:ABSolute]{<вольты>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}

INPut[1]:LEVel[:ABSolute]?[{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]

(форма запроса)

Выбранная полярность определяет, какой фронт сигнала стробирования открывает строб при пересечении порогового значения. Противоположный фронт сигнала закрывает строб при пересечении порогового значения. (Более подробная информация о подсистеме INPut содержится в [Главе 4, «Нормирование входного сигнала 53210A»](#)).

Если выбран внешний источник строба (INPut[1]), в качестве канала измерений должен быть указан канал 2 (Опция 106 или 115).

Установка полярности и уровня для внешнего источника строба:

// выбор полярности, источника строба и порогового уровня

CONF:FREQ

SENS:FREQ:GATE:POL POS

// установка полярности

SENS:FREQ:GATE:SOUR INP

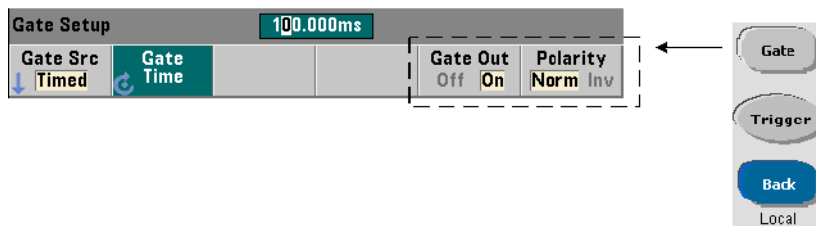
// установка источника — канал 1

INP:LEV 4

// установка порога - 4 В

Если используется внешний источник INPut[1], то в качестве источника строба и источника **измеряемого** сигнала нельзя выбирать один и тот же канал. Другими словами, канал источника строба не может участвовать в измерениях.

Включение сигналов стробирования на разъеме BNC «Gate In/Out» (Вход/выход стробирования)



Для тактирования и синхронизации с другими приборами сигналы стробирования с внутреннего источника TIME и INPut[1] можно подать на разъем входа/выхода стробирования (Gate In/ Out) на задней панели и настроить для них полярность с помощью следующих команд:

OUTPut[:STATe] {OFF|ON}

OUTPut[:STATe]?

(форма запроса)

OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}

OUTPut:POLarity?

(форма запроса)

- ON включает выход стробирования (Gate Out) — сигналы стробирования с источников TIME и INPut[1] направляются на разъем BNC на задней панели.
- OFF отключает выход стробирования — разъем BNC считается внешним источником, то есть входом стробирования (Gate In). Таким образом, при использовании внешнего источника строба (EXTernal) нужно указать значение OUTput:STATe OFF.

Значение NORMal выбирает восходящий (положительный) переход сигнала, а INVerted — спадающий (отрицательный) переход.

6 Математические операции, построение графиков и регистрация данных с помощью 53201A

Математические функции	144
Линейчатые диаграммы	163
Графики тренда	176
Регистрация данных	183
Графические функции и память отсчетов	188

Частотомер Keysight 53210A выполняет математические операции, которые позволяют масштабировать отсчеты, проверять пределы и производить статистический анализ данных. Функции построения графиков вычисляют и отображают линейчатые диаграммы и графики тренда данных измерений **в реальном времени**.

В этой главе содержится информация об использовании этих функций в подсистеме SCPI CALCulate и с помощью кнопок на передней панели **Math (Математические операции)**, **Graph (Графики)** и **Data Log (Регистрация данных)**.

Математические функции

Частотомер 533210A выполняет такие математические функции, как сглаживание, относительные измерения, масштабирование, статистический анализ и проверка пределов. **Рисунок 6-1** объясняет, как включаются эти функции.

Математические функции включаются на двух уровнях: 1) подсистема CALCulate[1] в целом и 2) отдельные математические операции. Математические операции начинаются после начала измерений, запущенных командой INITiate:IMMediate или READ?, либо при выборе операции на передней панели (с внутренним триггером). Отсчеты обрабатываются в реальном времени и отображаются на экране, сохраняются в памяти отсчетов и отправляются в буфер вывода (обработка не применяется к отсчетам, уже помещенным в память).

Количество отсчетов, обработанных для конкретного цикла триггера (**Глава 5, «Триггерные действия и стробирование»**), определяется количеством триггеров (TRIGger:COUNT) и количеством отсчетов на один триггер (SAMPle:COUNT). **По умолчанию для каждой команды устанавливаются значения «1» для количества триггеров и количества контрольных точек.** При каждом включении частотомера память отсчетов очищается и генерируется новый набор данных, к которым применена математическая обработка. Отсчеты постоянно обрабатываются на передней панели, пока настроен внутренний (INTernal) источник триггера.

Математические и графические функции, о которых говорится в этой главе, включаются отдельно (**Рисунок 6-1**). Однако одновременно может быть включено несколько операций, которые выполняются с одним и тем же набором отсчетов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Команды SCPI и параметры, перечисленные в этой главе, служат примерами программных методов управления частотомером. Команды подробно описываются в разделе «Справочная информация для программистов» на компакт-диске со справочными материалами о продукте Keysight 53210A/53220A/ 53230A.

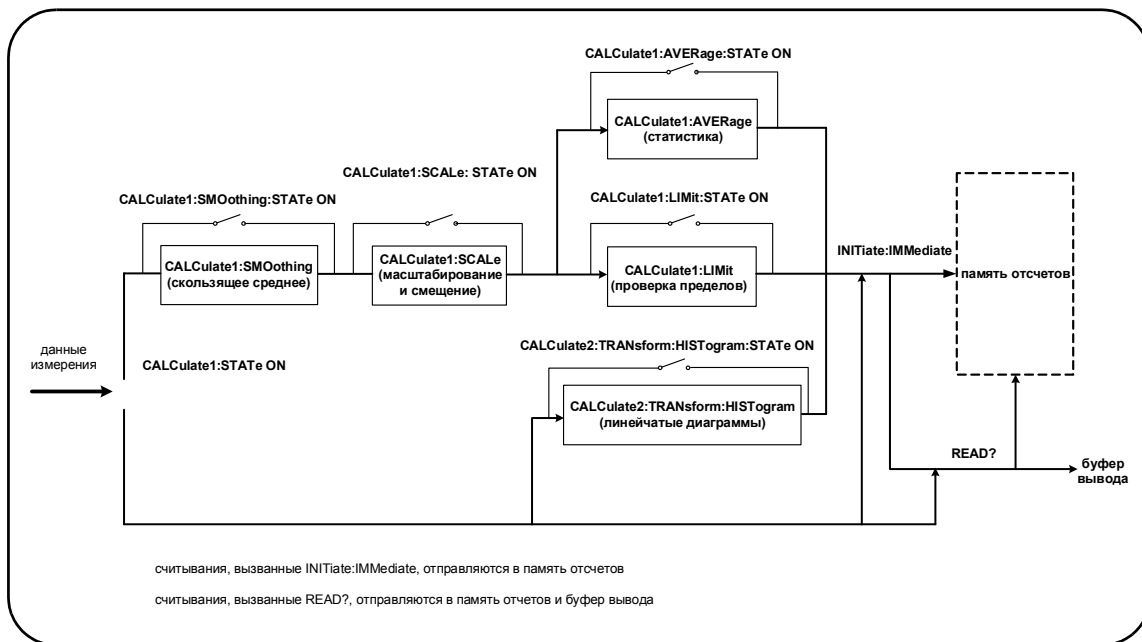


Рисунок 6-1 Включение математических операций

Включение подсистемы CALCulate1

Для применения отдельных математических операций должны быть включены подсистема CALCulate1 и конкретная нужная операция. Для включения подсистемы CALCulate1 используются следующие команды:

CALCulate[1]:STATe {OFF|ON}

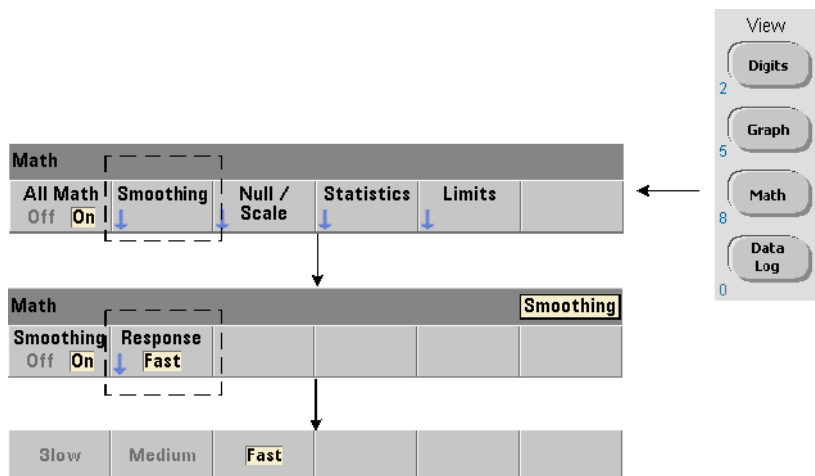
CALCulate[1]:STATe?

(форма запроса)

ON включает подсистему, OFF выключает подсистему. Если **подсистема отключена**, данные измерений направляются непосредственно в буфер вывода и/или в память отсчетов без выполнения математических операций, **даже если некоторые из таких операций включены**.

Перезагрузка (*RST), предварительная настройка прибора (SYSTem:PRESet) или изменение функции измерений выключают подсистему CALCulate1.

Сглаживание данных



Измерения могут быть «сглажены» и масштабированы перед выполнением математических операций над входящими данными.

Для **сокращения случайных помех** в тракт данных можно добавить фильтр скользящего среднего значения (узкополосный) (**Рисунок 6-1**). Чтобы включить этот фильтр и указать для него количество усредняемых отсчетов, используются следующие команды:

CALCulate[1]:SMOothing[:STATe] {OFF|ON}
 CALCulate[1]:SMOothing[:STATe]? (форма запроса)

CALCulate[1]:SMOothing:RESPonse {SLOW|MEDIum|FAST}
 CALCulate[1]:SMOothing:RESPonse? (форма запроса)

ON включает фильтр скользящего среднего значения, размещая его в тракте данных. OFF выключает этот фильтр. Перезагрузка (*RST) или предварительная настройка прибора (SYSTem:PRESet) отключают фильтр.

Количество усредняемых отсчетов указывается следующим образом:

SLOW — 100 отсчетов, фильтр сбрасывается при изменении ± 100 ч./млн;

MEDium — 50 отсчетов: фильтр сбрасывается при изменении ± 300 ч./млн;

FAST — 10 отсчетов: фильтр сбрасывается при изменении ± 1000 ч./млн.

Фильтр сбрасывается, если меняется функция или канал измерений, если фиксируется новый набор отсчетов или если измерения выходят за пределы диапазона, соответствующего указанному количеству отсчетов (SLOW, MEDium, FAST).

После сброса фильтра значение отсчета вычисляется как среднее от настроенного количества отсчетов (10, 50, 100). Таким образом, каждое значение представляет собой скользящее среднее по последним 10, 50 или 100 измерениям. Всем измерениям в режиме усреднения присваивается равный вес.

Перезагрузка (*RST) или предварительная настройка прибора (SYSTem:PRESet) устанавливают для этого параметра значение FAST.

Пример сглаживания

//измерения частоты ожидаемого сигнала 1 кГц - канал 1

//сокращение шума для 5000 отсчетов

CONF:FREQ 1E3,(@1)

SAMP:COUN 5000

// фиксация 5000 отсчетов

CALC:STAT ON

// включение подсистемы CALCulate1

CALC:SMO:STAT ON

// включение фильтра скользящего среднего

CALC:SMO:RESP SLOW

// усреднение по 100 отсчетам

INIT

Функции масштабирования

При **включенном** масштабировании для статистического анализа, проверки пределов, линейчатых диаграмм и графиков трендов используются **масштабированные** данные. На **Рисунке 6-2** показан экран с включенными функциями масштабирования.

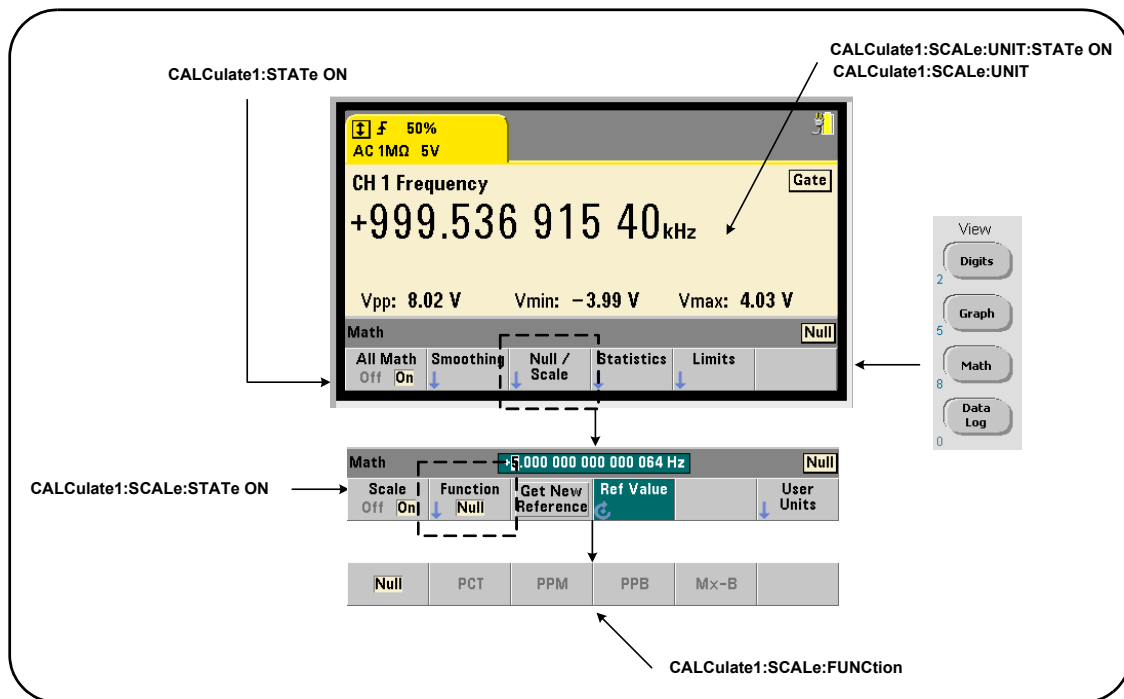


Рисунок 6-2 Экран 53210A с включенными функциями масштабирования

Включение функций масштабирования

Все функции масштабирования 53210A включаются следующей командой:

CALCulate[1]:SCALE[STATe] {OFF|ON}

CALCulate[1]:SCALE[STATe]?

(форма запроса)

ON включает масштабирование. OFF выключает масштабирование.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) масштабирование отключается.

Использование функций масштабирования

Частотомер поддерживает следующие функции масштабирования: относительное значение, изменение в процентах (**PCT**), изменение в долях на миллион (**PPM**), изменение в долях на миллиард (**PPB**) и масштабирование (**Mx-B**). Функция выбирается следующей командой:

CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION {NULL|PCT|PPM|PPB|SCALE}

CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION?

(форма запроса)

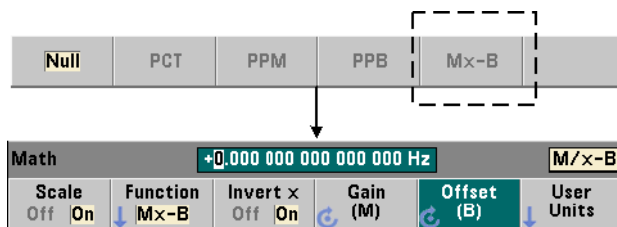
NULL — применяет функцию относительного значения. Результатом будет разность измерения и опорного значения. (Информация о настройках опорного значения содержится в разделе «**Опорное значение для масштабирования**»).

PCT — применяет функцию изменения в процентах. Результат — разница между измерениями и опорным значением, выраженная в процентах.

PPM — применяет функцию изменения в долях на миллион. Результат — разница между измерениями и опорным значением, выраженная в миллионных долях.

PPB — применяет функцию изменения в долях на миллиард. Результат — разница между измерениями и опорным значением, выраженная в миллиардных долях.

SCALE — применяет функцию Mx-B. Результат — произведение измеренного значения (x) на коэффициент усиления M (команда CALCulate1:SCALE:GAIN), из которого вычитается значение смещения B (CALCulate1:SCALE:OFFSET). Если включен (On) параметр CALCulate1:SCALE:INVERT, измеренное значение предварительно инвертируется (1/x), что по сути означает операцию M/x-B.



Результаты функции масштабирования должны находиться в диапазоне от $-1,0E+24$ до $-1,0E-24$, 0,0 или от $+1,0E-24$ до $1,0E+24$. Результаты за пределами этих границ будут заменены на значение $-9,9E+37$ (отрицательная бесконечность), 0 или $+9,9E+37$ (положительная бесконечность).

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) функция масштабирования устанавливается в значение NULL.

Опорное значение для масштабирования



Функции масштабирования NULL, PCT, PPM и PPB используют опорное значение. Для PCT, PPM и PPB значение не может быть «0». Опорное значение может быть получено автоматически или задано с помощью команды:

CALCulate[1]:SCALE:REFERENCE:AUTO {OFF|ON}

CALCulate[1]:SCALE:REFERENCE:AUTO? (форма запроса)

CALCulate[1]:SCALE:REFERENCE <опорное_значение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT

CALCulate[1]:SCALE:REFERENCE? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}] (форма запроса)

ON автоматически выбирает первые измерения в качестве опорных для всех последующих отсчетов в группе (размер группы = кол-во триггеров × кол-во контрольных точек). OFF отключает автоматический выбор и требует прямого указания опорного значения.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) включается автоматический выбор (ON).

<опорное_значение> — явным образом указывает опорное значение. Опорное значение используется для всех отсчетов в группе.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) устанавливается опорное значение 0,0 и включается автоматическое определение опорного значения.

Нажатие на передней панели кнопки **Get New Reference (Получить новое опорное значение)** устанавливает новое опорное значение из измерения, выполненного при первом сигнале триггера после нажатия кнопки. Параметр **Ref Value (Опорное значение)** позволяет ввести опорное значение вручную с помощью поворотного регулятора или числовых кнопок с клавишей **SHIFT**.

Пример опорного значения

```
//определение разницы в процентах по 100
//измерениям частоты с опорным значением 50000,000
CONF:FREQ 50E3,(@1)
SAMP:COUN 100           // фиксация 100 отсчетов
CALC:STAT ON           // включение подсистемы CALCulate1
CALC:SCAL:STAT ON      // включение масштабирования
CALC:SCAL:FUNC PCT      // выбор функции масштабирования (PCT)
CALC:SCAL:REF 50.000E3  // установка опорного значения
INIT
```

Усиление и смещение масштаба

Функция CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION SCALE выполняет для каждого отсчета операцию **Мх-В**, где **М** обозначает коэффициент усиления, **х** — значение отсчета, а **В** — смещение. Коэффициент усиления, который используется в формуле, задается с помощью команды:

```
CALCulate[1]:SCALE:GAIN {<усиление>|MINimum|MAXimum|DEFault}
CALCulate[1]:SCALE:GAIN? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(форма запроса)

коэффициент усиления может находиться в диапазоне:

от -1.0E+15 до -1.0E-15, 0,0, от +1.0E-15 до +1.0E+15

По умолчанию усиление имеет значение 1.0, и это же значение устанавливается после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet).

Значение смещения (**B**) устанавливается следующей командой:

CALCulate[1]:SCALE:OFFSet {<смещение>|MINimum|MAXimum|DEFault}

CALCulate[1]:SCALE:OFFSet? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

значение смещения (offset) может находиться в диапазоне

от $-1.0\text{E}+15$ до $-1.0\text{E}-15$, 0.0, от $+1.0\text{E}-15$ до $+1.0\text{E}+15$

По умолчанию смещение имеет значение 0.0, и оно устанавливается после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet).

Инвертирование отсчета (1/x) Есть возможность инвертировать каждый зафиксированный отсчет **до** его подстановки в формулу $M \cdot x - B$, что означает применение формулы $M/x - B$. Инвертирование включается следующей командой:

CALCulate[1]:SCALE:INVert {OFF|ON}

CALCulate[1]:SCALE:INVert? (форма запроса)

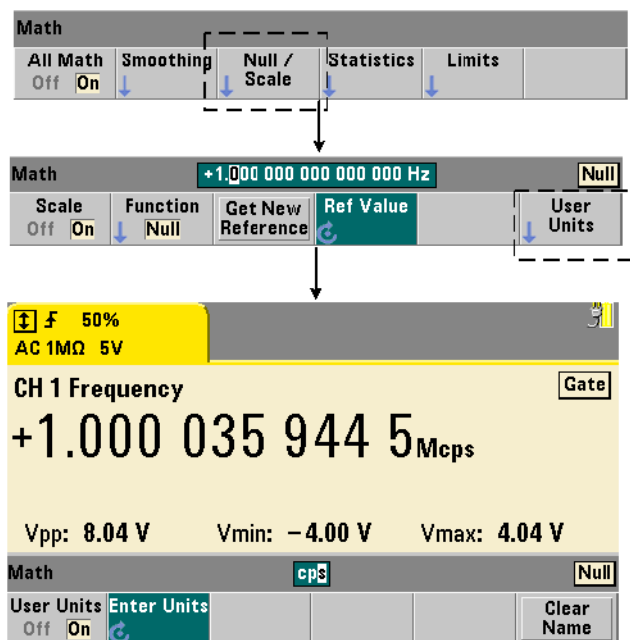
ON инвертирует отсчет. OFF отключает инвертирование отсчета.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) инвертирование отсчетов отключается.

ПРИМЕЧАНИЕ

При включении функции **Invert x (Инвертировать x)** единицы измерения (Гц, с) на передней панели отключаются. Если нужно отображать единицы, см. раздел «Назначение единиц измерения для отсчетов».

Назначение единиц измерения для отсчетов



Чтобы на передней панели было удобнее отслеживать отсчеты, вы можете назначить пользовательские «строки единиц измерений» для любой функции масштабирования. Пользовательская строка заменяет используемые прибором единицы измерений (Гц, проценты, миллионные части и т. п.). Префикс единицы измерения (мк, м, к, М) остается.

Строка единиц измерения отображается на частотомере и определяется с помощью команд:

CALCulate[1]:SCALE:UNIT:STATe {OFF|ON}

CALCulate[1]:SCALE:UNIT:STATe?

(форма запроса)

CALCulate[1]:SCALE:UNIT "<единицы>"

CALCulate[1]:SCALE:UNIT?

(форма запроса)

ON отображает определенные пользователем единицы измерения на передней панели. OFF отключает пользовательские единицы измерения.

Значение единицы может иметь от одного до четырех символов. Двойные кавычки вокруг этой строки входят в команду. Назначенные единицы измерения появляются **только на экране частотомера**.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) установленные пользователем единицы измерения отключаются.

Чтобы ввести единицы измерения с передней панели, нажмите программную кнопку **User Units (Пользовательские единицы измерения)**, включите единицы измерения (**On**) и выберите положения символов с помощью поворотного регулятора и клавиш со стрелками.

Пример масштабирования

Следующий пример — типичная последовательность команд масштабирования в подсистеме SCPI CALCulate[1].

