



**Универсальные частотомеры-таймеры  
до 350 МГц  
Agilent 53220A/53230A**

**Руководство для пользователя**



**Agilent Technologies**



**НАУЧНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

## Уведомления

© Agilent Technologies, Inc., 2010

Сведения, содержащиеся в настоящем Руководстве, носят исключительно информационный и рекомендательный характер. Ответственность за эксплуатацию оборудования и использование программного обеспечения Agilent Technologies несет пользователь в соответствии с применимым законодательством. Компания Agilent Technologies в настоящем Руководстве не предоставляет каких-либо юридических гарантий относительно оборудования и программного обеспечения Agilent Technologies, включая гарантии использования данного оборудования для определенных целей. При наличии ошибок в настоящем Руководстве необходимо обратиться к поставщику оборудования для избежания возможных убытков в связи с ненадлежащей эксплуатацией оборудования Agilent Technologies.

Без предварительного согласования и письменного разрешения компании Agilent Technologies, Inc. не допускается воспроизведение данного Руководства или его частей в любой форме и любыми средствами (включая электронные средства хранения и поиска информации, а также перевод на иностранный язык), как это регулируется законодательством США и международным авторским правом.

### Издательская информация

Номер публикации: 53220-90001  
Первое издание, сентябрь 2010 г.

### Программные обновления и лицензии

Компания Agilent Technologies периодически выпускает программные обновления для устранения выявленных дефектов и усовершенствования продукции. Для поиска программных обновлений и новейшей документации для ваших приборов обращайтесь на наш сайт:

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A)  
[www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

Часть программного обеспечения в этом приборе лицензируется на условиях General Public License Version 2 ("GPLv2"). Текст этой лицензии и код источника можно найти на сайте:

[www.agilent.com/find/GPLV2](http://www.agilent.com/find/GPLV2)

В этом приборе используется операционная система Microsoft Windows CE. Мы настоятельно рекомендуем, чтобы все компьютеры с операционной системой Windows, подключенные к приборам на основе Windows CE, использовали современное антивирусное программное обеспечение. За дополнительной информацией обращайтесь на сайт:

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A)  
[www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

### Технические лицензии

Описанные в данном документе аппаратные и/или программные средства поставляются с лицензией. Их применение или копирование допускается только в соответствии с условиями такой лицензии.

### Декларация соответствия

Декларацию соответствия для этого прибора и других приборов Agilent можно загрузить из Интернета. Зайдите на сайт <http://regulations.corporate.agilent.com> и щелкните мышью "Declarations of Conformity". Вы можете вести поиск Декларации соответствия по модели прибора.

### Сертификация

Компания Agilent Technologies удостоверяет, что это изделие соответствует опубликованным техническим спецификациям в момент отгрузки с предприятия. Кроме того, компания Agilent Technologies удостоверяет, что калибровочные измерения имеют привязку к эталонам Национального института стандартов и технологий США в той степени, в какой это допускается средствами калибровки упомянутого Института или средствами калибровки других членов Международной организации по стандартизации (ISO).

### Экологическая информация

Этот прибор соответствует требованиям Директивы ЕС по маркировке WEEE (2002/96/EC). Прикрепленная к нему этикетка указывает на недопустимость ликвидации этого электронного изделия вместе с бытовыми отходами.

#### Категория изделия:

Согласно Приложению 1 к Директиве WEEE, это изделие классифицируется как "контрольно-измерительное оборудование". К нему прикреплена следующая этикетка:



#### Не выбрасывать вместе с бытовым мусором!

Для возврата отслуживших изделий обращайтесь в местное представительство компании Agilent Technologies. За дополнительной информацией обращайтесь на наш сайт:

[www.agilent.com/environment/product](http://www.agilent.com/environment/product)

### Утилизация литиевых батарей



Частотомеры 53220A/53230A содержат "пуговичную" литиевую 3-вольтовую батарею. Мы рекомендуем заменять эту батарею раз в год при ежегодной калибровке прибора. Процедура замены описана в Сервисном руководстве для приборов 53220A/53230A.