```
//Масштабирование 500 отсчетов (M/x-B) и назначение единиц измерения
CONF:FREQ (@1)           // измерения частоты
SAMP:COUN 500             // 500 отсчетов/триггер
SENS:FREQ:GATE:TIME .010  // установка минимального времени строба
CALC:STAT ON              // включение подсистемы CALCulate1
CALC:SCAL:STAT ON         // включение операции масштабирования
CALC:SCAL:FUNC SCAL        // установка функции масштабирования Mx-B
CALC:SCAL:INV ON          // инвертирование отсчетов (M/x-B)
CALC:SCAL:GAIN 100         // установка коэффициента усиления (M)
CALC:SCAL:OFFS 0           // установка смещения (B)
CALC:SCAL:UNIT:STAT ON    // включение пользовательских единиц измерения
CALC:SCAL:UNIT "sec"      // назначение единиц измерения для отсчетов
INIT                      // запуск отсчетов
```

При частоте входного сигнала 1 МГц частотомер будет отображать отсчеты примерно +100.00... мкс.

Статистика

Статистические расчеты непрерывно применяются к только что выполненным отсчетам, пока не будет достигнуто заданное количество отсчетов ($\text{TRIGGER:COUNT} \times \text{SAMPLE:COUNT}$). Команды, с помощью которых генерируются статистические данные, описаны в этом разделе.

Как уже упоминалось, одновременно может быть включено несколько операций. **Рисунок 6-3** представляет пример, в котором одновременно используются статистика и проверка пределов.

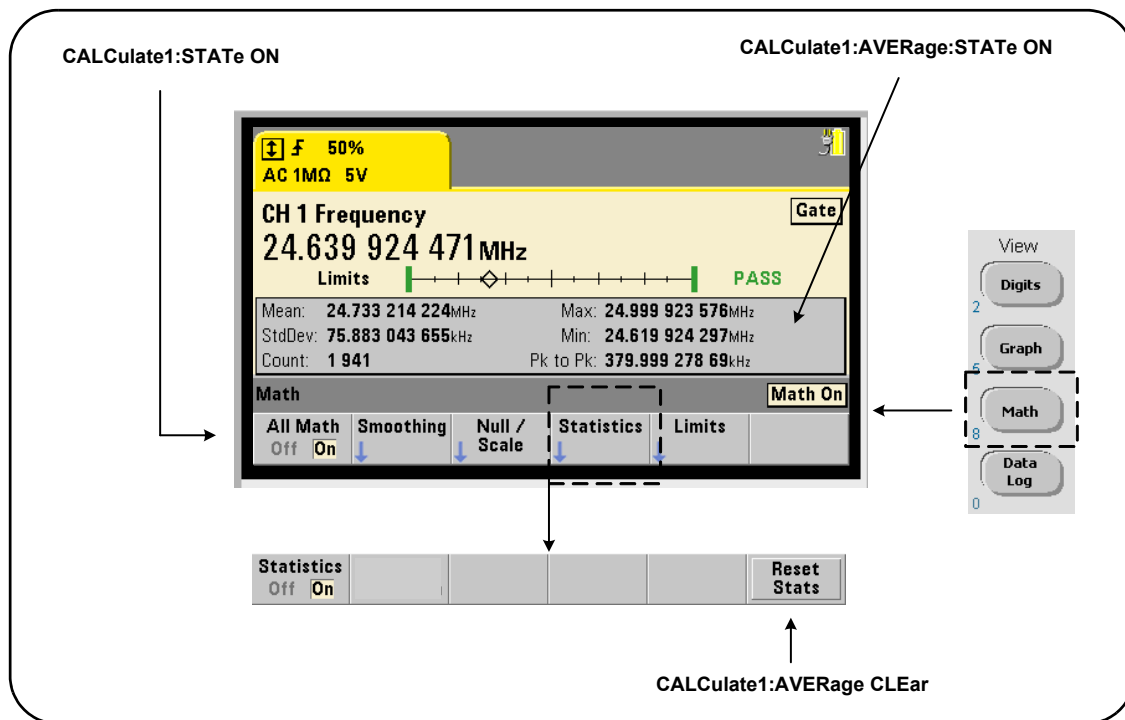


Рисунок 6-3 Экран частотомера, на котором включены проверка пределов и статистическая функция

Включение статистики

Для выполнения статистических расчетов их нужно включить с помощью команды:

CALCulate[1]:AVERage:STATe {OFF|ON}

CALCulate[1]:AVERage[:STATe]?

(форма запроса)

ON включает статистические расчеты по отсчетам по мере их фиксации. К статистическим данным относятся: среднее значение, стандартное отклонение, максимальное значение, минимальное значение, а также среднее значение двойной амплитуды.

OFF выключает статистические вычисления.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) статистические вычисления отключаются.

Количество отсчетов

Статистические вычисления начинаются с включением математических операций (**Math**) и статистических функций (**Statistics**). Количество отсчетов, учитывающихся в наборе статистических данных, отображается как значение количества отсчетов (**Count**) (**Рисунок 6-3**). Количество отсчетов можно узнать с помощью команды:

CALCulate[1]:AVERage:COUNT:CURRent?

Это количество можно получить в любой момент после запуска измерений (например, так: INITiate:IMMediate, READ?, MEASure?).

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) устанавливается количество «1».

Среднее, стандартное отклонение, минимальное значение, максимальное значение

Среднее (арифметическое), стандартное отклонение, минимальное значение и максимальное значение для текущего количества отсчетов можно определить с помощью команды:

CALCulate[1]:AVERage:ALL?

Если отсчеты были подвергнуты масштабированию (см. раздел «**Функции масштабирования**»), статистика основывается на масштабированных отсчетах.

Пример: Включение и выполнение статистических функций

В следующих примерах возвращается среднее значение, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значения для серии из 500 отсчетов. Для полноты информации отображается и значение количества триггеров, хотя для него по умолчанию используется значение «1». Оператор WAIT позволяет отложить анализ до того момента, когда будут получены все данные.

```

CONF:FREQ (@1)           // измерения частоты на канале 1
TRIG:COUN 1              // количество триггеров = 1
SAMP:COUN 500            // 500 отсчетов на триггер
SENS:FREQ:GATE:TIME .010 // время строба 10 мс
CALC:STAT ON             // включение подсистемы CALCulate1
CALC:AVER:STAT ON        // включение статистики
INIT                     // запуск измерений
*WAI                     // ожидание завершения всех отсчетов
CALC:AVER:ALL?           // вычисление статистических данных

```

Эта команда возвращает данные следующего вида:

среднее	стандартное отклонение
+5.50020355962701E+006	+2.59738014535884E+006
мин. значение	макс. значение
+1.04179550991303E+006,	+9.94903904473447E+006

Среднее значение, минимальное значение, максимальное значение, среднее значение двойной амплитуды

Индивидуальные характеристики данного набора отсчетов можно определить с помощью следующих команд. Перед использованием любой из этих команд нужно включить статистику: CALCulate[1]:AVERage:STATe ON.

CALCulate[1]:AVERage:AVERage?

- возвращает среднее значение всех отсчетов в текущей группе

CALCulate[1]:AVERage:MINimum?

- возвращает минимальное значение среди всех отсчетов в текущей группе.

CALCulate[1]:AVERage:MAXimum?

- возвращает максимальное значение среди всех отсчетов в текущей группе.

CALCulate[1]:AVERage:PTPeak?

- возвращает среднее значение двойной амплитуды (т. е. среднее максимальное значение – среднее минимальное значение) по всем отсчетам в текущей группе.

Пример: Вычисление отдельных статистических значений

В следующем примере показано, как получать все эти параметры отсчетов по отдельности.

CONF:PER (@1)	// настройка периодических измерений
TRIG:COUN 2	// количество триггеров = 2
SAMP:COUN 100	// 100 отсчетов на триггер
SENS:FREQ:GATE:TIME .010	// время строба 10 мс
CALC:STAT ON	// включение подсистемы CALCulate1
CALC:AVER:STAT ON	// включение статистики
INIT	// запуск измерений
*WAI	// ожидание завершения всех отсчетов
CALC:AVER:MIN?	// запрос индивидуальных параметров
CALC:AVER:MAX?	
CALC:AVER:AVER?	
CALC:AVER:PTP?	

Стандартное отклонение

Стандартное отклонение доступно на обоих частотомерах по следующей команде:

CALCulate[1]:AVERage:SDEviation?

Для определения стандартного отклонения нужно заранее включить подсистему CALCulate1 и статистику.

Очистка/сброс статистики

Статистические данные по текущему набору отсчетов очищаются одной из следующих команд:

- включение статистических функций — `CALCulate[1]:AVERage[:STATe] ON`
- новый цикл измерений — `INITiate:IMMediate, READ?, MEASure?`
- отправка новой команды SCPI или изменение текущего параметра SCPI
- предварительная настройка прибора — `*RST, SYSTem:PRESet`

С помощью этих шагов можно также удалить **все отсчеты** из памяти прибора. Для удаления статистических данных **без** очистки памяти отсчетов применяются такие команды:

`CALCulate[1]:AVERage:CLEar[:IMMediate]`

Проверка пределов

Проверка пределов позволяет по одному сравнивать измерения частотомера с нижним и верхним пределом.

Выход за пределы регистрируется в регистре некачественных результатов частотомера (биты 11 и 12). Определения реестра содержатся в [Главе 8](#).

При включении этой функции на экране частотомера отображается проверка пределов, как показано на [Рисунке 6-4](#).

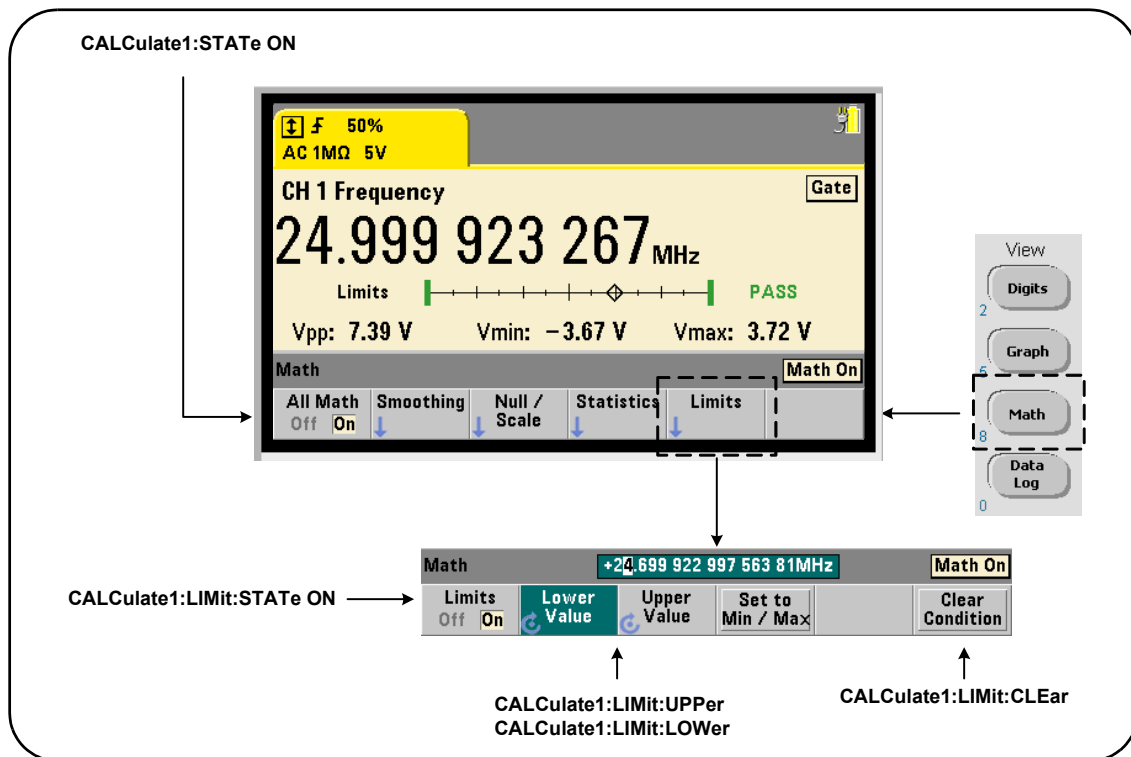


Рисунок 6-4 Проверка пределов 53210A

Включение проверки пределов

Проверка пределов включается следующей командой:

CALCulate[1]:LIMit[:STATe] {OFF|ON}

CALCulate[1]:LIMit[:STATe]?

(форма запроса)

ON включает проверку пределов.

OFF отключает (обходит) проверку пределов. Включение проверки пределов включает **обе** границы — верхнюю и нижнюю.

Установка верхнего и нижнего пределов

Нижний и верхний пределы устанавливаются с помощью следующих команд:

```
CALCulate[1]:LiMit:LOWer[:DATA] {<значение>}|MiNiMuM|MAxiMuM|DEFAuLT}
CALCulate[1]:LiMit:LOWer[:DATA]? |MiNiMuM|MAxiMuM|DEFAuLT}
```

(форма запроса)

```
CALCulate[1]:LiMit:UPPer[:DATA] {<значение>}|MiNiMuM|MAxiMuM|DEFAuLT}
CALCulate[1]:LiMit:UPPer[:DATA]? |MiNiMuM|MAxiMuM|DEFAuLT}
```

(форма запроса)

Диапазоны значений верхнего и нижнего пределов:

от -1.0E+15 до -1.0E-15, 0.0, от 1.0E-15 до 1.0E+15

0.0 — это значение пределов по умолчанию, а также значение пределов, которое устанавливается после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet).

При использовании пределов нужно указать как верхний, **так и** нижний пределы. **Любой** из следующих шагов предотвратит ошибку «конфликта настроек» (например, нижний предел выше верхнего), связанную с порядком установки пределов:

- сначала устанавливается верхний предел;
- установка обоих пределов в одной строке программы;
- включение проверки пределов *после* установки пределов.

Чтобы программным способом определить, не выходит ли отсчет (или отсчеты) за установленные пределы, воспользуйтесь командой:

STATus:QUESTionable:EVENT?

используется для просмотра регистра некачественных результатов. Значение +2048 (бит 11) означает отсчет ниже нижнего предела. Значение +4096 (бит 12) означает отсчет выше верхнего предела. Чтение регистра **стирает все биты** этого регистра (см. раздел «Очистка условий пределов»).

Пример: Проверка пределов

Далее приводится пример включения и использования проверки пределов.

```
CONF:FREQ (@1)           // настройка измерений
SAMP:COUN 500            // проверка пределов для 500 отсчетов
CALC:STAT ON             // включение математических операций
CALC:LIM:STAT ON         // включение проверки пределов
CALC:LIM:LOW 99.9E3;UPP 100.1E3 // установка пределов
INIT                     // запуск измерений
*WAI                     // ожидание завершения всех отсчетов
STAT:QUES:EVEN?          // запрос в регистр некачественных измерений
```

Обратите внимание, что пределы устанавливаются в одной строке, чтобы предотвратить ошибку конфликта настроек. Этой ошибки также можно избежать, включив проверку пределов после установки пределов.

Очистка условий пределов

Индикатор пределов (Limit) выключается, а биты 11 и 12 (только эти) в регистре некачественных результатов очищаются с помощью одной из следующих команд:

- включение проверки пределов — CALCulate[1]:LIMit[:STATe] ON
- новый цикл измерений — INITiate:IMMEDIATE, READ?, MEASure?
- отправка новой команды SCPI или изменение текущего параметра SCPI
- предварительная настройка прибора — *RST, SYSTem:PRESet

С помощью этих шагов можно также удалить **все отсчеты** из памяти прибора. (*RST и SYSTem:PRESet дополнительно сбрасывают значения верхнего и нижнего пределов на 0.0.)

Чтобы выключить индикатор «Предел» (Limit) и удалить только биты, отслеживающие соблюдение пределов (биты 11 и 12 в реестре состояний) **без** очистки памяти измерений, воспользуйтесь следующей командой:

```
CALCulate[1]:LIMit:CLEar[:IMMEDIATE]
```

Линейчатые диаграммы

Распределение для конкретного набора измерений частотомера (**кроме постоянного суммирования и меток времени**) может быть представлено графически с помощью функции линейчатых диаграмм 53210A. В следующем примере (**Рисунок 6-5**) представлен базовый формат линейчатой диаграммы частотомера.

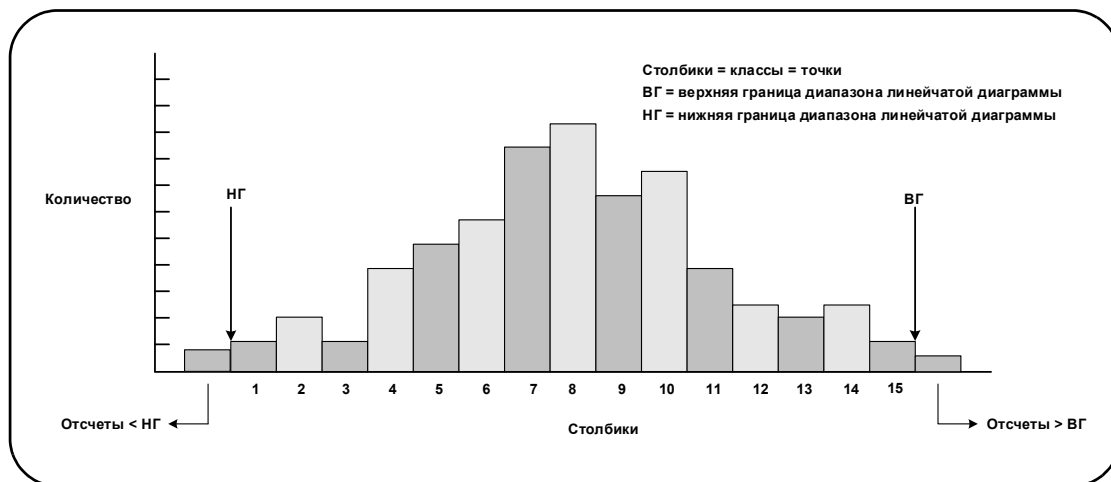
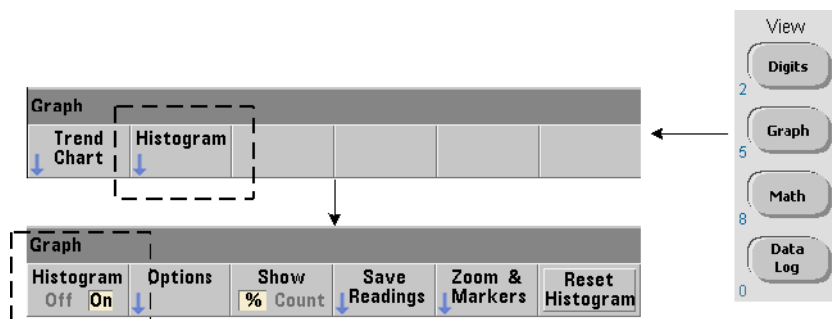


Рисунок 6-5 Структура линейчатых диаграмм 53210A

Обратите внимание, что линейчатые диаграммы и математические функции (например, статистика, масштабирование, пределы) могут использоваться одновременно с одними и теми же данными измерений.

Просмотр линейчатых диаграмм



При включении питания или при нажатии кнопки **Preset (Предварительная настройка)** на передней панели отображаются числовые данные. Вы можете дистанционно включить отображение линейчатых диаграмм, изменив режим дисплея с помощью следующей команды:

DISPlay[:WINDow]:MODE {NUMeric|HISTogram|TCHart}

DISPlay[:WINDow]:MODE?

(форма запроса)

Нажатие поочередно кнопки **Graph (График)**, а затем программной кнопки **Histogram (Линейчатая диаграмма)** включает и автоматически запускает линейчатые диаграммы на передней панели. Линейчатые диаграммы также могут быть выключены в меню программных кнопок.

При удаленной работе перезагрузка (*RST) или предварительная настройка прибора (SYSTem:PRESet) не изменяют режим экрана.

Линейчатые диаграммы составляются по отсчетам, сохраненным в памяти (начиная с момента **включения** линейчатой диаграммы и до того, когда будет достигнуто заданное количество триггеров (TRIGger:COUNT) и контрольных точек (SAMPle:COUNT). Если триггер постоянный (например, внутренний), линейчатая диаграмма будет постоянно обновляться с самого момента включения.

Рисунок 6-6 описывает информацию, представленную в типичном окне линейчатой диаграммы.

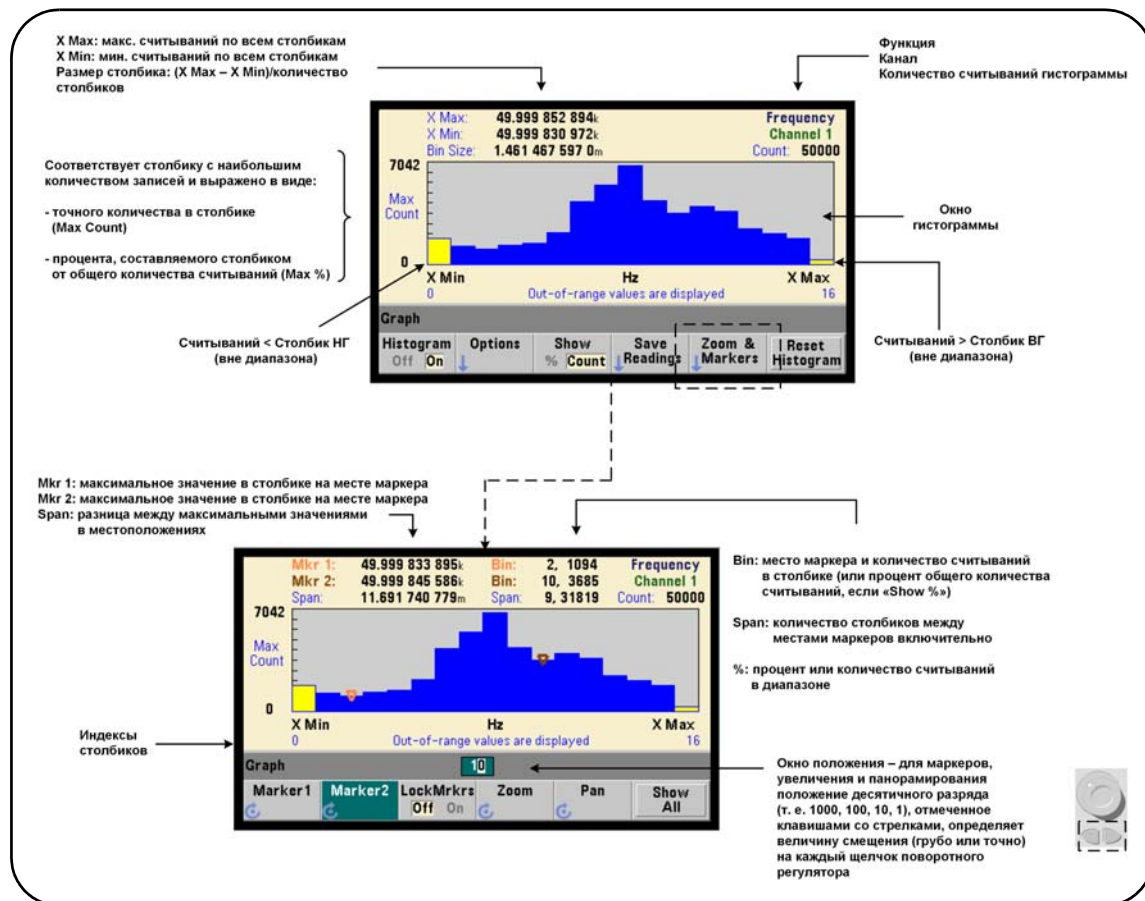


Рисунок 6-6 Формат отображения линейчатой диаграммы

Конфигурация линейчатой диаграммы

Линейчатые диаграммы настраиваются с помощью программных кнопок и команд, показанных на [Рисунке 6-7](#).

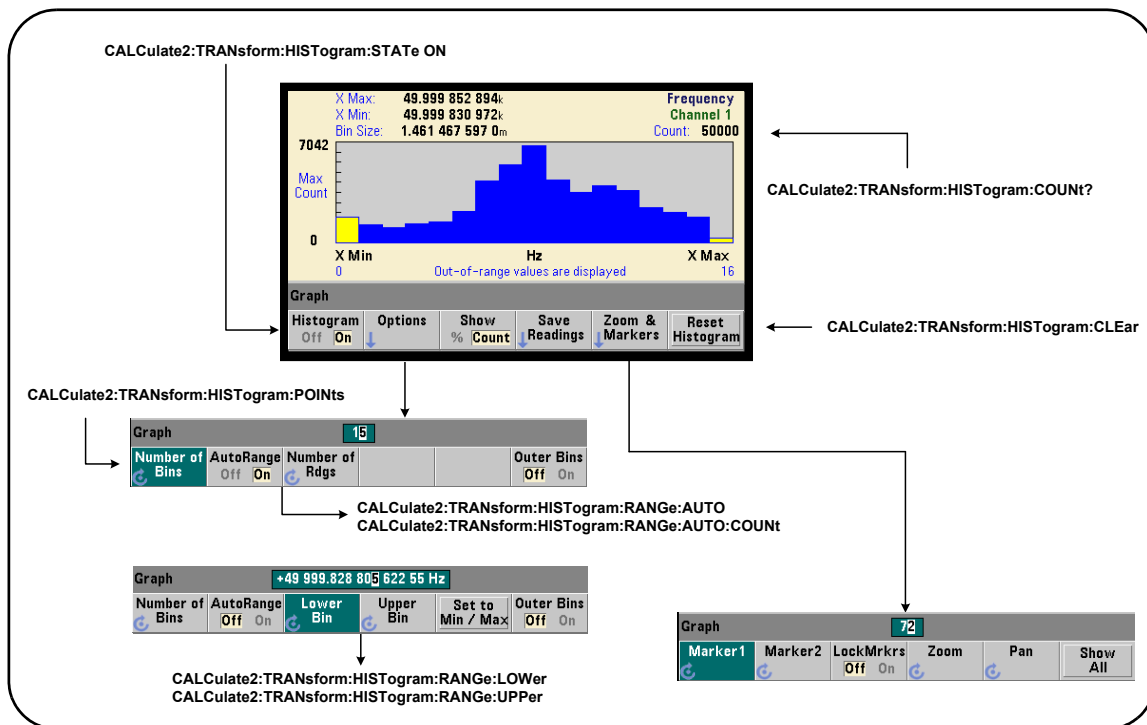


Рисунок 6-7 Линейчатая диаграмма из 15 столбиков (точек)

Расчет линейчатой диаграммы включается следующей командой:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram[:STATe] {OFF|ON}

CALCulate2:TRANSform:HISTogram[:STATe]?

(форма запроса)

ON включает расчет линейчатой диаграммы.

OFF выключает расчет линейчатой диаграммы. После перезагрузки (*RST), предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) или нажатия (**Preset**) на передней панели линейчатой диаграммы отключаются.

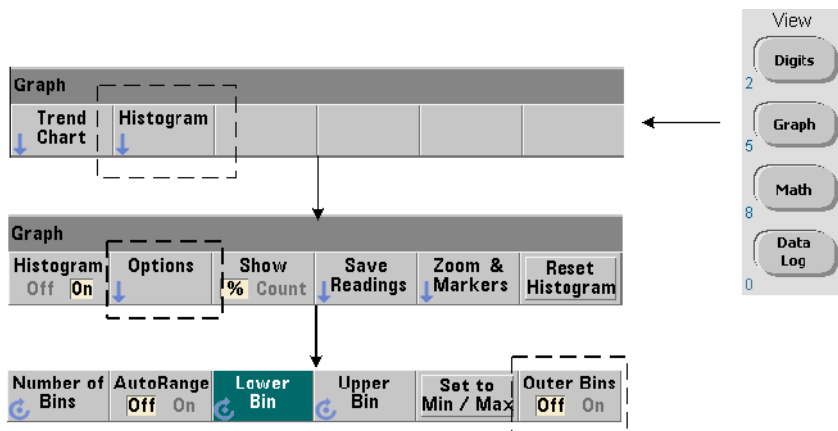
Количество отсчетов, представленных линейчатой диаграммой (Рисунок 6-7), можно узнать следующей командой:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:COUNT?

Настройка линейчатой диаграммы

Частотомер строит линейчатую диаграмму на основании количества столбиков (точек), нижней и верхней границы диапазона.

Количество столбиков



Количество столбиков устанавливается следующей командой:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:POINTS {<значение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:POINTS? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]

(форма запроса)

значение указывает количество столбиков (точек) между нижним и верхним значением диапазона. Значение (value) может находиться в пределах от 10 до 1000. После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) количество столбиков устанавливается на «100».

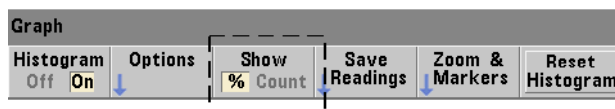
Отображение внешних столбиков

В линейчатую диаграмму **всегда** включаются два дополнительных столбика, независимо от указанного количества. Эти столбики содержат отсчеты менее нижнего предельного значения и выше верхнего предельного значения (**Рисунок 6-5** и **Рисунок 6-6**). Если в любом из столбиков будет больше отсчетов, чем ожидалось, это может означать смещение измеряемых результатов.

Столбики можно просмотреть с помощью программной кнопки **Outer Bins (Внешние столбики)**, и отображение каждого столбика определяется его индексом (**Рисунок 6-6**).

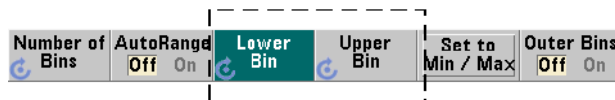
Представление столбика

Программная кнопка:



соответствует **столбику** с наибольшим количеством значений и содержит точное количество (**Count**) или долю в процентах (%) от общего количества отсчетов. Такая настройка доступна только с передней панели.

Нижняя и верхняя границы диапазона



Нижняя и верхняя границы диапазона линейчатой диаграммы указываются напрямую с помощью следующих команд:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:LOWer {<значение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:LOWer?

[{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]

(форма запроса)

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:UPPer {<значение>|MINimum|MAXimum|Default}
 CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:UPPer? [{MINimum|MAXimum|Default}]

(форма запроса)

Здесь значение напрямую указывает нижнюю и верхнюю границы диапазона линейчатой диаграммы. Диапазон значений:

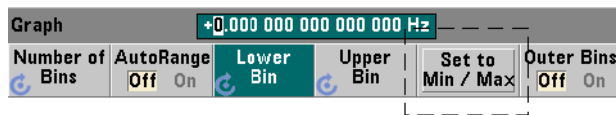
от $-1.E+15$ до $-1.0E-15$, 0.0, от $1.0E-15$ до $1.0E+15$

0.0 — это значение по умолчанию для нижней и верхней границ диапазона, и эти же значения устанавливаются после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet).

При указании границ нужно указать как верхнее, **так и** нижнее значение. **Любой** из следующих шагов предотвратит ошибку «конфликта настроек» (например, нижнее значение диапазона выше верхнего), связанную с порядком установки диапазонов:

- сначала устанавливается верхнее значение диапазона;
- установка обеих границ в одной строке программы;
- включение линейчатой диаграммы *после* установки границ диапазона;
- автоматическая установка диапазона.

Установка минимальных и максимальных значений для границ диапазона столбика



Если установлен параметр **AutoRange Off (Автом. диапазон выкл.)**, программная кнопка **Set to Min/Max (Установить на мин./макс.)** дает еще один метод установить верхнюю и нижнюю границы диапазона для столбиков линейчатой диаграммы. В зависимости от состояния прибора кнопка **Set to Min/Max (Установить на мин./макс.)** будет настраивать диапазоны следующим образом:

- При включенной статистике (Statistics) (настраивается в меню кнопки Math) используются минимальное и максимальное значения из статистики отсчетов.
- Если процесс фиксации отсчетов еще продолжается, а функция статистики отключена, прибор выберет минимальное и максимальное значения из последних зафиксированных отсчетов (не более 10 000).
- Если недоступны предыдущие отсчеты, для диапазона столбика будет установлена минимальная граница 0 и максимальная граница $1\,000\,000\,000.0$.

Автоматическая установка диапазона



Также есть возможность настроить нижнюю и верхнюю границы диапазона на основании минимального и максимального значений среди первых «n» зафиксированных отсчетов.

Автоматический выбор диапазона включается с помощью следующих команд:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO {OFF|ON}

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO? (форма запроса)

ON включает автоматический выбор нижнего и верхнего значений диапазона линейчатой диаграммы.

OFF выключает автоматический выбор.

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet) автоматический выбор диапазона **включается**.

Количество отсчетов, из которых выбираются минимальное и максимальное значения диапазона (ON), устанавливается командой:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO:COUNT

{<значение>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]

(форма запроса)

значение указывает число «n», то есть количество **первых** отсчетов, по которым будут определяться нижняя и верхняя границы диапазона. Можно указать от 10 до 1000 отсчетов.

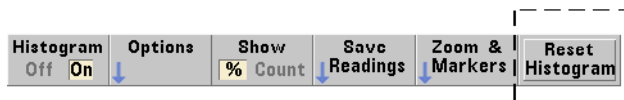
100 — это количество по умолчанию, а также количество, которое устанавливается после перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (SYSTem:PRESet).

Пример: настройка линейчатой диаграммы

В следующем примере создается 15-столбиковая линейчатая диаграмма для 3000 измерений частотомера. Нижнее и верхнее значения диапазона автоматически определяются на основании первых 300 зафиксированных отсчетов.

CONF:FREQ 50E3, (@1)	// настройка измерений частоты
SYST:TIM .1	// тайм-аут измерения 100 мс
TRIG:SOUR BUS	// установка программного источника триггеров
TRIG:COUN 1	// количество триггеров = 1
SAMP:COUN 3000	// 3000 отсчетов на триггер
SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME	// установка источника строба
SENS:FREQ:GATE:TIME 1E3	// время строба 1 мс
DISP:MODE HIST	// режим отображения линейчатой диаграммы
CALC2:TRAN:HIST:POIN 15	// указание 15 столбиков
CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO ON	// автоматический выбор границ диапазона
CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO:COUN 300	// использование первых 300 отсчетов
CALC2:TRAN:HIST:STAT ON	// включение линейчатой диаграммы
INIT	// запуск частотомера
*TRG	// отправка программного триггера

Сброс линейчатой диаграммы



Данные, по которым создана текущая линейчатая диаграмма, очищаются следующими методами:

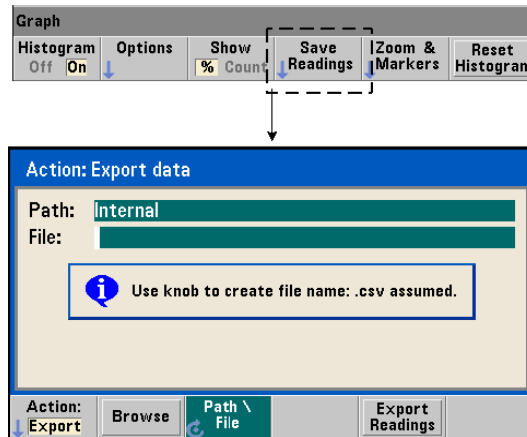
- нажатие программной кнопки **Reset Histogram (Сброс линейчатой диаграммы)**;
- включение/выключение или изменение части линейчатой диаграммы
 - изменение количества столбиков, нижней или верхней границы диапазона;
- новый цикл измерений — INITiate:IMMEDIATE, READ?, MEASure;
- отправка новой команды SCPI или изменение текущего параметра SCPI;
- предварительная настройка или перезагрузка прибора - *RST, SYSTem:PRESet.

Эти действия также удаляют **все** отсчеты из памяти отсчетов и буфера вывода.

Для удаления данных линейчатой диаграммы **без** очистки памяти отсчетов применяется такая команда:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:CLEar[:IMMEDIATE]

Сохранение отсчетов

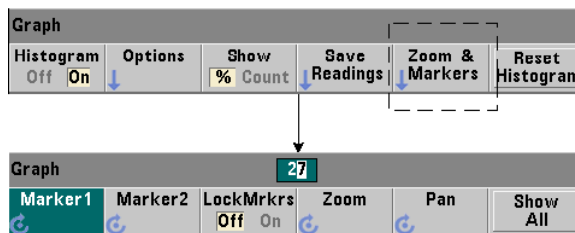


Отсчеты, использованные для создания линейчатой диаграммы, можно сохранить на внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе в формате значений ASCII, разделенных запятыми (CSV), по одной строке на каждые измерения.

Выбор функции **Save Readings (Сохранить отсчеты)** открывает окно действия **Export (Экспорт)**, в котором можно выбрать или создать путь и имя файла. Общее количество экспортированных отсчетов соответствует количеству отсчетов в памяти на момент нажатия кнопки **Export Readings** и может не совпадать с общим количеством отсчетов (TRIGger:COUNT x SAMPlе:COUNT).

Экспортирование отсчетов **очищает память отсчетов** и снова запускает создание линейчатой диаграммы при получении следующего сигнала триггера.

Отображение увеличения и маркеров



ПРИМЕЧАНИЕ

Для функций отображения маркеров, увеличения и панорамирования клавишами со стрелками можно установить положение десятичного разряда (сотни, десятки или единицы), которое будет определять величину смещения (грубо или точно) на каждый щелчок поворотного регулятора.

Graph

72

Программные кнопки из меню **Marker (Маркер)** позволяют разместить маркеры на отдельных столбиках линейчатой диаграммы и при желании заблокировать относительное расстояние между маркерами. При включенной блокировке маркеров перемещение одного из них (**Marker1** или **Marker2**) с помощью поворотного регулятора или клавиши **[Shift]** с набором номера столбика приводит к смещению обоих маркеров с сохранением дистанции между ними. Данные, соответствующие позициям маркеров, отображаются над окном линейчатой диаграммы.

Zoom (Увеличение) определяет количество столбиков, отображаемых при увеличении разрешения в центральной зоне линейчатой диаграммы. При каждой корректировке увеличения индексы **X Min** и **X Max** (Рисунок 6-6) изменяются в соответствии с текущим значением диапазона столбиков.

Функция **Pan (Панорамирование)** позволяет пролистывать линейчатую диаграмму влево или вправо с сохранением масштаба увеличения. Передвигая окно панорамирования, вы можете переместить интересующую вас зону в область просмотра, а повторное применение увеличения позволит развернуть эту зону. В таком режиме применения **Панорамирования** совместно с **Увеличением** сохраняет выбранный масштаб.

Функция **Show All (Показать все)** восстанавливает окно линейчатой диаграммы для показа всех указанных столбиков, включая внешние, и сбрасывает настройки увеличения и панорамирования.

Данные линейчатой диаграммы в числовом формате

Данные, описывающие линейчатую диаграмму, доступны в числовой форме по одной из двух следующих команд:

CALCulate2:TRANSform:HISTogram:ALL?

Возвращает следующую последовательность, разделенную запятыми, описывающую текущую линейчатую диаграмму:

нижнее значение диапазона
 верхнее значение диапазона
 количество зафиксированных отсчетов
 данные столбиков

Данные столбиков включают:

количество измерений, меньших, чем нижнее значение диапазона,
 количество отсчетов в каждом столбике,
 количество измерений, больших, чем верхнее значение диапазона.

Строка данных в следующем примере соответствует 15-столбиковой линейчатой диаграмме на основе 3000 измерений для входного сигнала 50 кГц:

+4.998912590059145E+004,+5.001118414176608E+004,+3000,+0,+4,+8,+27,+71,+221,+422,+612,+695,
 +504,+254,+113,+41,+20,+4,+4,+0

В этом примере нет отсчетов меньше нижнего значения диапазона или больше верхнего значения диапазона.

CALCulate2:TRANsform:HISTogram:DATA?

Возвращает **только данные столбиков** текущей линейчатой диаграммы в следующей последовательности:

количество измерений, меньших, чем нижнее значение диапазона,
 количество отсчетов в каждом столбике,
 количество измерений, больших, чем верхнее значение диапазона.

Графики тренда

Тренды отсчетов для определенного количества измерений (за исключением непрерывного подсчета итогов) или отметки времени можно представить на графике трендов 53210A, который также именуется линейным графиком.

Рисунок 6-8 демонстрирует компоненты типичного графика тренда частотомера.

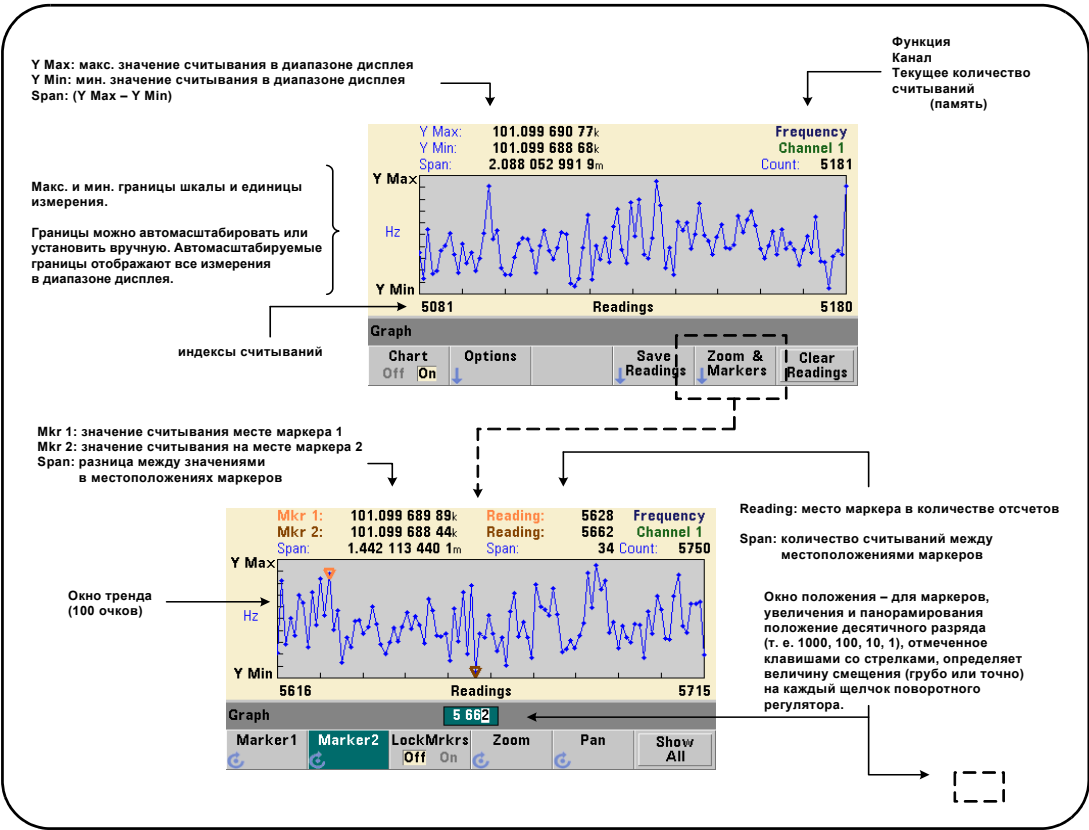
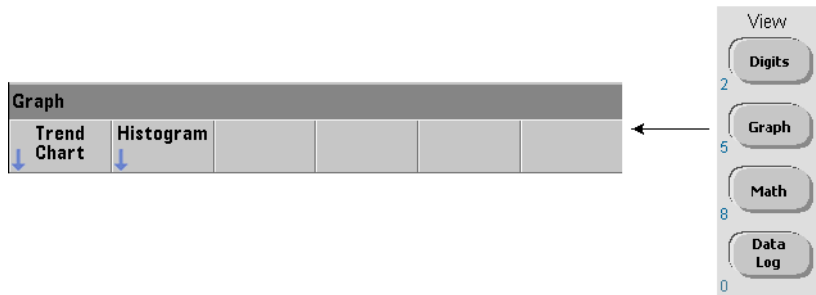


Рисунок 6-8 Формат отображения графика тренда (без прореживания)

Просмотр графиков тренда



При включении питания, перезагрузки (*RST) или предварительной настройки прибора (**Preset**) отображаются числовые данные. Можно переключить отображение на график тренда с помощью следующей команды:

DISPlay[:WINDow]:MODE {NUMeric|HISTogram|TCHart}

DISPlay[:WINDow]:MODE?

(форма запроса)

Режим отображения (TCHart) — это единственный параметр графика тренда, который можно установить программным способом (то есть с использованием команд SCPI). Все остальные параметры графика тренда устанавливаются с помощью **передней панели**.

Нажатие на передней панели кнопки **Graph (График)**, а затем программной кнопки **Trend Chart (График тренда)** запускает создание графика тренда.