Опция 300 обеспечивает питание прибора 53220A или 53230A от 12-вольтовой литиевой аккумуляторной батареи. С течением времени характеристики этой батареи ухудшаются в зависимости от количества циклов заряда-разряда.

При утилизации отслуживших литиевых батарей соблюдайте местные и национальные предписания.



# Сервис и техническая поддержка от Agilent Technologies в России

Компания Agilent предлагает широкий спектр услуг по обслуживанию измерительного оборудования:

- Ремонт (гарантийный и после гарантии)
- Расширение гарантии (на 3 и 5 лет)
- Договор на сервисное обслуживание
- Калибровка
- Поверка
- Инсталляция
- Модернизация

Эти услуги могут быть приобретены как вместе с заказом прибора, так и отдельно после его покупки (за исключением Расширения Гарантии, которая может быть приобретена только вместе с прибором).

## Сервисный центр Agilent

Официальное открытие Сервисного Центра Agilent в Москве состоялось в 2007 году. Он является составной частью мировой системы Agilent по техническому обслуживанию контрольно-измерительного оборудования.

**Квалификация и компетентность персонала и техническое оснащение** сервисного центра Agilent являются решающим фактором успеха компании на мировом рынке и в России.

**Тесное взаимодействие с мировой системой сервиса Agilent** позволяет проводить регулярное обучение инженеров на заводах и сервисных центрах компании по всему миру, напрямую получать необходимую техническую консультацию от разработчиков приборов.

**Сервисный центр Agilent в Москве оснащен самым современным оборудованием** для проведения разных видов технического обслуживания, в том числе ремонта, калибровки и поверки оборудования, с возможностью выдачи детальных отчетов.

Для ремонта оборудования **используются только оригинальные запасные части и комплектующие**. Имеется **локальный склад запасных частей**.

Высокий уровень качества услуг позволил компании Agilent получить **лицензию на ПОВЕРКУ систем измерения до 40 ГГц**, которая будет расширяться по частоте и модельному ряду оборудования Agilent, продаваемого в России.

## Наиболее востребованные сервисные услуги от Agilent:

### ➤ **РАСШИРЕНИЕ ГАРАНТИИ**

Включается как сервисная опция при покупке вместе с оборудованием. Ее цена фиксируется на весь срок действия (3 или 5 лет), что существенно экономит бюджет и сокращает время на процедуры согласования при каждом сервисном случае. Работы проводятся быстро благодаря наличию локального склада запасных частей и всех необходимых средств для проведения калибровки и поверки оборудования. Это позволяет сократить время простоя оборудования пользователя до минимума.

### ➤ **ДОГОВОР НА СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

Предлагается для сервисного обслуживания различного типа оборудования в любом количестве, гарантийные сроки которого закончились, или Заказчику требуются дополнительные сервисные услуги и/или условия их предоставления, не вошедшие в стандартную гарантию. В договор могут быть включены любые услуги, предоставляемые сервисным центром. Заключение договора на сервисное обслуживание позволяет планировать необходимый запас запчастей на складе и составлять календарные планы проведения работ (по поверке и калибровке), что существенно сокращает время простоя оборудования. Предмет и условия договора определяются индивидуально, исходя из потребностей каждого Заказчика.

### ➤ **ПОВЕРКА**

Предлагаются услуги по проведению **первичной и периодической** поверки.

**Преимуществами Поверки от Agilent являются:**

- Первичная поверка вместе с покупкой нового оборудования или после ремонта
- Периодическая поверка
- Составление графиков поверки (при покупке Планов Поверки на 3 и 5 лет)
- Информирование заказчика о приближении срока окончания действия поверки
- Согласование новых сроков проведения поверок
- Скорость проведения поверки (в среднем 5 рабочих дней)

Поверка приборов проводится в строгом соответствии с установленными методиками поверки.