Графики тренда соответствуют **всем** отсчетам в памяти для заданного количества триггеров (TRIGger:COUNT) и контрольных точек (SAMPlе:COUNT). Если сигнал триггера непрерывный (то есть триггер — внутренний), график тренда постоянно обновляется.

Настройка графика тренда

Рисунок 6-9 демонстрирует меню программных кнопок, связанное с конфигурацией графика тренда и управлением окна тренда.

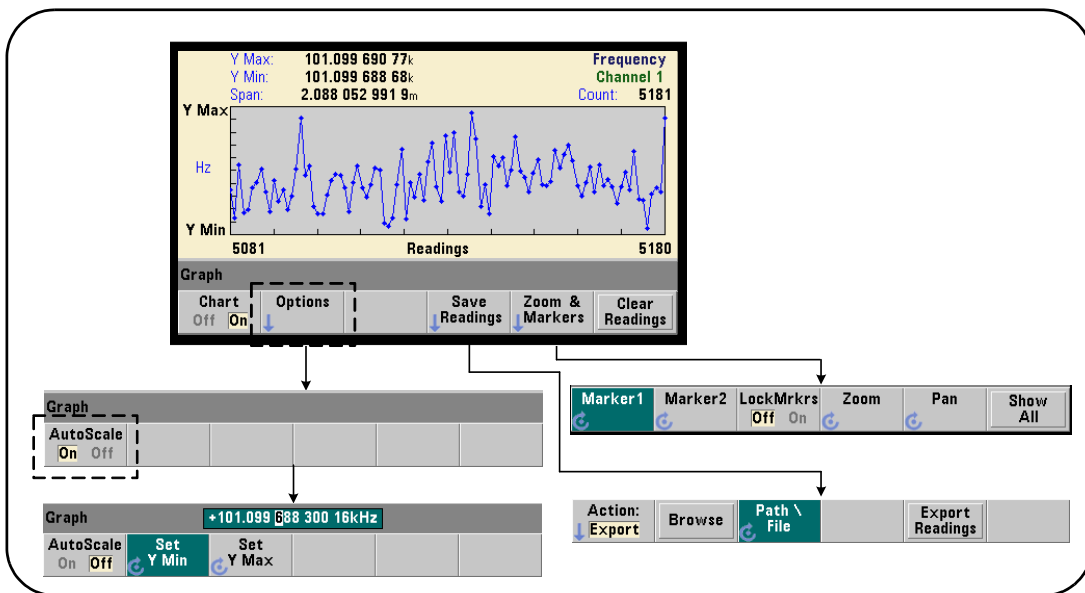


Рисунок 6-9 Настройка и управление графиком тренда

Границы графика тренда

Границы графика тренда (**Y Max** и **Y Min**) могут быть установлены автоматически (**AutoScale On (Автомасштабирование, вкл.)**) или вручную (**AutoScale Off (Автомасштабирование, выкл.)**) с помощью меню программной кнопки **Options (Опции)** (Рисунок 6-9). Если включено автомасштабирование границ, все отсчеты удерживаются в окне тренда. При ручной установке границ (off) некоторые отсчеты могут выходить за пределы окна. Ручная установка границ выполняется с помощью поворотного регулятора или числовыми кнопками с клавишей **[Shift]**.

Если пределы отсчетов установлены с помощью математической функции (**Math**), установка границ **YMax** и **YMin** масштабирует (но не изменяет) пределы в границах **YMax** и **YMin**. **YMax** и **YMin** не могут установить для границы значение меньше, чем пределы отсчета **Math**.

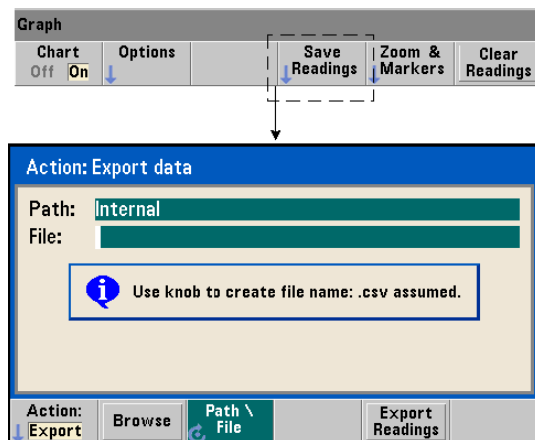
В окне тренда может отображаться не более 100 отсчетов или точек прореживания.

Очистка графика тренда



Очистка графика тренда очищает память отсчетов и снова запускает фиксацию измерений с момента получения следующего триггера.

Сохранение отсчетов

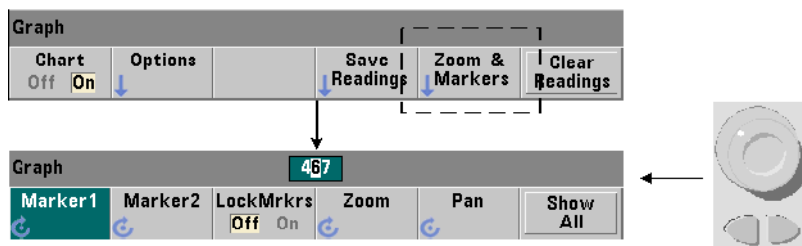


Отсчеты, представленные графиком тренда, можно сохранить на внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе в формате значений ASCII, разделенных запятыми (CSV), по одной строке на каждые измерения.

Выбор функции **Save Readings (Сохранить отсчеты)** открывает окно действия **Export (Экспорт)**, в котором можно выбрать или создать путь и имя файла. Количество экспортированных отсчетов — это количество отсчетов в памяти (**Рисунок 6-8**) на момент нажатия кнопки **Export Readings**, которое может не равняться общему количеству отсчетов (TRIGger:COUNT x SAMPlE:COUNT).

Экспортирование отсчетов **очищает память отсчетов** и при получении следующего сигнала триггера снова запускает создание графика тренда.

Окно увеличения и маркеров



ПРИМЕЧАНИЕ

Для функций отображения маркеров, увеличения и панорамирования клавишами со стрелками можно установить положение десятичного разряда (тысячи, сотни, десятки или единицы), которое будет определять величину смещения (грубо или точно) на каждый щелчок поворотного регулятора.



Программные кнопки из меню **Marker (Маркер)** позволяют разместить маркеры на отдельных отсчетах или точках прореживания на **графике трендов** и при желании заблокировать относительное расстояние между маркерами. При включенной блокировке маркеров перемещение одного из них (**Marker1** или **Marker2**) с помощью поворотного регулятора или клавиши **[Shift]** с набором номера отсчета приводит к смещению обоих маркеров с сохранением дистанции между ними. Данные, соответствующие позициям маркеров, отображаются над окном тренда.

Zoom (Увеличение) определяет количество отсчетов, отображаемых при увеличении разрешения в центральной зоне окна графика трендов. При каждой корректировке увеличения индексы отсчетов (**Рисунок 6-8**) изменяются для отображения текущего диапазона отсчетов.

Функция **Pan (Панорамирование)** позволяет пролистывать график трендов влево или вправо с сохранением масштаба увеличения. Передвигая окно панорамирования, вы можете переместить интересующую вас зону в область просмотра, а повторное применение увеличения позволит развернуть эту зону. В таком режиме применения **Панорамирования** совместно с **Увеличением** сохраняет выбранный масштаб.

С помощью функции **панорамирования** можно просматривать в окне каждый отсчет или точку прореживания — вплоть до 100 отсчетов/точек одновременно.

Функция **Show All (Показать все)** обновляет окно тренда, чтобы отобразить весь текущий набор отсчетов. Отображаются отсчеты с индексами от **0** до их общего количества (**Count**), а также сбрасываются настройки увеличения и панорамирования.

Прореживание отсчетов

Окно трендов может отображать не более 100 отсчетов. Чтобы отобразить **более** 100 отсчетов, они прореживаются, то есть группируются по несколько отсчетов в точки прореживания. Количество отсчетов на одну точку прореживания определяется как **число отсчетов/100**.

Рисунок 6-10 содержит график трендов для 100 000 отсчетов, к которым применяется прореживание.

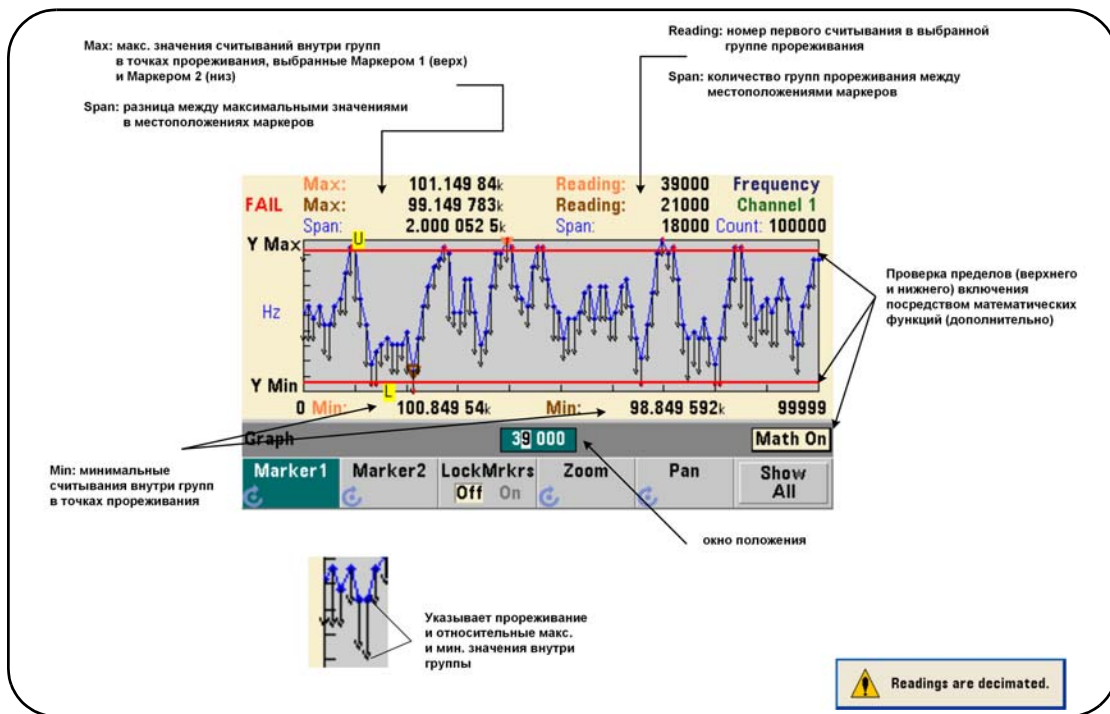


Рисунок 6-10 Формат отображения графика тренда (с прореживанием)

На **Рисунке 6-10** каждая группа прореживания содержит по 1000 отсчетов (общее число отсчетов 100 000 / кол-во отображаемых точек 100). Количество отсчетов в каждой группе будет изменяться при нажатии кнопки **Show All (Показать все)**, если фиксация отсчетов еще продолжается.

Если маркер помещается на точку прореживания, для него отображается номер **первого** отсчета в соответствующей группе. Этот номер будет полезен, если нужно просмотреть отдельные отсчеты из этой группы.

Просмотр отсчетов из группы прореживания Значения отсчетов, сгруппированных в одну точку прореживания, можно просмотреть по отдельности с помощью маркеров и элемента управления **Pan (Панорамирование)** на графике трендов.

- 1 Выберите маркер и с помощью поворотного регулятора переместите его на точку прореживания, которая вам интересна для анализа. Позиция этого маркера будет отмечена номером, который соответствует **первому** отсчету из этой группы. Учтите, что это не обязательно будет максимальное или минимальное значение в этой группе.
- 2 Выберите **Pan (Панорамирование)** и введите полученный номер первого отсчета, нажимая **[Shift]** и цифровые клавиши. Будут отображены 100 **отсчетов** с последовательными индексами, начиная с первого отсчета в выбранной группе.
- 3 Теперь выберите **Marker1** или **Marker2** и выделите самую правую позицию (единицы) в окне положения. Теперь поворотным регулятором перемещайте маркер по одной позиции. При перемещении маркера будут отображаться значения и номера отсчетов.

Если группа прореживания содержит более 100 отсчетов, выберите **Pan (Панорамирование)** и введите новый индекс отсчета, следующий после индекса самого правого отображаемого отсчета (**Рисунок 6-8**), чтобы просмотреть следующие 100 отсчетов.

Регистрация данных

Функция регистрации данных частотомера 53210A позволяет вам регистрировать и анализировать до **1 000 000** отсчетов. Регистрация данных включается и настраивается **только** на передней панели и доступна для всех измерений частотомера, кроме постоянного суммирования.

ПРИМЕЧАНИЕ

Зарегистрированные отсчеты НЕ сохраняются во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB накопителе, пока процесс регистрации не будет завершен. При прекращении подачи питания, если батарея (Опция 300) отсутствует или ее заряд закончится до завершения регистрации, все данные будут потеряны.

Рисунок 6-11 демонстрирует кнопки и окна, связанные с приложением регистрации данных.

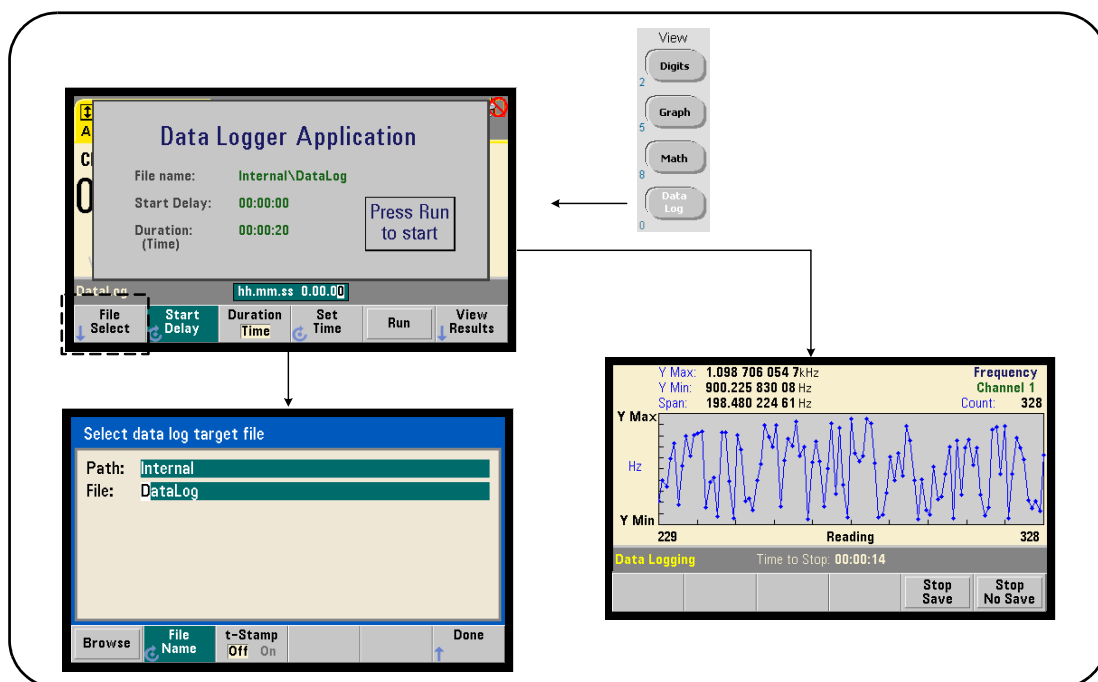


Рисунок 6-11 Запуск регистратора данных частотомера

Настройка регистратора данных

Все зарегистрированные отсчеты **сохраняются** во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-устройстве хранения **после** завершения процесса регистрации. В процессе регистрации и по завершении этого процесса отсчеты отображаются в формате графика тренда (линейного графика).

Регистрация данных выполняется **на протяжении** указанного периода времени или до достижения указанного количества отсчетов для регистрации. После включения регистрации данных вы можете **отложить** ее **запуск** на определенный период времени.

Указание файла журнала регистрации данных



Зарегистрированные отсчеты, сохраненные во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-устройстве хранения, представляют собой значения, разделенные запятыми (CSV) в формате ASCII (по одному измерению на строку). Если путь и имя файла не указаны, используются путь и имя по умолчанию (**Internal\DataLog**).

Выбор диска (**Internal (Внутренний)** или **External (Внешний)**) выполняется в режиме просмотра, а имя файла указывается с помощью поворотного регулятора и курсорных клавиш (для смены символов).

При нажатии кнопки **[Done] (Готово)** путь и имя файла сохраняются, и вы возвращаетесь в меню приложения. Регистрация данных не начнется, если не указан путь и имя файла.

Добавление метки времени в файл журнала регистрации данных

Метка времени (**t-Stamp**) в формате

ггггммдд_ччммсс (например, DataLog_20100925_105535.csv)

добавляется (**On (Вкл.)**) к имени файла по завершении процесса регистрации или при нажатии программной кнопки **Stop Save (Остановка с сохранением)**.

Метка времени также появляется в электронной таблице при открытии файла журнала данных (.csv).

Настройка продолжительности



При настройке по времени (**Time**) продолжительность регистрации указывается в формате чч.мм.сс. Значение устанавливается поворотным регулятором и курсорными клавишами, либо числовыми клавишами с нажатием кнопки **[Shift]**. Выделяя отдельные разряды в окне времени, можно указать большее разрешение (например, минуты и секунды) для времени регистрации.

Максимальный период регистрации данных составляет 99.00.00. Однако, предел по количеству отсчетов (1 000 000) может быть достигнут раньше, чем закончится предел по времени.

При настройке по количеству отсчетов (**Readings**) процесс продолжается, пока не будет завершена регистрация заданного количества отсчетов. Количество отсчетов устанавливается поворотным регулятором и курсорными клавишами, либо числовыми клавишами с нажатием кнопки **[Shift]**. Можно указать не более 1 000 000 отсчетов.

Для функции измерений с меткой времени (**Time Stamp**) доступна только настройка продолжительности по количеству **отсчетов**.

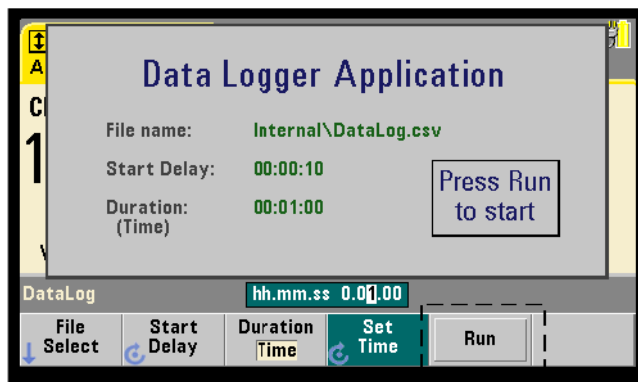
Настройка задержки старта



При необходимости можно настроить задержку по времени, то есть интервал между моментом нажатия кнопки **Run (Запустить)** и началом процесса регистрации данных. Задержка старта указывается в формате чч.мм.сс и устанавливается поворотным регулятором и курсорными клавишами, либо числовыми клавишами с нажатием кнопки **[Shift]**. Выделяя отдельные разряды в окне задержки, можно указать большее разрешение (например, минуты и секунды) для времени задержки.

Максимальная задержка может быть установлена на значение 99:00:00.

Запуск регистратора данных



Нажатие программной кнопки **Run (Запустить)** включает процесс регистрации данных. Регистрация данных начинается по истечении указанного времени задержки, если существуют допустимые путь и имя файла. Путь и имя файла по умолчанию (Internal\DataLog)

используются при запуске приложения регистрации данных. Выберите **Yes (Да)**, чтобы перезаписать файл и начать процесс.

Просмотр отсчетов



График тренда заполняется по мере регистрации отсчетов. **По завершении** регистрации данных отсчеты сохраняются в указанном файле. Нажатие кнопки **View Results (Просмотр результатов)** после остановки регистрации и сохранения отсчетов или по завершении регистрации позволяет отобразить график тренда по сохраненным отсчетам.

Рисунок 6-12 представляет пример графика тренда, отображаемого в процессе регистрации отсчетов. (**Рисунок 6-8** и **Рисунок 6-10** содержат дополнительную информацию об окне графика тренда.)

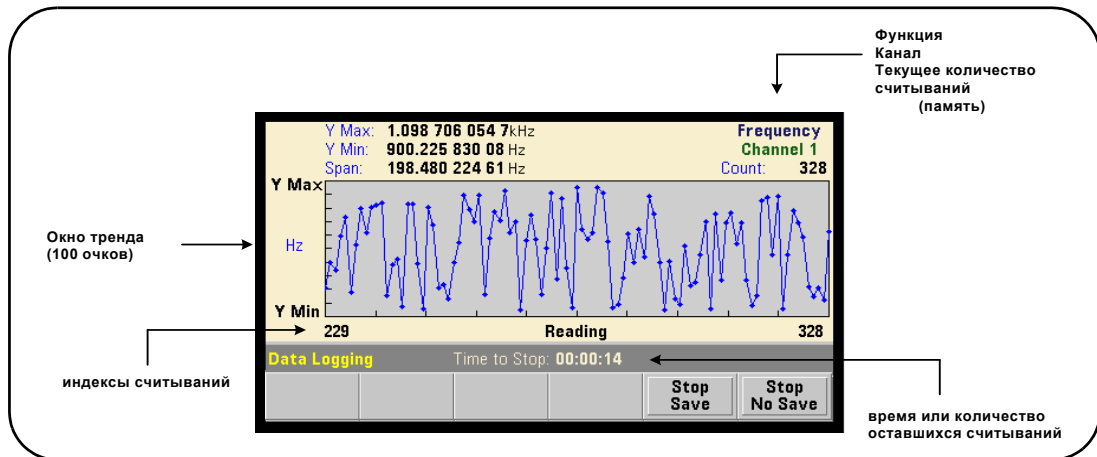


Рисунок 6-12 Отображение графика тренда в процессе регистрации данных

По завершении регистрации для просмотра данных можно использовать программные кнопки **Marker (Маркер)**, **Pan (Панорамирование)** и **Zoom (Увеличение)**. Обратите внимание, что нажатие кнопки **Graph (График)** и программной кнопки **Trend Chart (График тренда)** не сохраняет данные на дисплее.

Если зарегистрировано более 100 отсчетов, они прореживаются, то есть группируются по несколько отсчетов в точки прореживания (см. разделы «**Графики тренда**» и «**Прореживание отсчетов**»).

Остановка приложения

Нажатие кнопки **Stop Save (Остановка с сохранением)** или **Stop No Save (Остановка без сохранения)** останавливает процесс регистрации данных, даже если еще не достигнуты заданные значения времени и количества отсчетов. Все отсчеты, зарегистрированные на данный момент, сохраняются или удаляются, в зависимости от того, какая из кнопок была нажата.

Графические функции и память отсчетов

Рисунок 6-13 описывает, какие изменения в памяти отсчетов происходят при предварительной настройке статистики и линейчатых диаграмм, а также при очистке графиков трендов.

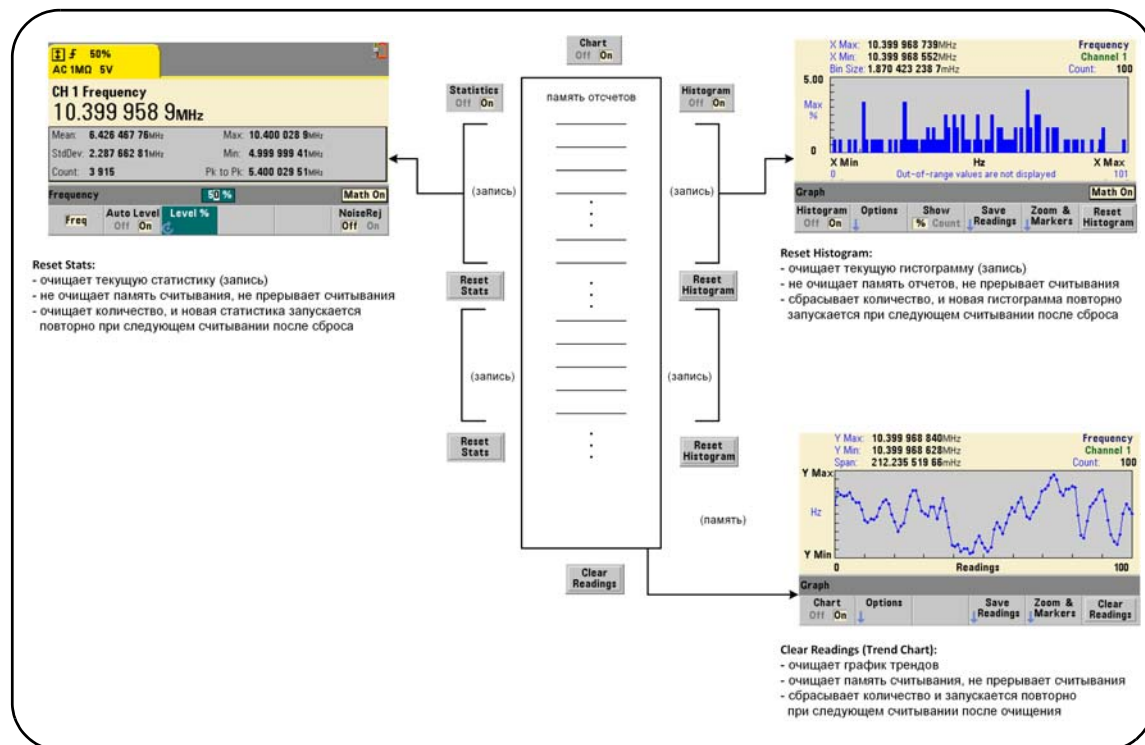


Рисунок 6-13 Память отсчетов и сброс/очистка графиков

7 Форматы и поток данных

Форматы отсчетов и поток данных	190
Файловая система частотомера	200

Частотомер Keysight 53210A позволяет настроить формат измерений (отсчетов) и расположение для хранения данных. Оба этих параметра влияют на скорость работы.

В этой главе описывается настройка параметров данных и перемещение информации (в том числе результатов измерений) внутри прибора.

Форматы отсчетов и поток данных

Формат данных (отсчетов) указывается для ситуаций, в которых нужен конкретный формат данных (ASCII, REAL). Данные преобразуются к выбранному формату в процессе передачи данных в буфер вывода или переноса данных **из** памяти отсчетов.

Для указания формата данных используется следующая команда:

FORMat[:DATA] {ASCII|REAL}[,<длина>]
FORMat[:DATA]? (форма запроса)

Форматы и соответствующие длины описаны в **Таблице 7-1**.

Таблица 7-1 Форматы данных частотомера

Тип	Представление	Длина
ASCII	+4.57538162393720E+006	15 (цифр)
REAL	формат произвольного блока с фиксированной или неизвестной длиной	64 (бита)

Формат **ASCII** содержит символы в кодировке ASCII. Все отсчеты разделяются запятыми. Прибор всегда возвращает **15 значащих цифр**.

Формат **REAL** содержит двоичные данные IEEE 754 (**64-битные**). Эти данные можно передавать в блоках IEEE 488.2 фиксированной или неизвестной длины. Порядок байтов устанавливается командой **FORMat:BORDer**.

Блок неизвестной длины: # 0 <8-битные байты данных> NL ^END
(при использовании MEASure?, READ?, FETCh?)

Блок фиксированной длины: # <цифра, отличная от нуля> <длина блока> <8-битные байты данных>
(при использовании R?, DATA:REMove?)

<Цифра, отличная от нуля> обозначает количество цифр, соответствующее <длине блока>. <Длина блока> обозначает количество следующих за ней 8-битных байтов данных.

Формат ASCII устанавливается каждый раз при перезагрузке (*RST) или предварительной настройке с передней панели (**PRESet**). В обоих форматах после последнего отсчета добавляются перевод строки (LF) и символ «конец или идентификация» (EOI).

Указание формата

Форматы данных можно определить при настройке частотомера следующим фрагментом команд:

```
CONF:FREQ 1.0E6
FORM REAL, 64
SAMP:COUN 5
INIT
FETC?
```

Этот фрагмент сохраняет в памяти измерения, полученные по команде INIT. Когда команда FETC? извлекает данные из памяти в буфер вывода, данные преобразуются в формат REAL.

Настройка порядка байтов при передаче блоков

Передача данных в формате блоков REAL фиксированной или неопределенной длины (**Таблица 7-1**) при использовании команд READ?, FETCh?, R? или DATA:REMove? выполняется с порядком байтов «от старшего к младшему» (NORMal), то есть первым отправляется старший (более значимый) байт значения. Следующая команда позволяет явным образом указать или изменить порядок байтов:

```
FORMat:BORDer {NORMal | SWAPped}
```

```
FORMat:BORDer?
```

(форма запроса)

Если используется порядок байтов «от младшего к старшему» (SWAPped), то для каждой точки данных (отсчета) первым отправляется младший (менее значимый) байт. Почти все компьютеры используют порядок байтов «от младшего к старшему».

После перезагрузки (*RST) или предварительной настройки с передней панели (**Preset**) устанавливается порядок байтов «от старшего к младшему» (NORMal).

Размер передачи отсчета

Каждый отсчет, считываемый из буфера вывода в формате ASCII, занимает 23 байта. Отсчет в формате REAL занимает восемь байтов.

Поток данных

Поток данных об измерениях в частотомере схематично представлен на [Рисунке 7-1](#).

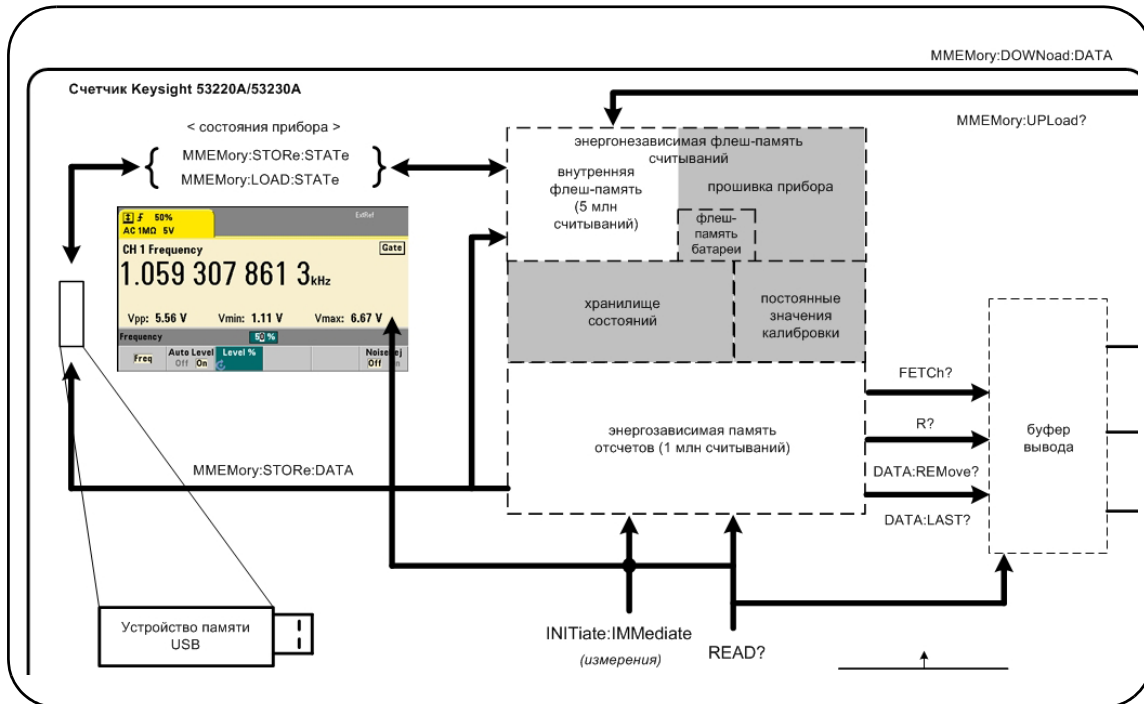


Рисунок 7-1 Поток данных в частотомере 53210A

Данные отсчетов могут храниться на **передней панели**, в **памяти отсчетов** (временной), **буфере вывода**, **внутренней флеш-памяти** (постоянной) и на **внешнем USB-накопителе**.

Команды для поддержки потока данных перечислены в [Таблице 7-2](#) и подробно описаны в следующих параграфах.

Таблица 7-2 Команды, влияющие на поток данных

Команда	Допустимые расположения	Передача отсчетов	Очистка памяти отсчетов	Допустимость во время измерений
READ?	Передняя панель Память отсчетов Буфер вывода	Все	Нет	Нет
INITiate:IMMediate	Передняя панель Память отсчетов	—	Да	Нет
FETCh?	Память отсчетов Буфер вывода	Все	Нет	Нет
R?	Память отсчетов Буфер вывода	Все или конкретный отсчет	Да	Да
DATA:REMOve?	Память отсчетов Буфер вывода	Конкретный отсчет	Да	Да
DATA:LAST?	Память отсчетов Буфер вывода	1	Нет	Да
MMEMORY:STORe: DATA	Память отсчетов Внутренняя флеш-память, внешний USB-накопитель	Все	Нет	Нет

Дисплей передней панели

Измерения частотомера, выполняемые с **передней панели** или через интерфейс ввода-вывода, отображаются на дисплее, как показано на **Рисунке 7-1**. Описание функций дисплея приводится в **Главе 1**.

Память отсчетов

Все отображаемые отсчеты частотомера сохраняются во **временной памяти отсчетов** (**Рисунок 7-1**). Память вмещает до 1 миллиона отсчетов. Память отсчетов имеет следующие характеристики:

- 1 Память отсчетов очищается при смене активной функции, при выполнении команд READ?, INITiate:IMMediate или MEASure?, после выключения или перезагрузки по питанию, а также при перезагрузке (*RST) и предварительной настройке (SYSTem:PRESet);

- 2 Все отсчеты **сохраняются** во внутреннем формате частотомера, а запрограммированный формат (через подсистему FORMat) применяется к ним только при передаче в буфер вывода;
- 3 При превышении объема **памяти отсчетов** затираются самые старые (первые) значения отсчетов, а в регистре некачественных результатов устанавливается бит 14 («Переполнение»). Все свежие результаты сохраняются в памяти.

Буфер вывода

Данные, поступившие в буфер вывода, можно передать на компьютер через сетевой интерфейс, USB-порт или интерфейс GPIB (**Рисунок 7-1**). В следующем разделе описывается процесс передачи отсчетов из памяти в буфер. Если в процессе передачи достигается предел емкости **буфера вывода**, выполнение команды приостанавливается до тех пор, пока компьютер не примет очередную порцию отсчетов, освобождая место в буфере. Отсчеты при этом не будут потеряны.

Передача отсчетов из памяти в буфер вывода

Следующие команды позволяют передать отсчеты из временной памяти отсчетов в буфер.

READ? — равнозначно выполнению INITiate:IMMediate непосредственно перед FETCh?. При выполнении READ?, когда будут завершены и помещены в память **все** отсчеты, указанные значениями TRIGger:COUNt и SAMPlе:COUNt, они немедленно передаются в **буфер вывода** (**Рисунок 7-1**).

Если используется формат данных REAL (подсистема FORMat), каждый блок отсчетов из команды READ? дополняется предшествующим заголовком блока IEEE 488.2 с неизвестной длиной (**Таблица 7-1**). Исходя из функции этой команды, READ? всегда должна быть последней в одной строке с несколькими командами.

READ? Пример

```
// измерения частоты для сигнала 500 кГц с точностью до мкГц
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1)           // настройка частотомера
TRIG:COUN 1                           // настройка количества триггеров
SAMP:COUN 10                           // фиксация 10 отсчетов
READ?                                  // считывание всех отсчетов, когда они будут готовы
```

FETCh? — используется после команды **INITiate:IMMediate**. Когда будут готовы **все** измерения, указанные значениями **TRIGger:COUNT** и **SAMPlе:COUNT**, команда **FETCh?** передает все отсчеты из памяти отсчетов в буфер вывода. Поскольку это действие **не очищает память отсчетов**, вы можете неоднократно получать отсчеты из памяти с помощью этой команды. Если при выполнении команды **FETCh** в памяти нет готовых отсчетов или выполняются измерения, создается ошибка **err-230** «Данные повреждены или устарели».

Если используется формат данных **REAL** (подсистема **FORMat**), каждый блок отсчетов из команды **FETCh?** дополняется предшествующим заголовком блока **IEEE 488.2** с неизвестной длиной (**Таблица 7-1**). Исходя из функции этой команды, **FETCh?** всегда должна быть последней в одной строке с несколькими командами.

FETCh? Пример

```
// измерения частоты для сигнала 500 кГц с точностью до мГц
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1)      // настройка частотомера
TRIG:COUN 1                      // настройка количества триггеров
SAMP:COUN 10                     // фиксация 10 отсчетов
INIT:IMM                         // запуск частотомера на выполнение отсчетов
FETCh?                           // получение отсчетов из памяти по готовности
```

R? [<максимальное кол-во>] — используется после команды **INITiate:IMMediate**. Передает все отсчеты из памяти отсчетов (начиная с самого старого), но **не более** того количества, которое указано значением «максимальное количество», в буфер вывода, а затем **очищает** эти отсчеты.

В отличие от **FETCh?**, команда **R?** позволяет передать результаты до достижения заданного количества отсчетов (**TRIGger:COUNT** x **SAMPlе:COUNT**), чтобы избежать переполнения памяти. Если при выполнении команды **R?** в памяти нет готовых отсчетов или выполняются измерения, создается ошибка **err-230** «Данные повреждены или устарели».

Отсчеты передаются в виде блока с фиксированной длиной (**Таблица 7-1**) в формате **ASCII** или **REAL** (двоичном) (подсистема **FORMat**). Первым передается самый старый отсчет (обработка «в порядке поступления»).

R? Пример

```
// измерения частоты для сигнала 500 кГц с точностью до мкГц
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1)      // настройка частотомера
TRIG:COUN 2                      // настройка количества триггеров
SAMP:COUN 2500                   // кол-во отсчетов на триггер
INIT:IMM                        // запуск частотомера на выполнение отсчетов
```

ожидание в течение 2500 секунд

```
R? 2500                          // считывание и удаление первых 2500 отсчетов
```

ожидание в течение 2500 секунд

```
R?                               // считывание и удаление всех оставшихся отсчетов
```

DATA:REMove? <кол-во>[ОЖИДАНИЕ] — выполняется после INITiate:IMMediate и передает указанное количество отсчетов в буфер вывода, а затем **удаляет** их из памяти отсчетов. В отличие от FETCh?, команда DATA:REMove? позволяет передать результаты до достижения заданного количества отсчетов (TRIGger:COUNt x SAMPlе:COUNt), чтобы избежать переполнения памяти. Но параметр количество здесь является обязательным, а значит нужное кол-во отсчетов должно быть доступно, чтобы команда их удалила. Если добавить значение ОЖИДАНИЕ, команда будет ожидать, пока накопится нужное кол-во отсчетов. Это позволит избежать ошибки -222, «Данные за пределами диапазона», когда нет необходимого количества отсчетов.

Если используется формат REAL (подсистема FORMat), отсчеты передаются блоками с фиксированной длиной (**Таблица 7-1**). Первым передается самый старый отсчет (обработка «в порядке поступления»).

DATA:REMove? Пример

```
// измерения частоты для сигнала 500 кГц с точностью до мкГц
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1)      // настройка частотомера
TRIG:COUN 2                      // настройка количества триггеров
SAMP:COUN 2500                   // кол-во отсчетов на триггер
INIT:IMM                        // запуск частотомера на выполнение отсчетов
DATA:REM? 2500, WAIT             // ожидание и считывание первых 2500 отсчетов
DATA:REM? 2500, WAIT             // ожидание и считывание последних 2500 отсчетов
```

DATA:LAST? возвращает последний зафиксированный отсчет **с указанием единиц измерения** (Гц, с). Полученный отсчет не удаляется из памяти. Эту команду можно безопасно вызывать до достижения установленного количества отсчетов (TRIGger:COUNT x SAMPlе:COUNT).

DATA:LAST? Пример

```
// измерения частоты для сигнала 500 кГц с точностью до мкГц
CONF:FREQ 500E3, 1E-6, (@1)      // настройка частотомера
TRIG:COUN 1                      // настройка количества триггеров
SAMP:COUN 100                   // фиксация 100 отсчетов
INIT:IMM                        // запуск частотомера на выполнение отсчетов
```

ожидание в течение 20 секунд

```
DATA:LAST?                      // получение отсчетов (с единицами измерения) через 20 секунд после
начала работы
FETC?                          // получение всех отсчетов из памяти по готовности
```

Типичный пример подмножества данных выглядит так:

```
+4.999962418998650E+005 HZ
...+4.999962370997962E+005,+4.999962418998650E+005,+4.999962407190446E+005,+4.99996244355
9675E+005, ...
```

Запрос количества отсчетов

Чтобы узнать количество отсчетов, размещенных в памяти в любой момент времени, используйте эту команду:

DATA:POINts?

Количество накопленных отсчетов можно получить до достижения заданного количества отсчетов (TRIGger:COUNT x SAMPlе:COUNT).

Установка порогового значения для количества отсчетов, сохраняемых в памяти

Следующая команда позволяет установить пороговое значение для количества отсчетов во временной памяти частотомера:

DATA:POINts:EVENT:THReshold <кол-во>

DATA:POINts:EVENT:THReshold?

(форма запроса)

— как только в памяти отсчетов накопится указанное количество отсчетов, в регистре стандартных операций устанавливается бит 12 («Достигнуто пороговое значение для отсчетов в памяти»). Отслеживая состояние этого бита, вы сможете передать отсчеты из памяти в буфер вывода сразу, как только накопится нужное количество отсчетов.

При достижении порогового значения его отслеживание прекращается и возобновится только после того, как количество отсчетов в памяти опустится ниже заданного порогового значения.

Пример порогового значения для памяти

(Обратите внимание, что этот же пример содержится на компакт-диске со справочными материалами о продукте Keysight 53210A/53220A/53230A.)

Эта программа настраивает частотомер на выполнение 1 250 000 отсчетов.

Поскольку емкость временной памяти отсчетов составляет всего 1 000 000 отсчетов, память переполнится и старые значения будут удаляться, если вовремя не передать их в буфер. Чтобы избежать переполнения памяти, здесь устанавливается и отслеживается пороговое значение для количества отсчетов. Когда количество хранящихся в памяти отсчетов достигает этого значения, из памяти извлекаются все накопленные данные.