Для приборов, прошедших успешно процедуру поверки, выписывается **сертификат установленного образца**.

## ➤ КАЛИБРОВКА

Оборудование Agilent обладает высокоточными и стабильными характеристиками. Для поддержания стабильных показателей измерений завод-производитель рекомендует с определенной регулярностью проводить калибровку оборудования согласно типу прибора. Интервалы между калибровками могут увеличиваться, если статистика измерений за длительный промежуток времени показывает стабильные измерения прибора.

Калибровка в Сервисном центре Agilent проводится согласно требованиям технической документации завода-изготовителя. В случае отклонения измерений от нормы при проведении калибровки сервисная служба Agilent проводит их настройку бесплатно (за исключением случаев, требующих проведения ремонта).

По результатам калибровки выдается сертификат стандарта Agilent и полный протокол результатов измерений.

Сервисный центр Agilent предлагает следующие виды калибровок:

- Стандартная заводская калибровка Agilent – полная калибровка прибора согласно спецификации и стандартам качества Agilent
- Калибровка по специальным требованиям заказчика

### **Пункты «Приема и Выдачи» оборудования Agilent**

Для удобства проведения сервисных услуг в удаленных регионах России компания Agilent разработала программу «Приемных пунктов» оборудования торговой марки Agilent для заказчиков, чьи офисы расположены за пределами Москвы и Московской области. В такие «пункты» заказчики могут сдать оборудование, требующее сервисного обслуживания, и там же получить обратно уже обслуженное оборудование.

Адреса таких пунктов можно узнать на официальном сайте компании Agilent или в Сервисном Центре Agilent в Москве.

### **Доступность к информации по интернет 24x7 “Infoline”**

#### **Информационная система INFOLINE**

Компания Agilent предоставляет своим заказчикам широкий спектр информации и сервисов через информационную систему “Infoline”, которая успешно прошла полную локализацию на русский язык в 2011 году (<http://www.agilent.com/find/service>).

Вы можете легко и удобно:

- Проверить гарантийные условия и сроки для вашего оборудования
- Скачать сертификаты по калибровке
- Узнать дату окончания технической поддержки (end of support)
- И многое другое ...

### **«Запрос-заявка» на сервисное обслуживание**

Для сервисного обслуживания приборов в Сервисном Центре Agilent в Москве необходимо подать заявку:

- Либо по телефону +7 (495) 797-39-30 (с 09:00 до 18:00, кроме субботы и воскресенья);
- Либо по электронной почте: [tmo-russia@agilent.com](mailto:tmo-russia@agilent.com).