```

*RST;*CLS // сброс на начало из известного состояния
SYST:TIM .001 // установка тайм-аута измерения 1 мс
CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // настройка измерений
TRIG:COUN 5 // отправка 5 триггеров системы
SAMP:COUN 250E3 // фиксация 250 тысяч отсчетов по каждому триггеру
FORM:DATA REAL, 64 // установка двоичного формата данных
DATA:POIN:EVEN:THR 10E3 // установка порогового значения 10 000 для памяти
INIT // запуск отсчетов
// выполнение цикла ожидания, пока не будут получены все отсчеты
For (cnt=0;cnt<1.25E6;cnt +=10000)
Do
{spoll=STAT:OPER:COND?; // опрос регистра состояний
sleep (100) // ожидание 100 мс
}while !(spoll&4096) // повтор цикла, пока не будет достигнуто предельное
// значение
R? 10E3 // получение отсчетов из памяти блоками по 10 000

```

Файловая система частотомера

Измерения, накопленные во временной памяти отсчетов, и состояния конфигурации частотомера можно сохранить в файлах на **внутренней** постоянной флеш-памяти или на **внешнем** USB-накопителе, подключенном к порту периферийных устройств на передней панели (**Рисунок 7-1**).

Файлы создаются в папках и подпапках относительно корня диска. Соотношения между файлами и папками во внутренней флеш-памяти и на внешнем USB-накопителе представлены на **Рисунке 7-2**.

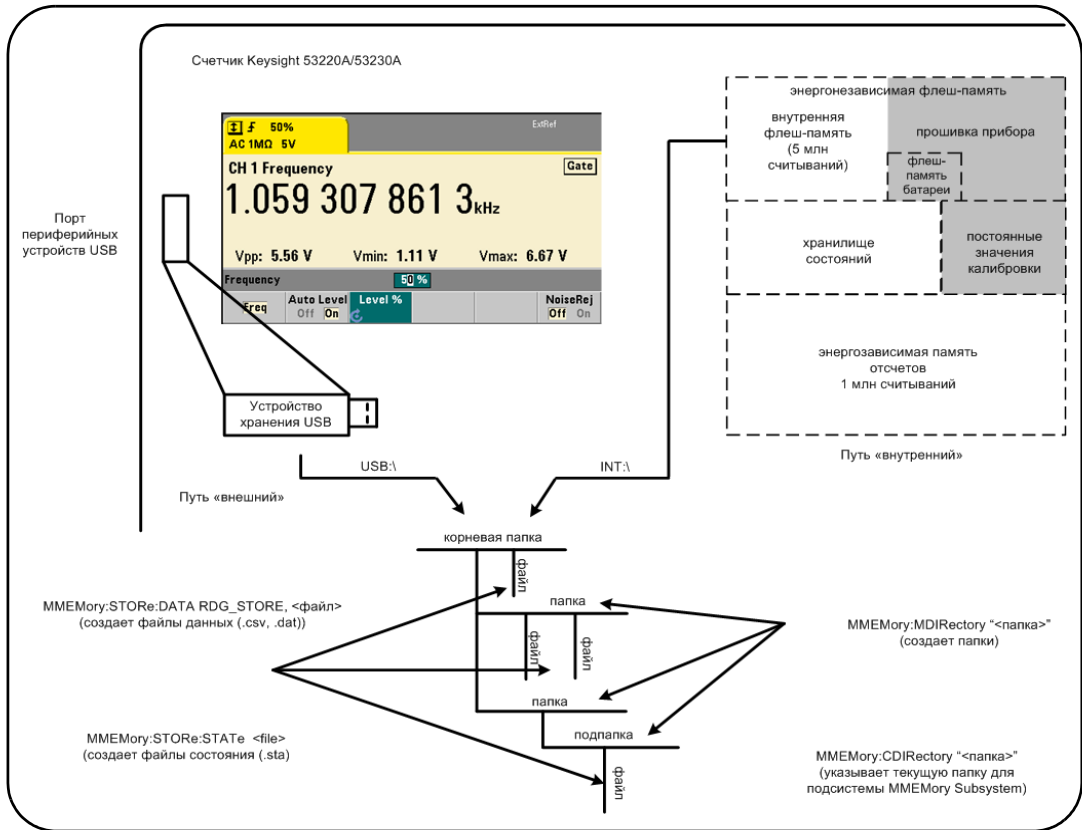
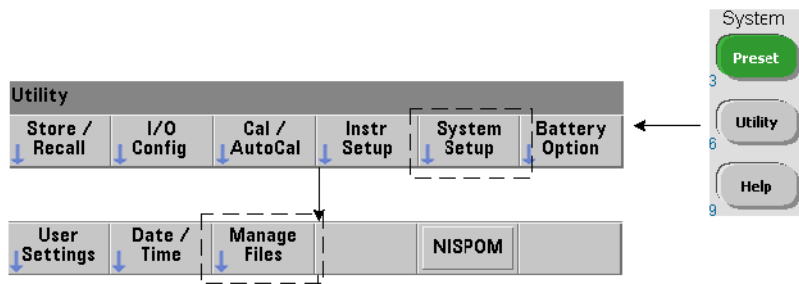


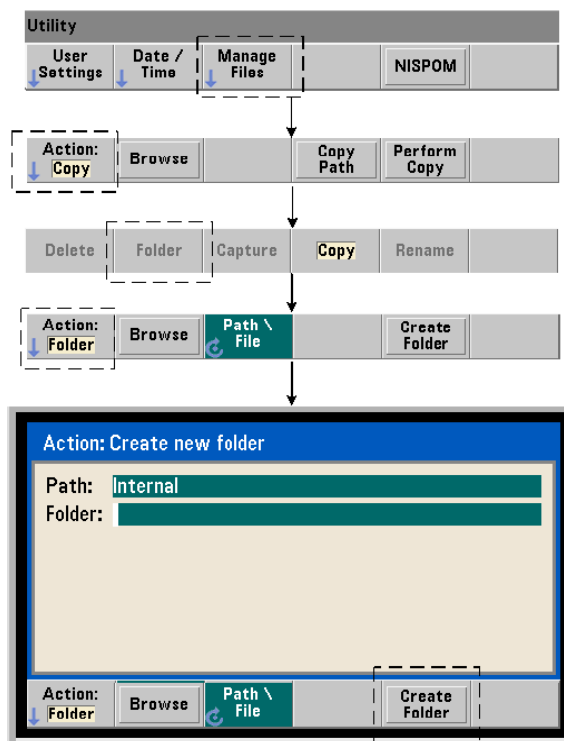
Рисунок 7-2 Файлы и папки во внутренней флеш-памяти и на внешнем USB-накопителе

Создание файлов и папок во внутренней флеш-памяти и на внешнем USB-накопителе



В следующих разделах описаны процессы создания файлов и папок во внутренней флеш-памяти и на внешнем USB-накопителе.

Создание папок



Для создания папок и подпапок воспользуйтесь этой командой:

MMEMory:MDIRectory "<папка>"

- Параметр папка указывается в формате диск:путь. Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Параметр путь задает абсолютный или относительный путь, начинаясь с символа \ или /. По умолчанию используется путь INT:\.

Параметр папка может иметь длину не более 240 символов, и имена папок не могут содержать символов \ / : * ? " < > |. Примеры создания папок:

//создание папки «dut_1» с подпапкой «data1» в корне

//диска во внутренней флеш-памяти

MMEM:MDIR "INT:\dut_1"

MMEM:MDIR "INT:\dut_1\data1"

Обратите внимание, что папку с подпапкой не удастся создать одной командой.

Ввод имени папки с передней панели

Когда отображается окно «**Создание новой папки**», представленное на предыдущей странице, введите имя папки (или файла) следующим образом:

- 1 Нажмите программную кнопку **Browse (Просмотр)** и поверните регулятор на передней панели, чтобы выбрать внутреннюю флеш-память (Internal) или внешний USB-накопитель (External), если он подключен к порту периферийных устройств на передней панели. Нажмите программную кнопку **Select (Выбор)**, чтобы подтвердить выбор диска.
- 2 Чтобы создать имя папки, поочередно выбирайте символы поворотом регулятора. Регулятор перебирает символы в следующем порядке: A-Z (буквы в верхнем регистре), a-z (буквы в нижнем регистре), цифры от 0 до 9, некоторые дополнительные символы, десятичная точка (.), подчеркивание (_) и пробел. Найдя очередной нужный символ, нажмите клавишу со стрелкой вправо (>) под поворотным регулятором, чтобы перейти к символу в следующей позиции.
- 3 Повторяйте этот процесс, пока не введете имя полностью. Клавиша со стрелкой влево (<) позволяет удалить и изменить предыдущий символ. Если указать вместо символа пробел, этот символ удаляется. Нажмите **Create Folder (Создать папку)**, чтобы создать папку с введенным именем.

Выбор папки по умолчанию

Указав некоторую папку в качестве текущей (по умолчанию) папки, вы избавитесь от необходимости вводить полный абсолютный путь при создании и (или) использовании каждой подпапки и (или) файла. Используйте команду:

MMEMory:CDIRectory "<папка>"

MMEMory:CDIRectory?

(форма запроса)

Эта команда назначает указанную папку в качестве **текущей папки** для всех последующих команд подсистемы MMEMory. Здесь папка имеет формат диск:путь (описание формата для записи диск:путь см. в описании команды MMEMory:DIRectory).

Например, так вы можете создать папки dut_1 и data1:

//создание папки «dut_1» и выбор ее в качестве текущей папки

//создание подпапки «data1»

MMEM:MDIR "INT:\dut_1"

MMEM:CDIR "INT:\dut_1"

MMEM:MDIR "data1"

При указании имени папки используется значение **текущей** папки. Если текущая папка (MMEM:CDIR) **не была** указана, и в команде отсутствует имя диска (INT или USB), по умолчанию используется диск INT:. Пример:

MMEM:MDIR "dut_2"

создает папку 'dut_2' в корне диска INT.

Перезагрузка (*RST) или предварительная настройка (SYSTem:PRESet) изменяют указанное для частотомера значение на корневую папку файловой системы во внутренней флеш-памяти («INT:\»).

Создание файлов данных

Информацию о том, как сохранять данные измерений с передней панели прибора, вы найдете в разделах «**Линейчатые диаграммы**» или «**Графики тренда**» и «**Регистрация данных**» в Главе 6.

Для переноса данных и памяти отсчетов в файл на внутренней флеш-памяти или внешнем USB-накопителе (**Рисунок 7-1** и **Рисунок 7-2**) можно использовать следующую команду:

MMEMory:STOR:DATA RDG_STORE, "<файл>"

При ее выполнении <файл> автоматически создается с именем, указанным в формате [диск:путь]<имя_файла>. Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Параметр путь задает абсолютный или относительный путь с именем папки. Если здесь указывается папка, она должна быть предварительно создана.

Общая длина имени файла с папкой не должна превышать 240 символов и не может содержать символов \ / : * ? " < > |.

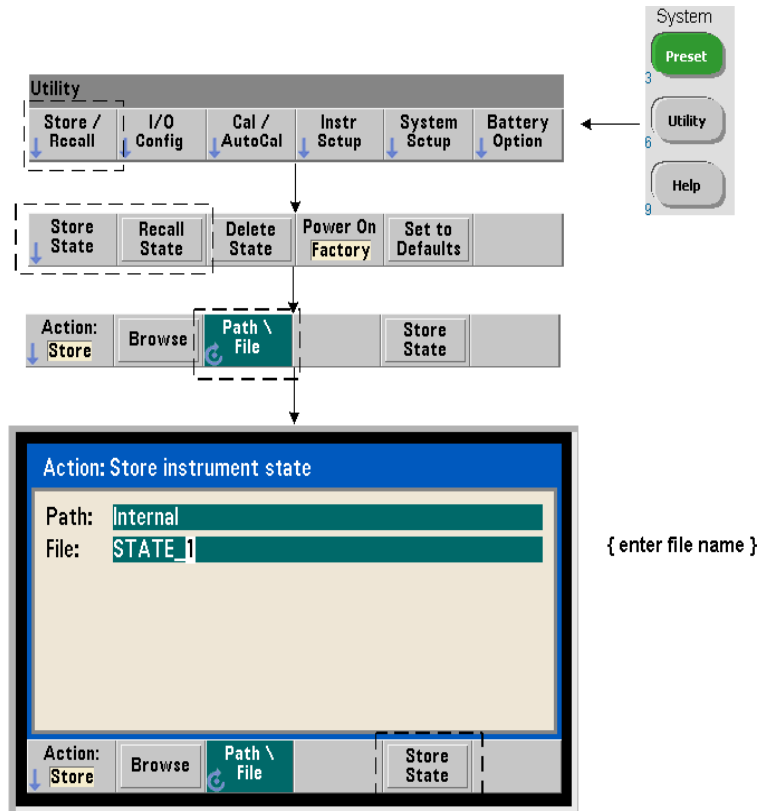
Формат отсчетов для передачи определяется расширением файла, указанным в параметре имя_файла. Если указано расширение .csv, данные сохраняются в текстовом формате ASCII с разделителями-запятыми, по одному измерению на строку. Если указано расширение .dat, данные сохраняются в двоичном формате REAL с порядком байтов «от младшего к старшему».

Следующий набор команд создает папку на подключенном USB-накопителе, выполняет набор измерений частоты, а затем создает в этой папке файл и копирует в него полученные из временной памяти данные.

Пример создания файла данных

MMEM:MDIR "USB:\dut_1"	// создание папки на USB-накопителе
MMEM:CDIR "USB:\dut_1"	// назначение текущей папки по умолчанию
CONF:FREQ 100E3,(@1)	// настройка измерений
SAMP:COUN 50	// выполнение 50 измерений
INIT	// запуск измерений
*WAI	// ожидание завершения всех отсчетов
MMEM:STOR:DATA RDG_STORE, "data1.csv"	// создание файла
и копирование данных	

Создание файлов состояния



Состояния прибора можно сохранить на внутренней флеш-памяти и (или) на внешнем USB-накопителе, чтобы впоследствии восстановить определенную конфигурацию прибора (Рисунок 7-2).

Для сохранения и загрузки состояний прибора можно применить следующие команды:

MMEMory:STORe:STATe <“файл”>

MMEMory:LOAD:STATe <“файл”>

Указанный <файл> автоматически создается при выполнении команды STORE. Этот параметр указывается в формате “[диск:путь]<имя_файла>”. Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Параметр путь задает абсолютный или относительный путь с именем папки. Если здесь указывается папка, она должна быть предварительно создана (см. описание команды MMEMory:MDIRectory).

Общая длина имени файла с папкой не должна превышать 240 символов и не может содержать символов \ / : * ? “ < > |. Файлы состояния сохраняются с расширением .sta.

Пример файла состояния

Следующий пример демонстрирует взаимодействие между папками, созданными с помощью передней панели, и файлами состояния, которые создаются и сохраняются программным способом. Для выполнения этой последовательности команд с **передней панели** на внутреннем флеш-диске была создана папка SETUP_1. Затем она программным способом выбирается в качестве текущей, и в ней сохраняется (а затем считывается) файл состояния.

MMEM:CDIR “INT:\SETUP_1” // назначение текущей папки по умолчанию

настройка прибора программным способом или через переднюю панель

MMEM:STOR:STAT “test1.sta” // сохранение конфигурации

восстановление конфигурации (состояния) в любой момент после сохранения (даже после перезагрузки по питанию)...

MMEM:LOAD:STAT “INT:\SETUP_1\test1.sta” // загрузка состояния

Сохранение состояний с помощью передней панели

Когда прибор **полностью настроен**, вы можете сохранить текущее состояние с помощью передней панели, выполнив следующие действия.

- 1 Примените клавишу **Utility (Инструменты)** и программные клавиши, как описано на предыдущей странице, чтобы выбрать действие **Store (Сохранить)**.
- 2 Нажмите программную кнопку **Browse (Просмотр)**, чтобы отобразить окно **File System (Файловая система)**. С помощью регулятора на передней панели выберите корневую папку или любую другую папку во внутренней флеш-памяти (Internal) или на внешнем USB-накопителе (External). Если папки не отображаются, повторно нажмите **Browse (Просмотр)**, чтобы отобразить структуру папок.

Нажмите программную кнопку **Select (Выбор)**, чтобы подтвердить выбор папки.

- 3 Введите имя файла. Регулятор перебирает символы в следующем порядке: A-Z (буквы в верхнем регистре), a-z (буквы в нижнем регистре), цифры от 0 до 9, некоторые дополнительные символы, десятичная точка (.), подчеркивание (_) и пробел. Найдя очередной нужный символ, нажмите клавишу со стрелкой вправо (>) под поворотным регулятором, чтобы перейти к символу в следующей позиции.
- 4 Повторяйте этот процесс, пока не введете имя файла полностью. Клавиша со стрелкой влево (<) позволяет удалить и изменить предыдущий символ. Если указать вместо символа пробел, этот символ удаляется.
- 5 Нажмите **STORE STATE (Сохранить состояние)**, чтобы сохранить текущее состояние в файл с указанным именем. К имени файла добавляется расширение .sta.
- 6 Чтобы восстановить состояние прибора из файла, нажмите программную кнопку **RECALL STATE (Восстановить состояние)** затем выделите имя нужного файла и нажмите **Select (Выбрать)**. Состояние восстанавливается немедленно.

Сохранение пользовательских настроек

Чтобы сохранить и восстановить настройки ввода-вывода и пользовательские настройки в постоянную память, воспользуйтесь следующими командами.

MMEMory:STORe:PREFerences <файл>

MMEMory:LOAD:PREFerences <файл>

Указанный <файл> автоматически создается при выполнении команды STORe. Этот параметр указывается в формате "[диск:путь]<имя_файла>". Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Параметр путь задает абсолютный или относительный путь с именем папки. Если здесь указывается папка, она должна быть предварительно создана (см. описание команды MMEMory:MDIRectory).

Общая длина имени файла с папкой не должна превышать 240 символов и не может содержать символов \ / : * ? " < > |. Файлы настроек сохраняются с расширением .prf.

В составе пользовательских настроек сохраняются следующие параметры:

- яркость экрана, десятичный разделитель, разделители, хранитель экрана,
- выбранный язык справки,
- настройки сохранения и выбора состояния,
- источник опорного сигнала, частота внешнего опорного сигнала, параметры ожидания,
- минимальная частота автоматического выравнивания,
- состояние аккумулятора (включен или отключен),
- настройка звукового сигнализатора,
- тайм-аут измерения,
- настройки языка совместимости команд 531xx SCPI.

Если вы загружаете файл настроек, в котором указан статический IP-адрес сетевого интерфейса, соблюдайте осторожность, чтобы не создать в сети одновременно два прибора с одинаковыми IP-адресами. Такая ситуация может привести к сбою конфигурации сети на обоих приборах.

Пользовательские настройки **не сохраняются и не загружаются** через переднюю панель.

Использование *SAV и *RCL

Прибор поддерживает дополнительные команды *SAV и *RCL, описанные в стандарте IEEE-488.2, для сохранения и восстановления состояний прибора. Эти команды позволяют сохранить во внутренней флеш-памяти и применять для восстановления до пяти разных состояний, различаемых по **номеру расположения**. Состояния, сохраненные этим методом, можно назначить для автоматического восстановления при включении питания.

*SAV {0|1|2|3|4}

Сохраняет текущее состояние прибора в одно из пяти расположений ({0|1|2|3|4}) на внутренней флеш-памяти. Расположение состояния 0 считается допустимым для сохранения, но при **выключении питания** прибора в этом расположении 0 автоматически сохраняется текущее состояние прибора, что приведет к потере ранее сохраненных в нем состояний. Сохраняются все параметры состояния прибора, за исключением «пользовательских настроек», например настроек отображения для экрана передней панели.

Пример использования команды:

***SAV 1** // сохранение текущего состояния в расположение состояния 1

Расположения состояний 0–4 соответствуют файлам со следующими именами, которые создаются в корневой папке внутренней флеш-памяти:

STATE_0.sta

STATE_1.sta

STATE_2.sta

STATE_3.sta

STATE_4.sta

Сохраненные состояния можно восстановить с помощью следующей команды:

***RCL {0|1|2|3|4}**

{0|1|2|3|4} обозначают пять допустимых расположений для состояний. Пример использования команды:

***RCL 1** // восстановление состояния из расположения 1

При восстановлении состояния с помощью команды ***RCL** нужно указать только **номер расположения**. При восстановлении состояния из нумерованного расположения через **переднюю панель** следует указать полное имя этого файла (например, STATE_1.sta).

Дополнительно см. в [Главе 7](#), «Пользовательский выбор состояния при включении питания».

Проверка восстановленного состояния Прежде чем восстанавливать состояние, вы можете опросить выбранное расположение и убедиться, что в нем сохранен допустимый файл состояния.

MEMory:STATe:VALid? {0|1|2|3|4}

Команда опрашивает указанное расположение состояния. Если возвращается значение «0», значит это расположение пусто. Если возвращается расположение «1», значит в нем существует допустимое состояние. Пример:

// проверка состояния, сохраненного в расположении 3 (ответ 0 = нет состояния)

// ответ 1 = в расположении 3 сохранено допустимое состояние

MEM:STAT:VAL? 3

Пользовательский выбор состояния при включении питания

Для частотомера 53210A можно настроить автоматическую загрузку файла состояния, сохраненного в любом из пяти расположений состояния (**Рисунок 7-2**). Чтобы применить эту функцию, должны выполняться следующие условия:

- 1 состояние уже **сохранено** в этом расположении;
- 2 **включена** возможность восстановления;
- 3 **выбрано** нужное расположение или файл состояния.

Процесс настройки задается следующими командами.

// сохранение состояния в файле состояния в расположении 0–4
*SAV {0|1|2|3|4}

Вариант второй:

// сохранение состояния в файле .sta на внутреннем или внешнем диске
MMEMory:STORe:STATe <“файл”>

// включение автоматического восстановления при включении питания
MEMory:STATe:RECall:AUTO {ON|OFF}
MEMory:STATe:RECall:AUTO?

(форма запроса)

// выбор расположения состояния или файла для автоматического восстановления
MEMory:STATe:RECall:SElect {0|1|2|3|4|<файл>} MEMory:STATe:RECall:SElect?
(форма запроса)

Если автоматическое восстановление **включено**, но **не выбрано** расположение или файл состояния, частотомер будет автоматически загружать состояние, настроенное на момент его выключения (т.е. использует расположение 0).

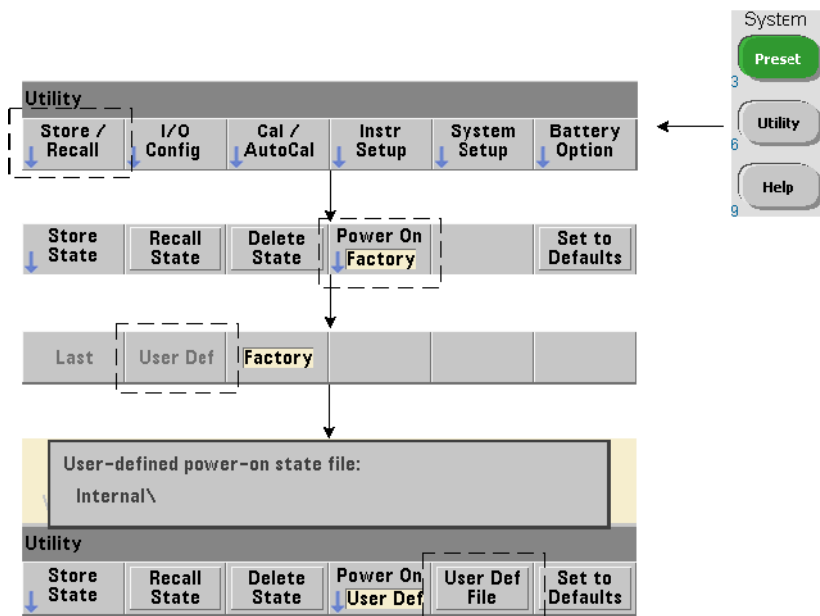
Ниже приводятся примеры команд для восстановления состояния из нумерованного расположения состояния и из файла состояния, сохраненного на внутренней флеш-памяти.

```
// настройка частотомера
*SAV 2 // сохранение состояния в расположении 2
MEM:STAT:REC:AUTO ON // включение автоматического восстановления состояния при
включении питания
MEM:STAT:REC:SEL 2 // выбор расположения 2 для восстановления при включении
// восстанавливать состояние из расположения 2 при каждой перезагрузке по питанию
и
MMEM:MDIR "INT:\SETUP_A" // создание файла на внутренней памяти
// настройка частотомера
// сохранение состояния в файле
MMEM:STOR:STAT "INT:\SETUP_A\test_A.sta"
MEM:STAT:REC:AUTO ON // включение автоматического восстановления состояния при
включении питания
MEM:STAT:REC:SEL "test_A.sta" // восстановление файла при включении
// восстанавливать состояние из файла test_A.sta при каждой перезагрузке по питанию
```

ПРИМЕЧАНИЕ

На поставляемых с завода приборах автоматическое восстановление состояния **отключено** (MEM:STAT:REC:AUTO OFF). Если функция автоматического восстановления отключена, при включении прибора устанавливаются заводские настройки (*RST).

Выбор состояния при включении питания с помощью передней панели



Вы можете выбрать на передней панели состояние, восстанавливаемое при включении питания, как показано ниже:

- 1 Из меню **Store/Recall (Сохранение и восстановление)** выберите действие **User Def (Пользовательские настройки)** с помощью программной кнопки **Power On (Включение питания)**.
- 2 Нажмите **User Def File (Пользовательский файл)**, чтобы открыть файловую систему. Выберите папку и файл, из которых вы хотите восстанавливать состояние при включении питания. Как вы помните, нумерованные расположения 0–4 представлены на диске файлами (например, STATE_3.sta). Для состояний, сохраненных в других файлах, просто укажите имя нужного файла без расширения .sta.

Если вы выберете вариант **Last (Последнее)** для программной кнопки **Power On (Включение питания)**, прибор будет восстанавливать состояние, настроенное на момент последнего выключения питания (расположение состояния 0). Если выбран вариант **Factory (Заводское)**, частотомер будет загружать при включении заводские настройки.

Управление папками и файлами

Папками, файлами данных и файлами состояний, созданными во внутренней флеш-памяти и (или) на USB-накопителе, можно управлять (удалять, копировать, перемещать или включать в списки) через переднюю панель или с помощью дополнительных команд в подсистемах MMEMory и MEMory.

Удаление папок

Папки удаляются следующей командой:

MMEMory:RDIRectory "<папка>"

Чтобы удалить папку через **интерфейс ввода-вывода**, эта папка должна быть пустой (не содержать файлов или подпапок). Вы не можете удалить папку, назначенную текущей (MMEMory:CDIRectory). Через **переднюю панель** непустые папки и текущую папку удалять **можно**, подтвердив соответствующее предупреждение системы.

Пример удаления папки

Следующий пример команд удаляет пустую подпапку, а затем ее родительскую директорию.

```
//создание папок 'dut_2' и 'data2' на USB-накопителе
MMEM:MDIR "USB:\dut_2"
MMEM:MDIR "USB:\dut_2\data2"
//удаление подпапки 'data2', а затем родительской директории 'dut_2'
MMEM:RDIR "USB:\dut2\data2"
MMEM:RDIR "USB:\dut_2"
```

Удаление файлов

Файлы данных и состояний, размещенные на внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе (**Рисунок 7-2**), можно удалить с помощью следующей команды:

MMEMory:DELeTe "<файл>"

Файл здесь указывается в формате "[диск:путь]<имя_файла>". Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Если удаляемый файл расположен не в текущей папке, нужно указать абсолютный путь к нему, начиная от корневой папки. Имя файла обязательно должно содержать расширение. Пример:

```
// удаление файла данных data1.csv из папки folder dut_1 на USB-накопителе
MMEM:DEL "USB:\dut_1\data1.csv"
```

Файлы состояний, сохраненные в **расположениях 0–4**, можно удалить с помощью следующих команд:

MEMory:STATe:DELEte {0|1|2|3|4}

MEMory:STATe:DELEte:ALL

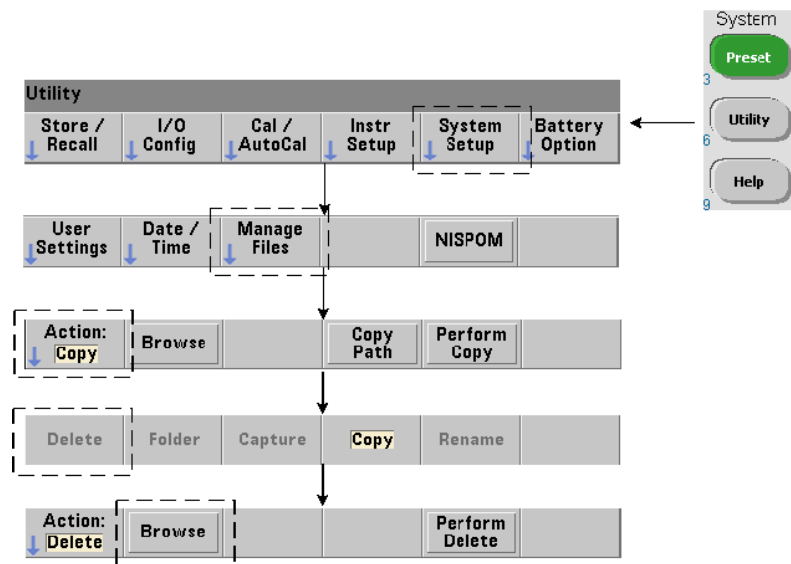
// удаление содержимого расположения состояния 2

MEM:STAT:DEL 2

// удаление содержимого всех нумерованных расположений

MEM:STAT:DEL:ALL

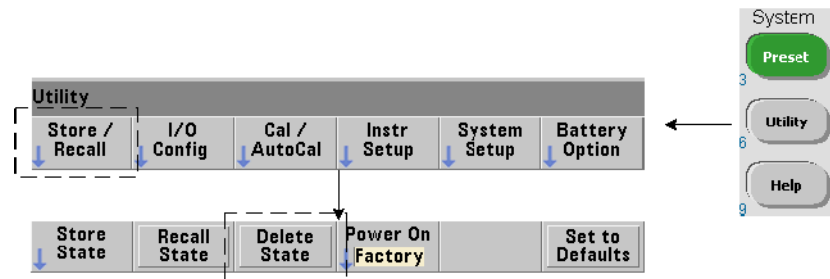
Удаление папок и файлов через переднюю панель



Чтобы удалить папки и файлы через переднюю панель, выполните следующие действия:

- 1 Нажмите программную кнопку **Manage Files (Управление файлами)**, затем **Action (Действия)** и выберите **Delete (Удалить)**. (Сначала необходимо выбрать действие.)
- 2 Нажмите программную кнопку **Browse (Просмотр)**, затем с помощью поворотного регулятора выделите папку или файл и нажмите **Select (Выбрать)**. Повторно нажмите **Browse (Просмотр)** для отображения содержимого папки, чтобы выбрать файлы или папки в нем.
- 3 Когда имя файла или папки отобразится в окне **Path: (Путь)** или **File: (Файл)**, нажмите **Perform Delete (Подтвердить удаление)**.

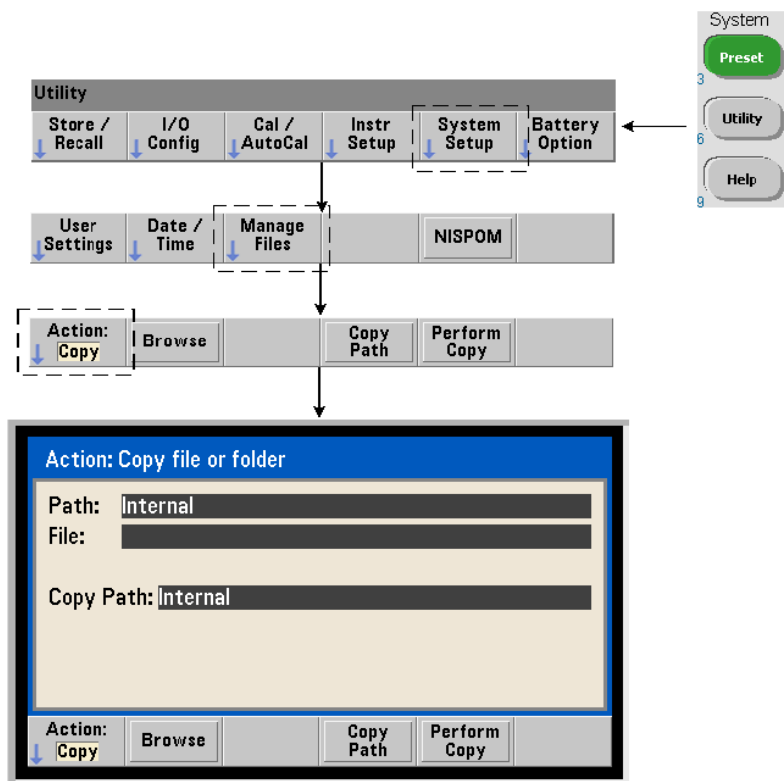
Удаление файлов состояния



Также вы можете удалить файлы состояния.

- 1 Нажмите программную кнопку **Store/Recall (Сохранение и восстановление)**, чтобы отобразить меню состояний.
- 2 Нажмите **Delete State (Удалить состояние)**, чтобы открыть окно просмотра файловой системы. Здесь вы увидите все файлы состояний (с расширением .sta), расположенные в корне диска и (или) в подпапках. Выделите нужный файл с помощью поворотного регулятора.
- 3 Нажмите **Select (Выбрать)**, чтобы удалить этот файл. **Обратите внимание, что это действие удаляет файл немедленно.**

Копирование и перемещение файлов



Вы можете копировать или перемещать файлы в пределах одного диска или между дисками.

MMEMory:COPY <"файл1">, <"файл2">

MMEMory:MOVE <"файл1">, <"файл2">

Эти команды копируют и перемещают файл1 (источник) в файл2 (назначение). Файл здесь указывается в формате "[диск:путь]<имя_файла>". Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Если копируемый или перемещаемый файл расположен не в текущей папке (MMEMory:CDIRectory), нужно указать абсолютный путь источника и назначения, начиная от корневой папки. Имена файлов обязательно должны содержать расширение.

Папка, указанная для назначения в команде копирования или перемещения, должна существовать на момент ее выполнения. Папки не создаются автоматически при копировании или перемещении.

Следующие примеры демонстрируют разные расположения, в которые можно скопировать файлы:

```
//копирование файла из внутренней флеш-памяти или внешнего USB-накопителя
MMEM:COPY "INT:\dut_1\state1.sta", "USB:\\"
```

```
//перемещение файла из внутренней флеш-памяти или внешнего USB-накопителя
MMEM:MOVE "INT:\dut_1\state1.sta", "USB:\\"
```

```
//копирование файла из папки во внутренней памяти в существующую папку на
USB-устройстве
MMEM:COPY "INT:\dut_1\state1.sta", "USB:\duts"
```

```
//копирование файла из папки в другую существующую папку с новым именем файла
MMEM:COPY "INT:\dut_1\state1.sta", "USB:\duts\s1.sta"
```

```
//переименование файла state1.sta в state2.sta
MMEM:MOVE "INT:\dut_1\state1.sta", "INT:\dut_1\state2.sta"
```

Копирование папок и файлов через переднюю панель

Выбрав действие **Copy (Копировать)**, как показано на предыдущей странице, вы можете скопировать папки или файлы:

- 1 Нажмите программную кнопку **Browse (Просмотр)**, затем с помощью поворотного регулятора выделите исходную папку или файл и нажмите **Select (Выбрать)**. Повторно нажмите **Browse (Просмотр)** для отображения содержимого папки.
- 2 Нажмите **Copy Path (Путь для копирования)** и выделите целевой диск или папку, затем нажмите **Select (Выбрать)**. Нажмите **Perform Copy (Выполнить копирование)**, чтобы скопировать выбранную папку или файл.

Каталоги папок

Вы можете получить каталог **всех** подпапок и файлов, или **отдельные** каталоги файлов **данных** (.csv и .dat) или файлов **состояний** (.sta) для определенной папки, используя следующие команды.

Помимо списка файлов эти команды возвращают общее количество занятой памяти и свободной памяти на выбранном диске.

```
MMEMory:CATalog[:ALL]? [<"папка">]
MMEMory:CATalog:DATA? [<"папка">]
MMEMory:CATalog:STATe? [<"папка">]
```

Параметр папка указывается в формате диск:путь. Здесь диск может иметь значение INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти). Параметр путь задает абсолютный или относительный путь, начинаясь с символа \. Если папка не указана, возвращается содержимое текущей папки (MMEMory:CDIRectory) или содержимое корневой папки диска.

Формат возвращаемых данных:

<общий объем занятой памяти>, <общий объем свободной памяти>, <"список файлов">

"список файлов" содержит список значений в кавычках (""), содержащих следующие данные:

"<имя файла>, <тип файла>, <размер файла>"

Размеры файлов и объемы памяти приводятся в байтах. Ниже представлены примеры результатов, возвращаемых отдельными командами CATalog для папок на USB-носителе, который содержит одну подпапку, файл данных .csv, файл данных .dat и файл состояния.

```
MMEMory:CATalog[:ALL]?
253657088,519798784,"data1.csv,ASC,12500","state1.sta,STAT,860","data2.dat,BIN,1600","dut_a,FOLD,0"

MMEMory:CATalog:DATA?
253657088,519798784,"data1.csv,ASC,12500","data2.dat,BIN,1600"

MMEMory:CATalog:STATe?
253657088,519798784,"state1.sta,STAT,860"
```

8 Состояние прибора

Система состояний Keysight 53210A 221

В этой главе рассказывается о регистре состояний, который используется для отслеживания условий работы частотомера 53210A.

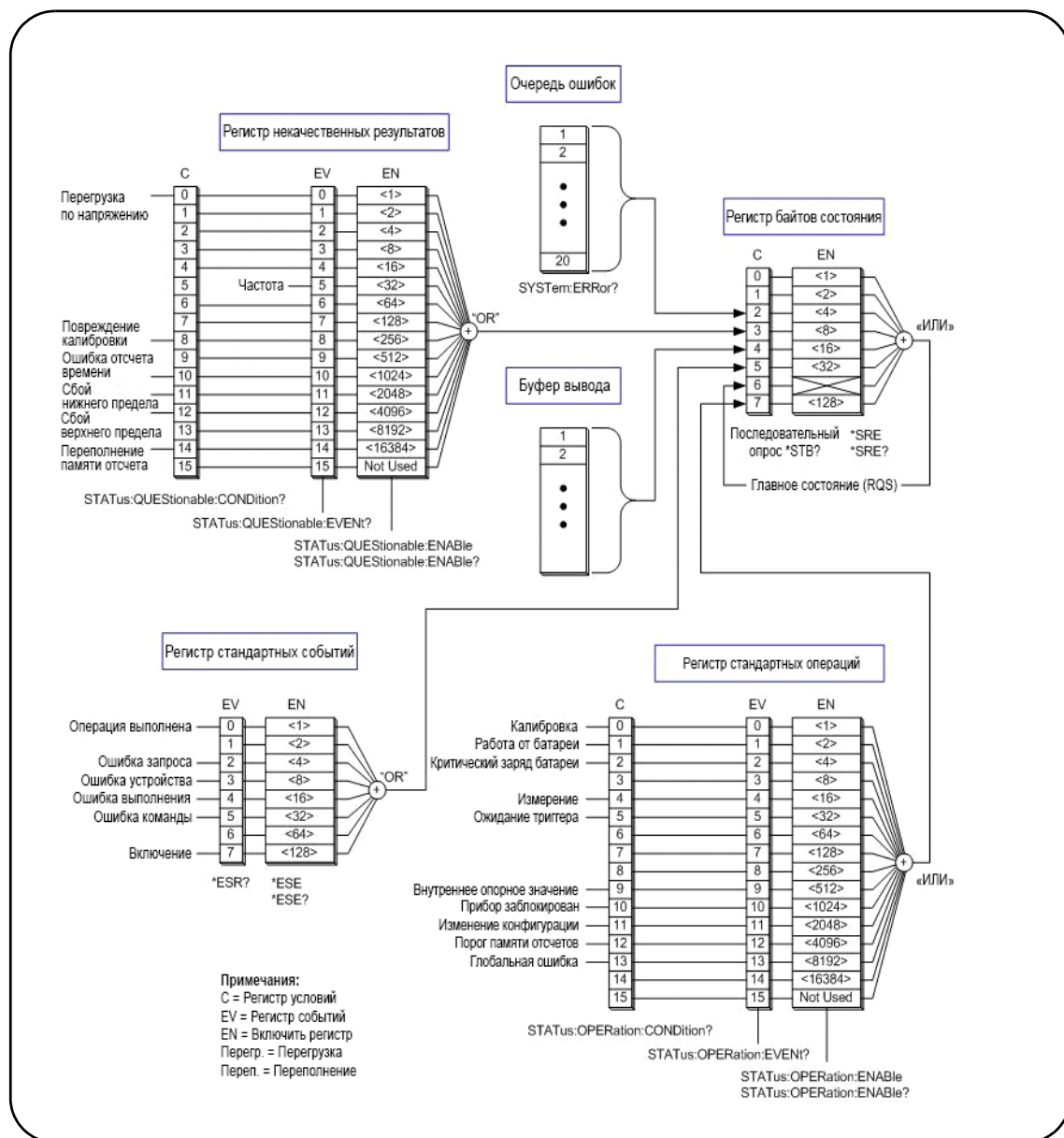


Рисунок 8-1 Система состояний 53210A

Система состояний Keysight 53210A

В этой главе представлен обзор системы статусов 53210A. Описания битов и дополнительная информация содержатся в разделах о подсистеме STATus и командах IEEE-488 в Справочной информации для программистов. Справочная информация находится на компакт-диске со справочными материалами 53210A/53220A/53230A (p/n 53220-13601).

Группа регистров некачественных результатов

Группа регистров некачественных результатов частотомера отслеживает следующие условия и события в частотомере:

- перегрузка по входному напряжению;
- тайм-аут оборудования при для измерении частоты;
- калибровочные данные;
- ошибка развертки;
- нарушение нижнего предела;
- нарушение верхнего предела;
- перегрузка памяти отсчетов.

Регистр условий

Регистр условий в Группе регистров некачественных результатов отслеживает текущие условия, которые могут влиять на достоверность измерений частотомера.

Регистр условий можно считать с помощью следующей команды:

STATus:QUEStionable:CONDition?

Считывание регистра не удаляет биты данных из реестра. Биты удаляются, когда перестает действовать условие.

Регистр событий

Регистр событий в Группе регистров некачественных результатов отслеживает условия, которые могут влиять на достоверность измерений частотомера.

Регистр событий можно считать с помощью следующей команды:

STATus:QUESTIONable[:EVENT]?

В отличие от регистра состояний, биты в регистре событий сохраняются даже после того, как условие прекращает действовать. При считывании регистра биты данных удаляются.

Регистр разрешений

Регистр разрешений указывает, какие биты данных из регистра событий будут учитываться в бите состояния, на основании которого создается запрос на обслуживание.

Биты данных в регистре событий включаются следующей командой:

STATus:QUESTIONable:ENABLE <разрешения>

STATus:QUESTIONable:ENABLE?

(форма запроса)

- разрешения: десятичное значение, соответствующее сумме двоичных адресов битов в регистре. Например, так можно включить бит данных, отслеживающий возможные ошибки развертки: STAT:QUES:ENAB 1024.

Группа регистров стандартных операций

Группа регистров стандартных операций частотомера отслеживает рабочие условия частотомера. Сюда входят:

- процесс калибровки;
- работа от аккумулятора;
- состояние заряда аккумулятора;
- процесс измерений;
- ожидание триггера;
- использование внутреннего опорного гетеродина;
- блокировка и ошибки удаленного интерфейса;
- изменение настроек;
- заполнение памяти отсчетов.

Регистр условий

Регистр условий в Группе регистров стандартных операций отслеживает текущие условия, имеющие отношение к рабочему состоянию прибора. Регистр условий можно считать с помощью следующей команды:

STATus:OPERation:CONDition?

Считывание регистра не удаляет биты данных из реестра. Биты удаляются, когда перестает действовать условие.

Регистр событий

Регистр событий в Группе регистров стандартных операций также отслеживает состояние прибора. Регистр событий можно считать с помощью следующей команды:

STATus:OPERation[:EVENT]?

В отличие от регистра состояний, биты в регистре событий сохраняются даже после того, как состояние завершается. При считывании регистра биты данных удаляются.

Регистр разрешений

Регистр разрешений для группы регистров стандартных операций указывает, какие биты данных в регистре событий будут учитываться в бите состояния, на основании которого создается запрос на обслуживание.

Биты данных в (операционном) регистре событий включаются следующей командой:

STATus:OPERation:ENABle <разрешения>

STATus:OPERation:ENABle?

(форма запроса)

- разрешения: десятичное значение, соответствующее сумме двоичных адресов битов в регистре. Например, так можно включить бит данных, отслеживающий низкий (критичный) заряд аккумулятора: STAT:OPER:ENAB 4.

Регистр стандартных событий

Регистр стандартных событий отслеживает программные условия, в том числе следующие:

- завершение операции;
- ошибки запроса;
- ошибки устройства;
- ошибки выполнения;
- ошибки выполнения команд;
- состояние подключения питания.

Считывание регистра стандартных событий

Регистр стандартных событий можно считать с помощью следующей команды:

***ESR?**

Считывание регистра не удаляет биты данных. Биты данных удаляются при отправке команды *CLS.

Включение регистра стандартных событий

Регистр разрешений для стандартных событий указывает, какие биты данных из регистра состояния стандартных событий будут учитываться в бите состояния, на основании которого создается запрос на обслуживание.

Биты данных в регистре стандартных событий включаются следующей командой:

***ESE <разрешения>**

***ESE?**

(форма запроса)

- разрешения: десятичное значение, соответствующее сумме двоичных адресов битов в регистре. Например, так можно включить бит данных, отслеживающий ошибки синтаксиса команд: *ESE 32.

*ESE? возвращает взвешенную сумму всех включенных битов.

Регистр байтов состояния

Регистр байтов состояния содержит биты состояния для Группы регистров некачественных результатов, Группы регистра стандартных операций, Регистра стандартных событий, очереди ошибок частотомера и буфера вывода (**Рисунок 8-1**).

Главный бит состояния RQS (бит 6) получает значение 1, если установлен хотя бы один другой бит в регистре байтов состояния.

Считывание регистра байтов состояния

Регистр байтов состояния считывается одной из следующих команд:

***STB?**

SPOLL

Обе команды возвращают десятичную взвешенную сумму всех установленных битов в регистре. Разница между командами состоит в том, что *STB? не очищает бит 6 (RQS). Последовательный опрос (SPOLL) очищает бит 6.

Все биты в регистре байтов состояния (кроме бита 4) очищаются с помощью команды:

***CLS**

Бит 4 очищается, когда данные считываются из буфера вывода.

Регистр разрешений для запросов на обслуживание

Регистр разрешений для запросов на обслуживание указывает, какие биты состояния (по группам состояний) будут приводить к отправке на компьютер запроса на техническое обслуживание.

Биты указываются следующей командой:

***SRE <разрешения>**

***SRE?**

(форма запроса)

- разрешения: десятичное значение, соответствующее сумме двоичных адресов битов в регистре. Например, включить бит, представляющий Группу регистров некачественных результатов, можно следующей командой: *SRE 8.

Глава 7 и компакт-диск со справочными материалами (p/n 53220-13601) содержат примеры с использованием подсистемы STATus.

А Сообщения об ошибках 53210A

Приложение А содержит описание сообщений об ошибках высокочастотного частотомера 53210A.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
Ошибки команд		
-100	Command Error (Ошибка в команде)	Общая ошибка синтаксиса — произошла ошибка в команде.
-101	Invalid character (Некорректный символ)	В заголовке или параметре команды присутствует некорректный символ.
-102	Syntax error (Ошибка синтаксиса)	Получена нераспознанная команда (с орфографической ошибкой) или отсутствует разделитель между параметрами.
-103	Invalid separator (Некорректный разделитель)	Получен некорректный разделитель (отличный от запятой, пробела и точки с запятой).
-104	Data type error (Ошибка типа данных)	В описании параметра указан неверный тип данных (число, символ, строка, выражение).
-108	Parameter not allowed (Недопустимый параметр)	В заголовке команды получено больше параметров, чем ожидалось.
-109	Missing parameter (Отсутствующий параметр)	Для команды требуется больше параметров.
-110	Command header error (Ошибка заголовка команды)	В заголовке команды обнаружена ошибка, но о ней нет более подробной информации.
-111	Header separator error (Ошибка разделителя в заголовке)	После заголовка команды указан некорректный разделитель. Обычно в качестве разделителя допускается только пробел.
-112	Program mnemonic too long (Слишком длинная мнемоника программы)	В заголовке команды содержится более 12 символов.
-113	Undefined header (Неопределенный заголовок)	Заголовок команды синтаксически корректен, но не определен для этого прибора.
-114	Header suffix out of range (Суффикс заголовка за пределами допустимого диапазона)	Числовой суффикс, включенный в заголовок команды, не попадает в допустимый диапазон (например, указано число 3 там, где допустимы только 1 или 2).
-120	Numeric data error (Ошибка числовых данных)	Обнаружен неправильный элемент числовых данных, но о нем нет более подробной информации.
-121	Invalid character in number (Недопустимый символ в числе)	В приведенном числе содержится символ, отличный от цифры, точки и запятой.
-123	Exponent too large (Слишком большой показатель степени)	Показатель степени имеет значение более 32 000.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
-124	Too many digits (Слишком много цифр)	В мантиссе числа (положительной дробной части числа) содержится более 255 цифр.
-128	Numeric data not allowed (Недопустимые числовые данные)	В заголовке или параметре команды указаны числовые данные, недопустимые в этом контексте.
-130	Suffix error (Ошибка суффикса)	В суффиксе числового параметра (в единицах измерения) обнаружена ошибка, но о ней нет более подробной информации.
-131	Invalid suffix (Некорректный суффикс)	Неправильно указан суффикс параметра (например, 10 MZ вместо 10 MHz).
-134	Suffix too long (Слишком длинный суффикс)	В суффиксе содержится более 12 символов.
-138	Suffix not allowed (Недопустимый суффикс)	Суффикс указан после числового параметра, для которого он не поддерживается.
-140	Character data error (Ошибка символьных данных)	В заголовке команды или параметре обнаружена ошибка символа, но о ней нет более подробной информации.
-141	Invalid character data (Некорректные символьные данные)	Получен некорректный символ или один из полученных символов недопустим в заголовке этой команды.
-144	Character data too long (Слишком длинные символьные данные)	Символьные данные содержат более 12 символов.
-148	Character data not allowed (Недопустимые символьные данные)	Корректный символ указан в таком контекста, где требуются данные другого типа (например, числовые или логические).
-150	String data error (Ошибка строковых данных)	В предоставленной строке обнаружена ошибка, но о ней нет более подробной информации.
-151	Invalid string data (Некорректные строковые данные)	Требуемый строковый параметр получен в некорректном формате.
-158	String data not allowed (Недопустимые строковые данные)	Корректная строка указана в таком контекста, где требуются данные другого типа (например, числовые или логические).
-160	Block data error (Ошибка блочных данных)	В предоставленных блочных данных обнаружена ошибка, но о ней нет более подробной информации.
-161	Invalid block data (Некорректные блочные данные)	Количество байт в блоке данных фиксированной длины не соответствует размеру, указанному в заголовке блока.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
-168	Block data not allowed (Недопустимые блочные данные)	Элемент блочных данных получен в таком контексте, где это недопустимо для этого прибора.
-170	Expression error (Ошибка выражения)	В предоставленном выражении параметра обнаружена ошибка, но о ней нет более подробной информации.
-171	Invalid expression (Некорректное выражение)	Указано неправильное выражение для расчета значения параметра.
-178	Expression data not allowed (Недопустимые данные выражения)	Выражение получено в таком контексте, где это недопустимо для этого прибора.
Ошибки выполнения		
-203	Command Protected (Защищенная команда)	Невозможно выполнить команду или запрос, защищенные паролем, поскольку этот тип команд отключен.
-213	INIT ignored (Игнорируется INIT)	Сигнал INITiate:IMMediate получен в процессе инициализации частотомера.
-221	Settings conflict (Конфликт настроек)	Конкретная причина конфликта и меры по ее устранению описываются в дополнительном сообщении, которое указывается после сообщения «Конфликт настроек».
-222	Data out of range (Данные за пределами допустимого диапазона)	Полученное значение параметра не соответствует диапазону допустимых значений для этой команды.
-223	Too much data (Слишком много данных)	Получен допустимый параметр (блок, элемент или строка), который невозможно использовать из-за действующих ограничений памяти.
-224	Illegal Parameter Value (Недопустимое значение параметра)	Ожидается значение, точно соответствующее некоторому элементу из списка допустимых.
-225	Out of memory: measurement data overrun (Недостаточно памяти: перезаписываются данные измерений)	Внутренние буферы переполнены данными, поскольку они поступают быстрее, чем обрабатываются. Чтобы устранить такую ошибку, следует снизить скорость фиксации отсчетов (период стробирования).
-230	Data corrupt or stale (Данные повреждены или устарели)	Обычно возникает при попытке получить данные сразу после перезагрузки или изменения конфигурации частотомера.
-240	Hardware error (Аппаратная ошибка)	Основная часть аппаратных ошибок отслеживается при включении питания. Если она возникает впервые, перезагрузите прибор. Если ошибка сохранится, обратитесь в компанию Keysight.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
-241	Hardware missing (Оборудование отсутствует)	Для работы выбранной функции требуется наличие опционального канала 2. На этом приборе он отсутствует или неправильно установлен.
-250	Mass storage error; file read/write error (Ошибка массового хранения; ошибка считывания или записи файла)	Произошла ошибка при считывании или записи файла, размещенного во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе. Возможно, превышен допустимый размер файла, или USB-накопитель был отключен до завершения файловой операции.
-252	Missing Media (Расположение отсутствует)	Во время файловой операции не обнаружен нужный диск (внутренняя флеш-память или USB-накопитель).
-254	Media full (Расположение заполнено)	Во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе нет достаточного свободного пространства для создания новой папки или файла (или для другой файловой операции).
-256	File or folder name not found (Имя файла или папки не обнаружено)	В системе не существует имя файла или папки, указанное в команде.
-257	File name error: invalid character in name (Ошибка имени файла: недопустимый символ в имени)	Имя папки или файла содержит недопустимый символ (\ / : * ? " < >).
-257	File name error; path too long (Ошибка имени файла; слишком длинный путь)	Общая длина имени файла с папкой превышает 239 символов.
-257	File name error; not a folder name (Ошибка имени файла; имя не принадлежит папке)	Имя папки, указанное для операции с памятью, является именем существующего файла.
-257	File name error; path is a folder name (Ошибка имени файла; путь является именем папки)	Имя файла, указанное для операции с памятью, является именем существующей папки.
-257	File name error; file or folder already exists (Ошибка имени файла; файл или папка уже существуют)	Имя, указанное при создании папки или файла, уже существует во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе.
-257	File name error; relative path not allowed (Ошибка имени файла; относительный путь не допускается)	Конвенция «...» для обозначения родительской папки не поддерживается.

Таблица А-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
-257	File name error; folder is default folder (Ошибка имени файла; папка является папкой по умолчанию)	Вы не можете удалить папку, назначенную текущей (MMEMory:CDIRectory).
-257	File name error; path name missing (Ошибка имени файла; отсутствует имя пути)	Для операции с папкой или файлом не указано допустимого имени пути.
-257	File name error; drive name missing or not recognized (Ошибка имени файла; имя диска отсутствует или не распознано)	Не указано имя диска или указан неверный путь. Допустимыми именами диска считаются INT (внутренняя флеш-память) или USB (внешнее устройство памяти).
-257	File name error; access denied (Ошибка имени файла; доступ запрещен)	Запрошенная операция с папкой или файлом не может быть выполнена для защищенного или системного файла.
-257	File name error; file too large (Ошибка имени файла; слишком большой файл)	Файл, загружаемый на частотомер, имеет размер более 1 ГБ.
-257	File name error; folder not empty (Ошибка имени файла; папка не пуста)	Чтобы удалить папку через удаленный интерфейс ввода-вывода, эта папка должна быть пустой, то есть не содержать файлов или подпапок. Непустые папки МОЖНО удалять через переднюю панель.
-257	File name error; unknown file extension (Ошибка имени файла; неизвестное расширение файла)	В зависимости от типа операции с памятью поддерживаются разные типы файлов, обычно это файлы .csv, .dat, .sta и .prf.
Ошибки, относящиеся к конкретным устройствам		
-310	System Error; internal software error (Системная ошибка; ошибка внутреннего ПО)	При включении питания программа прошивки не может получить из постоянной памяти информацию, необходимую для инициализации. Перезагрузите прибор по питанию. Свяжитесь с Keysight, если проблема сохранится.
-310	System Error; failed to erase calibration data in PIC EEPROM (Системная ошибка; не удалось удалить данные калибровки из PIC EEPROM)	Если системная ошибка связана с удалением, считыванием или записью данных калибровки, в первую очередь проверьте наличие последней версии прошивки. Информацию об обновлении прошивки можно найти на вкладке «Technical Support» (Техническая поддержка) на сайте www.keysight.com/find/53210A . Если ошибочное состояние сохранится, обратитесь в компанию Keysight.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
-310	System Error; failed to erase system information in PIC EEPROM (Системная ошибка; не удалось удалить системные данные из PIC EEPROM)	Если системная ошибка связана с удалением, считыванием или записью системных данных, в первую очередь проверьте наличие последней версии прошивки. Информацию об обновлении прошивки можно найти на вкладке «Technical Support» (Техническая поддержка) на сайте www.keysight.com/find/53210A . Если ошибочное состояние сохранится, обратитесь в компанию Keysight.
-310	System Error; I2C Comms Failure (Системная ошибка; сбой коммуникации I2C)	Ошибки, связанные с I2C, чаще всего возникают при перезагрузке по питанию. Если вы встретите ошибку такого типа, повторно перезагрузите прибор. Если ошибка сохранится, свяжитесь с Keysight и сообщите полное сообщение об ошибке.
-313	Calibration memory lost; memory corruption detected (Потеря памяти калибровки; обнаружено повреждение данных)	Прибор не может получить нужные данные калибровки из постоянной памяти. Выполните повторную калибровку.
-313	Calibration memory lost; due to firmware revision change (Потеря памяти калибровки; изменилась версия прошивки)	Калибровочные данные прибора удалены в процессе обновления прошивки. Требуется повторная калибровка прибора.
-314	Save/recall memory lost; memory corruption detected (Потеря памяти сохранения и восстановления; обнаружено повреждение данных)	Потеряны данные о состоянии прибора, сохраненные командой *SAV? в постоянной памяти (флеш-памяти) прибора.
-314	Save/recall memory lost; due to firmware revision change (Потеря памяти сохранения и восстановления; изменилась версия прошивки)	При обновлении прошивки потеряны данные о состоянии прибора, сохраненные командой *SAV? в постоянной памяти (флеш-памяти) прибора.
-315	Configuration memory lost; memory corruption detected (Потеря памяти конфигурации; обнаружено повреждение данных)	Потеряны данные о пользовательских настройках, таких как параметры ввода/вывода, настройки опорного сигнала, тайм-аут измерения и т. п.
-315	Configuration memory lost; due to firmware revision change (Потеря памяти конфигурации; изменилась версия прошивки)	При обновлении прошивки потеряны данные о пользовательских настройках, таких как параметры ввода/вывода, настройки опорного сигнала, тайм-аут измерения и т. п.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
-330	Self-test failed (Сбой самодиагностики)	Более подробная информация указана в прилагаемом сообщении.
-350	Error queue overflow (Переполнение очереди ошибок)	Зафиксирована ошибка, но ее не удалось сохранить из-за переполнения памяти ошибок прибора.
Ошибки запросов		
-410	Query IINTERRUPTED (Запрос прерван)	Частотомер получил новую команду до того, как закончил обработку предыдущего запроса.
-420	Query UNTERMINATED (Запрос не завершен)	Компьютер пытается получить от частотомера ответ на запрос, команда которого передана не полностью.
-430	Query DEADLOCKED (Запрос заблокирован)	Входные и (или) выходные буферы частотомера переполнены, продолжение работы невозможно.
-440	Query UNTERMINATED after indefinite response (Запрос НЕ ЗАВЕРШЕН после неопределенного отклика)	Команда запроса получена в той же строке после другого запроса (например, *IDN?), который предусматривает ответ неограниченной длины.
Ошибки прибора		
+100	Network Error (Ошибка сети)	Произошла ошибка в сети или сбой сетевого оборудования.
+110	LXI mDNS Error (Ошибка LXI mDNS)	Выполните самодиагностику прибора, чтобы проверить наличие неисправного оборудования. Если будет обнаружена такая неисправность, свяжитесь с Keysight.
+263	Not able to execute while instrument is measuring (Невозможно выполнить в процессе измерений)	В момент получения команды прибор выполняет измерения.
+291	Not able to recall state: it is empty (Невозможно восстановить состояние: пусто)	В расположении состояния (0–4), которое указано в команде *RCL, отсутствуют данные.
+292	State file size error (Ошибка размера файла состояния)	Выполняется попытка прочитать слишком большой файл состояния (.sta).
+293	State file corrupt (Файл состояния поврежден)	Указанный файл состояния (.sta) не содержит информации о состоянии прибора в поддерживаемом формате.
+294	Preference file size error (Ошибка размера файла настроек)	Выполняется попытка прочитать слишком большой файл настроек (.prf).

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
+295	Preference file corrupt (Файл настроек поврежден)	Указанный файл настроек (.prf) не содержит информации о состоянии прибора в поддерживаемом формате.
+301	Input termination protection relay opened (Открыто реле защиты входа)	В канале присутствует сигнал с пиковым напряжением более +10 В. Импеданс входа автоматически увеличен до 1 МОм. Чтобы отключить реле защиты, необходимо ослабить входной сигнал до безопасного состояния и нажать мигающую клавишу канала (или отправить команду INPut:PROTEction:CLEar).
+302	Cannot reset input protection; high voltage present (Невозможно отключить защиту входа; присутствует высокое напряжение)	Выполняется попытка отключения реле (с помощью клавиши канала или команды INPut:PROTEction:CLEar), пока в канале сохраняется сигнал с пиковым напряжением более 10 В.
+315	Channel 2 power too high for operation (Слишком высокая мощность в канале 2)	Для измерений непрерывного сигнала (CW) мощность сигнала должна составлять не более +19 дБм.
+316	Channel 2 power too high for operation (Слишком низкая мощность в канале 2)	Для измерений непрерывного сигнала (CW) мощность сигнала должна составлять не менее -27 дБм.
+317	Channel 2 power changed during measurement (Мощность в канале 2 изменилась в процессе измерения)	Невозможно завершить измерения из-за изменений мощности входного сигнала (слишком высокая или слишком низкая мощность).
+319	Channel 2 frequency shift detected during measurement (Обнаружен сдвиг частоты в канале 2 в процессе измерений)	Допуск по частоте входного сигнала превысил $\pm 50\%$ за последний период открытия строба.
+320	Input signal frequency shift caused counter overflow (Сдвиг частоты входного сигнала привел к перегрузке частотомера)	Допуск по частоте входного сигнала превысил $\pm 50\%$ за последний период открытия строба.
+321	Measurement timeout occurred (Сработал тайм-аут измерений)	Превышено время ожидания, установленное для отдельного измерения. По умолчанию этот период составляет 1 секунду. Тайм-аут настраивается на передней панели в меню Utility (Инструменты) -> Instr Setup (Настройка прибора) или с помощью команды SYSTem:TIMEout.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
+514	Not allowed; Instrument locked by another I/O session (Выполнение недопустимо; прибор заблокирован другой сессией ввода-вывода)	Другой интерфейс ввода-вывода запросил блокировку операций (SYSTem:LOCK:REQuest?).
+540	Cannot use overload as math reference (Невозможно использовать значение переполнения как опорное для математических операций)	Значение переполнения (9,91E+37) нельзя использовать в качестве опорного значения для функций масштабирования NULL, PCT, PPM или PPB.
+541	Cannot use zero as math reference for PCT, PPM, or PPB scaling functions (Невозможно использовать нуль как опорное для значение для математических операций масштабирования PCT, PPM и PPB)	Значение нуля (0) нельзя использовать в качестве опорного значения для функций масштабирования PCT, PPM или PPB.
+580	No valid external timebase (Нет допустимой внешней развертки)	На частотомер подается внешний сигнал развертки, частота которого отличается от значений 1, 5 и 10 МГц, или частота развертки неправильно указана командой SENSE:ROSCillator:EXternal:FREQuency.
+800	Non-volatile memory write failure (Сбой записи в постоянную память)	Файл пользовательских настроек (.prf) имеет недопустимый формат и его нельзя сохранить во внутренней флеш-памяти или на внешнем USB-накопителе.
+810	State has not been stored (Состояние не сохранено)	Состояние прибора, указанное командой MMEMory:LOAD:STATe <"файл">, содержит некорректную информацию о состоянии и не может быть загружено.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
+820	Model and Serial Numbers not restored (Модель и серийный номер не восстановлены)	
+821	Controller and measurement board model numbers do not match (Номера модели для платы контроллера и платы измерений не совпадают)	После замены платы процессора (контроллера) P500 или основной платы измерений указанные для них номер модели и (или) серийный номер не совпадают с сохраненными значениями. Повторно сохраните номер модели и серийный номер через переднюю панель прибора, руководствуясь интерактивными подсказками. Дополнительную информацию об этом можно найти в <i>Руководстве по обслуживанию</i> 53210A.
+822	Controller and measurement board model numbers do not match (Серийные номера для платы контроллера и платы измерений не совпадают)	
Ошибки калибровки		
+701	Calibration error; security defeated (Ошибка калибровки; нарушение требований безопасности)	Если при включении прибора замкнута перемычка защиты калибровки (CAL ENABLE), появляется эта ошибка для предупреждения о сбросе пароля защиты. Подробнее см. раздел «Сброс пароля защиты» в <i>Руководстве по обслуживанию</i> 53210A.
+702	Calibration error; calibration memory is secured (Ошибка калибровки; память калибровки защищена)	Невозможно выполнить калибровку, пока память калибровки защищена. Подробнее см. разделы «Разблокирование счетчика для калибровки» и «Блокировка частотомера» в главе 2 <i>Руководства по обслуживанию</i> 53210A. Команда CAL:SEC:STAT ON позволяет ввести код защиты через удаленный интерфейс.
+703	Calibration error; secure code provided was invalid (Ошибка калибровки; предоставлен некорректный код защиты)	Введен некорректный код защиты.
+704	Calibration error; secure code too long (Ошибка калибровки; слишком длинный код защиты)	Предоставлен код защиты длиной более 12 символов.
+705	Calibration error; calibration aborted (Ошибка калибровки; калибровка прервана)	Пользователь прервал (остановил) выполнявшийся процесс калибровки.

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
+706	Calibration error; provided value out of range (Ошибка калибровки; предоставлено значение за пределами допустимого диапазона)	Введенное значение калибровки выходит за пределы допустимого диапазона для вводимых значений.
+707	Calibration error; computed correction factor out of range (Ошибка калибровки; расчетный коэффициент коррекции за пределами допустимого диапазона)	При появлении такой ошибки перезагрузите прибор по питанию и запустите самодиагностику. Проверьте все параметры калибровки (настройку прибора и подключения), затем выполните повторную калибровку прибора. Если самодиагностика завершится сбоем или калибровка не будет успешно выполнена, свяжитесь с Keysight.
+711	Calibration error; calibration string too long (Ошибка калибровки; слишком длинная строка калибровки)	Сообщение, которое нужно сохранить в память калибровки, имеет длину более 40 символов.
+712	Calibration failed (Сбой калибровки)	Произошел сбой оборудования. Свяжитесь с Keysight.
+713	Channel 2 calibration signal not detected (В канале 2 не обнаружен сигнал калибровки)	Источник сигнала калибровки не подключен к входу канала 2.
+714	Channel 2 calibration signal power level error (Неверный уровень мощности для сигнала калибровки в канале 2)	Уровень мощности полученного сигнала калибровки выходит за пределы допустимого диапазона.
+715	Channel 2 calibration signal frequency error (Неверная частота для сигнала калибровки в канале 2)	Частота полученного сигнала калибровки выходит за пределы допустимого диапазона.
+716	Channel 2 calibration signal is not CW (Сигнал калибровки в канале 2 не является непрерывным сигналом)	Подаваемый в канал 2 сигнал калибровки должен иметь форму непрерывного сигнала, а не импульсного сигнала.
+717	Channel 2 calibration timeout occurred (Сработал тайм-аут калибровки в канале 2)	Калибровку на указанном уровне мощности не удалось завершить за установленное время 1,2 с. Выполните самодиагностику, чтобы проверить работоспособность платы канала 2 и проверьте все параметры входного сигнала.
+720	Auto-calibration failed; input signal detected (Сбой автоматической калибровки; обнаружен входной сигнал)	На входном канале в процессе автоматической калибровки не должно присутствовать никаких сигналов.

Таблица А-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
+742	Calibration data lost: corrections (Потеря данных калибровки: корректировки)	Данные прибора о калибровке утрачены в результате обновления прошивки, после которой старые данные теряют применимость, или из-за сбоя оборудования. Выполните повторную калибровку прибора.
+748	Calibration memory write failure (Сбой записи в память калибровки)	Произошла ошибка при записи данных калибровки во внутреннюю флеш-память частотомера. Выполните самодиагностику для проверки работы частотомера, затем повторите процедуру калибровки.
+750	Calibration data not restored (Данные калибровки не восстановлены)	После ремонта не был выполнен процесс восстановления данных калибровки, предложенный на передней панели.
Ошибки самодиагностики		
+901	Self-Test failed: auto-calibration failure (Сбой самодиагностики: сбой автоматической калибровки)	Произошел сбой в процессе автоматической калибровки при самодиагностике. Повторите процесс самодиагностики. Если проблема с автоматической калибровкой повторится снова, вероятны проблемы с оборудованием прибора. Свяжитесь с Keysight.
+903	Self-Test failed: real-time clock setting lost (Сбой самодиагностики: утрачены настройки часов реального времени)	Выполните сброс часов прибора с помощью кнопок Utility (Инструменты) -> System Setup (Настройка системы) -> Date/Time (Дата/Время) или команды SYSTem:TIME or SYSTem:DATE. Повторите процесс самодиагностики.
+904	Self-Test failed: main CPU error accessing boot environment (Сбой самодиагностики: ошибка главного процессора при обращении к среде загрузки)	
+905	Self-Test failed: failed to read FPGA revision (Сбой самодиагностики: не удалось прочитать версию FPGA)	Проверьте наличие обновлений прошивки, установите свежую версию, если потребуется, и повторите процесс самодиагностики. Если ошибка происходит в последней версии прошивки, свяжитесь с Keysight.
+906	Self-Test failed: FPGA revision is less than expected (Сбой самодиагностики: более старая версия FPGA, чем ожидалось)	
+907	Self-Test failed: PIC communication failure (Сбой самодиагностики: сбой обмена данными с PIC)	

Таблица A-1 Описание сообщений об ошибках 53210A

Код	Сообщение	Описание
+908	Self-Test failed: battery test failed (Сбой самодиагностики: сбой проверки аккумулятора)	В процессе самодиагностики выполняется проверка связи с опциональными блоками аккумулятора, GPIB и канала 2. Проверьте наличие обновлений прошивки, установите свежую версию, если потребуется, и повторите процесс самодиагностики. Если ошибка происходит в последней версии прошивки, свяжитесь с Keysight.
+909	Self-Test failed: GPIB test failed (Сбой самодиагностики: сбой проверки GPIB)	
+910	Self-Test failed: channel 2 test failed (Сбой самодиагностики: сбой проверки канала 2)	
+911	Self-Test failed: front panel revision check failed (Сбой самодиагностики: сбой проверки версии передней панели)	Проверьте наличие обновлений прошивки, установите свежую версию, если потребуется, и повторите процесс самодиагностики. Если ошибка происходит в последней версии прошивки, свяжитесь с Keysight.
+912	Self-Test failed: measurement board test failed (Сбой самодиагностики: сбой проверки платы измерений)	

Алфавитный указатель

Символьные

*RCL, 208
*SAV, 208

C

CONFigure?, 91

G

GPIB

адресная строка, 67
добавление
приборов, 65
изменение адреса, 63, 67
конфигурация
интерфейса, 56

I

IP-адрес и имя хоста
получение, 50
IP-адреса и имена
хостов, 60
IVI-COM
обновления
драйверов, 70, 75

L

L4490A

главный экран
веб-интерфейса, 49
с использованием
веб-интерфейса, 49

L4491A

главный экран
веб-интерфейса, 49
с использованием
веб-интерфейса, 49

LAN

добавление
приборов, 57
конфигурация
интерфейса, 56

M

M/x-B, 152
Mx-B, 149, 151

N

NISPOM, 43

U

USB

адресная строка, 63
добавление
приборов, 62
конфигурация
интерфейса, 56
USB-накопители, 200

A

абсолютный пороговый
уровень, 111
автовыравнивание, 112
автоматическое
выравнивание
системы, 115
частотный
диапазон, 115
автоматическая
установка диапазона, 170
автоматическое
выравнивание, 41
адресация
IP-адреса и имена
хостов, 61
изменение
адреса GPIB, 67
адресация прибора
IP-адреса и имена
хостов, 61
адресная
строка GPIB, 67
адресная
строка USB, 63
адресная строка
GPIB, 63, 67

Б

Библиотеки ввода-
вывода, 54

библиотеки ввода-
вывода

системные
требования, 55

Библиотеки ввода-
вывода Keysight

системные
требования, 55

библиотеки ввода-
вывода Keysight

установка, 54

бит перегрузки
по напряжению, 104

буфер вывода
описание, 194

передача отсчетов, 194

В

ввод-вывод (IO)

добавление
приборов GPIB, 65

добавление
приборов LAN, 57

веб-интерфейс
конфигурация

браузера, 50
начало работы, 49

подключение
прибора, 49

Веб-интерфейс прибора
и интерактивный ввод-
вывод, 67

вид
дисплея, 25

задней панели, 24
передней панели, 23

вид дисплея, 25
вид задней панели, 24

вид передней панели, 23
включение, 160

включение аккумулятора, 31
включение линейчатых
диаграмм, 165

включение питания, 29
включение проверки

пределов, 160
включение статистических

функций, 156

включение функций масштабирования,	148	канал,	100	для обновления прошивки,	70
внешний вид прибора,	26	характеристики,	100	защита прибора NISPON,	43
внешний вид прибора,	26	выключение аккумулятора,	31	звуковой сигнализатор,	39
внешний источник опорного сигнала,		выключение выхода стробирования,	142		
пример,	81	Г		И	
внешний источник строба,	142	генератор опорных сигналов		изменение адреса GPIB,	63, 67
внешний опорный сигнал обнаружение частоты,	81	использование внешнего генератора опорных сигналов,	79	изменение настроек частотомера после CONFIGure,	90
внутренняя флеш-память,	200	настройка, частоты внешнего сигнала,	79	измерения низкочастотных сигналов, низкочастотные сигналы,	113
время и дата	40	гистерезис,	81	измерения период,	97
настройка,	40	графики тренда	116	частота,	92
время строба	137	очистка,	188	частотный коэффициент,	94
измерения частоты,	137	графики трендов		измерения периода,	97
встроенная справочная система,	34	прореживание отсчетов,	181	измерения частотного коэффициента,	94
вход				измерения частоты,	92
автоматическое выравнивание,	112	Д		настройка времени строба,	137
бит перегрузки	104	данные	147	полярность внешнего сигнала	140
по напряжению,	104	масштабирования,		стробирования,	140
защитные пределы,	104	десятичный	37	порог внешнего сигнала	141
измерения силы сигнала,	119	разделитель,	105	стробирования,	136
измерения уровней сигнала,	119	диапазон,		имена папок	
коэффициент пробника,	106	диапазон автоматического выравнивания системы,	115, 116	ввод с передней панели,	202
обзор настроек,	102	диапазоны		имена хостов	
подавление шума,	116	для линейчатой диаграммы		и IP-адреса,	60
пороговый уровень	110	автоматическая	170	импеданс,	103
и чувствительность,	110	настройка,	56	пример,	103
пример подавления шума,	117	драйверы IVI		импульсные помехи,	28
пример порогового уровня,	113	установка,	153	имя хоста и IP-адрес	50
пример фронта,	118	Е		получение,	67, 68
пробники,	103	единицы измерения		интерактивный ввод-вывод,	
связь по входу,	107	для отсчетов,		интерфейс ввода-вывода	
совместимость входов пробников,	106	З		добавление приборов,	56
тракт сигнала,	101	загрузка	75	интерфейсы ввода-вывода ПК	56
фильтр низких частот,	108	драйвера IVI-COM,	71	LAN, GPIB, USB,	
фронт порога,	117	загрузка обновлений прошивки,	131		
входной диапазон,	105	запуск частотомера,			
импеданс,	103	защита калибровки			
		отключение			

использование
встроенной справочной
системы, 34
источник строба, 134

К

каталогизация папок, 217
кнопки передней панели
конфигурация входного
канала, 101
количество контрольных
точек, 130
количество отсчетов
запрос, 198
статистические функции, 156
команды CONFigure, 90
команды MEASure, 88, 90
команды
MEASure и CONFigure, 88
конфигурация дисплея, 35
конфигурация интернет-
браузера, 50
конфигурация компьютера, 61
копирование файлов, 216
копирование файлов
с помощью передней
панели, 217
коэффициент пробника, 106
краткая информация
об измерениях с помощью
частотомера, 78

Л

линейчатые диаграммы, 163
включение, 165
настройка, 167, 178
нижняя и верхняя
границы, 168
отображение
на передней панели, 164, 177
очистка данных, 179
пример, 171
просмотр данных, 177
сброс, 172, 188
столбики, 167
установка
минимальных
и максимальных
значений для границ
диапазона столбика, 169

М

мастер подключений
добавление приборов
в конфигурацию USB, 62
мастер подключений Keysight
добавление
приборов GPIB, 65
добавление
приборов USB, 62
поиск приборов LAN, 58
мастер подключений Keysight
(Connection Expert)
добавление
приборов LAN, 57
мастер подключения Keysight
интерактивный ввод-
вывод, 67, 68
масштабирование данных, 147
математические операции
статистические функции, 155
математические функции
M/x-B, 152
включение, 145
масштабирование, 149
проверка пределов, 159
сглаживание данных, 146
материалы, поставляемые
в комплекте со частотомером, 26

Н

назначаемые пользователем
единицы измерения, 153
настройка
даты и времени, 40
настройка данных
линейчатой диаграммы, 167, 178
настройка источника строба, 134
нормирование сигнала
краткий обзор настроек, 101

О

обновления драйверов, 70
обновления прошивки, 70
загрузки, 71
отключение защиты
калибровки, 70
отключение режима
эмуляции, 71
служебная программа
обновления, 71
установка, 72

общая информация
о программировании, 48
ограничение полосы
пропускания, 108
подавление шума, 117
окружающие условия
при эксплуатации, 27
опорные значения
пример, 151
функции
асштабирования, 150
опорный гетеродин
питание в режиме сна, 83
определение уровня заряда
аккумулятора, 32
опции канала, 100
опция 300, аккумулятор, 31
относительный пороговый
уровень, 112
очистка данных
линейчатой диаграммы, 172, 179
очистка статистических
значений, 159
очистка условий пределов, 162

П

память
влияние графических
функций, 188
внутренняя флеш-
память, 200
очистка, 188
память отсчетов, 193
влияние графических
функций, 188
папка по умолчанию, 203
передача отсчетов
в буфер вывода, 194
пороговое значение
отсчетов, 198
создание папок, 201
создание файлов данных, 203
создание файлов
состояния, 205
папки
каталоги, 217
по умолчанию, 203
удаление, 213
файлы данных
и конфигураций, 201, 203
файлы состояния, 205
передача блоков данных, 191

порядок байтов, 191
 передача отсчетов
 из памяти в буфер
 вывода, 194
 Передняя панель, 23
 передняя панель
 описание, 193
 поля, 193
 перезагрузка по питанию, 30
 перемещение файлов, 216
 питание в «спящем»
 режиме, 30, 83
 Платы LAN, несколько, 69
 подавление шума, 116
 подавление шума
 благодаря ограничению
 полосы пропускания, 117
 подсистема CALCulate1, 145
 поиск приборов, 58
 пользовательские настройки
 сохранение и загрузка, 207
 пользовательский выбор
 состояния при включении
 питания, 210
 полярность внешнего
 сигнала стробирования, 140
 полярность сигнала
 стробирования
 измерения частоты, 140
 порог внешнего сигнала
 стробирования, 141
 порог сигнала стробирования
 измерения частоты, 141
 пороговое значение
 память отсчетов, 198
 пороговый уровень, 110
 абсолютный, 111
 автоматическое
 выравнивание, 112
 относительный, 112
 пример, 113
 со связью по постоянному
 и переменному току, 113
 поставляются вместе
 с частотомером, 26
 поток данных, 192
 пример выбора диапазона, 105
 пример подавления шума, 117
 пример фронта, 118
 пример фронта для входа, 118
 пример частоты
 автовыравнивания, 116
 примеры

DATA
 LAST?, 197
 REMove?, 197
 FETCh?, 195
 R?, 196
 READ?, 194
 измерения периода,
 измерения частотного
 коэффициента, 95
 измерения частоты, 93
 использование внешнего
 опорного сигнала, 81
 масштабирование данных, 154
 пороговое значение
 для памяти, 198
 создание файла данных, 204
 создание файлов
 состояния, 206
 удаление папки, 213
 установка частоты
 автовыравнивания, 116
 пробники, 103
 входной диапазон, 105
 проверка верхних пределов, 161
 проверка нижних пределов, 161
 проверка пределов, 159, 160
 очистка пределов, 162
 очистка регистра
 некачественных
 результатов, 162
 пример, 162
 регистр некачественных
 результатов, 159
 установка нижнего
 и верхнего пределов, 161
 программирование
 53220A/53230A, 48
 произвольный блок
 с неизвестной длиной, 190
 произвольный блок
 с фиксированной длиной, 190
 прокси-сервер, 50, 61
 прореживание, 181
 прореживание отсчетов, 181
 просмотр данных
 линейчатой диаграммы, 177
 прочие настройки
 автоматическое
 выравнивание, 41
 дата и время, 40
 развертка, 41
 тайм-аут измерения, 41, 84
 прошивка, обновление, 70

Р

работа от аккумулятора, 31
 аккумулятор используется, 32
 включение и выключение
 аккумулятора, 31
 определение уровня
 заряда аккумулятора, 32
 рабочие условия, 27, 28
 развертка, 41
 разделитель групп разрядов, 37
 размер передачи отсчета, 191
 разрешение
 и время строба, 136
 разряды, 136
 разряды разрешения, 136
 разъем BNC выхода
 стробирования, 142
 регистр некачественных
 результатов
 очистка, 162
 регистр некачественных
 событий
 бит перегрузки
 по напряжению, 104
 регистр некачественных
 условий
 бит перегрузки
 по напряжению, 104
 режим эмуляции
 отключение
 для обновления прошивки, 71
 серия 53100, 42
 режимы дисплея, 164, 177
 режимы дисплея передней
 панели, 164, 177
 реле защиты, 104
 руководства, 27
 руководства по прибору, 27

С

самодиагностика
 увеличение тайм-аута
 с помощью интерактивного
 ввода-вывода, 69
 сброс линейчатых диаграмм, 172
 сброс пределов, 162
 связь
 пример, 108, 147
 связь по входу, 107
 связь по входу и пороговые
 уровни, 113
 связь по переменному току, 107

PPM,	149
SCALE,	149
включение,	148
назначение единиц	
измерения для отсчетов,	153
опорное значение,	150
пример,	154
усиление и смещение,	151
функция помощи прибора,	34

X

характеристики канала,	100
характеристики электропитания при эксплуатации,	28

Ц

цикл стробирования,	124
цикл триггера,	124

Ч

частота внешнего опорного сигнала,	81
числовой формат,	36
десятичный разделитель,	37
разделитель групп	
разрядов,	37
чувствительность,	110

Э

электрические требования,	28
временная память,	193

Я

язык справки	
китайский,	39
корейский,	39
немецкий,	39
французский,	39
японский,	39

Данная информация может быть изменена без предварительного уведомления. Последнюю версию документа ищите на веб-сайте Keysight.

© Keysight Technologies 2011–2017
Редакция 3, 1 сентября, 2017 года.

Отпечатано в Малайзии



53210-90002

www.keysight.com