### **Контактная информация Сервисного Центра Agilent в России**

#### **Адрес:**

Космодамианская наб. 52, строение 1

г. Москва, 115054, Россия

**Телефон:** +7 (495) 797-39-30

**Эл.адрес:** [tmo\\_russia@agilent.com](mailto:tmo_russia@agilent.com)

**Часы работы:** с 09:00 до 18:00 (кроме субботы, воскресенья и праздничных дней)

# Содержание

---

Указания мер безопасности .....	6
<b>1 Подготовка прибора к работе .....</b>	<b>9</b>
1.1 Описание передней и задней панели .....	10
1.1.1 Передняя панель .....	10
1.1.2 Задняя панель .....	10
1.1.3 Дисплей .....	11
1.2 Сведения о приборе .....	11
1.2.1 Прилагаемые принадлежности и опции .....	11
1.2.2 Условия эксплуатации и хранения .....	12
1.2.3 Требования к электропитанию .....	13
1.3 Включение прибора .....	13
1.3.1 Светодиодный индикатор состояния питания .....	13
1.3.2 Дежурное питание .....	14
1.3.3 Питание прибора от аккумуляторной батареи .....	14
1.3.4 Обращение с аккумуляторной батареей .....	16
1.3.5 Встроенная справочная система (Help) .....	16
1.4 Вспомогательные функции .....	16
1.4.1 Конфигурирование дисплея .....	17
1.4.2 Взаимодействие с пользователем .....	19
1.4.3 Установки общих параметров .....	20
1.5 Как организовано это Руководство для пользователя .....	22
<b>2 Установка программного обеспечения и конфигурирование интерфейсов .....</b>	<b>23</b>
2.1 Требования к программному обеспечению .....	23
2.2 Применение Web-интерфейса частотомера .....	23
2.2.1 Присоединение частотомера и просмотр его начальной страницы .....	24
2.2.2 Описание Web-интерфейса .....	25
2.3 Установка программного пакета Agilent IO Libraries .....	26
2.3.1 Установка приборных драйверов .....	27
2.3.2 Добавление приборов в интерфейс компьютера .....	27
2.3.3 Конфигурирование интерфейса LAN .....	28
2.3.4 Конфигурирование интерфейса USB .....	31
2.3.5 Конфигурирование интерфейса GPIB .....	32
2.3.6 Применение утилиты Interactive IO .....	34
2.4 Обновление микропрограмм и драйверов .....	35
2.4.1 Отключение защиты калибровки .....	35
2.4.2 Режим эмуляции языка SCPI .....	35
2.4.3 Загрузка и установка утилиты обновления .....	35
2.4.4 Загрузка микропрограммного обновления .....	36
2.4.5 Установка микропрограммного обновления .....	36
2.4.6 Загрузка обновлений драйверов IVI-COM .....	37
<b>3 Измерения .....</b>	<b>38</b>
3.1 Виды измерений .....	38
3.2 Конфигурирование генератора опорной частоты .....	39
3.2.1 Источник опорной частоты .....	40
3.2.2 Дежурное питание генератора опорной частоты (опция 010) .....	42
3.3 Установка режима измерений .....	43
3.4 Установка предельной длительности измерения (Time Out) .....	43

3.5	Синтаксис команд SCPI .....	44
3.6	Команды MEASure и CONFigure .....	45
3.6.1	Применение команд MEASure .....	47
3.6.2	Применение команд CONFigure .....	47
3.7	Измерение частоты и периода .....	49
3.7.1	Измерение частоты .....	49
3.7.2	Измерение отношения частот .....	50
3.7.3	Измерение периода .....	51
3.7.4	Измерения с временными метками (Time Stamp) .....	53
3.8	Измерения временных параметров .....	55
3.8.1	Измерение интервалов времени .....	55
3.8.2	Измерение времени нарастания и времени спада .....	58
3.8.3	Измерение длительности импульсов .....	60
3.8.4	Измерение коэффициента заполнения .....	62
3.8.5	Измерение фазового сдвига .....	64
3.8.6	Измерение одинарного периода .....	65
3.9	Суммирующие измерения .....	66
3.9.1	Суммирование со стробированием .....	66
3.9.2	Непрерывное суммирование .....	68
3.10	Измерение параметров пакетов импульсов .....	69
3.10.1	Измерение несущей частоты .....	70
3.10.2	Измерение периода и частоты повторения импульсов .....	71
3.10.3	Измерение длительности положительной и отрицательной части пакета импульсов .....	72
<b>4</b>	<b>Формирование входных сигналов .....</b>	<b>74</b>
4.1	Характеристики каналов .....	74
4.2	Тракт формирования сигналов .....	74
4.2.1	Входной импеданс .....	75
4.2.2	Входной амплитудный диапазон .....	76
4.2.3	Характер связи на входе .....	77
4.2.4	Ограничение полосы частот с помощью фильтра нижних частот .....	78
4.2.5	Пороговый уровень и чувствительность .....	79
4.2.6	Порог детектора при измерениях пакетных сигналов .....	83
4.2.7	Подавление шумов (гистерезис) .....	84
4.2.8	Установка фронта входного сигнала для пересечения порога .....	85
4.3	Измерение уровней входных сигналов .....	86
<b>5</b>	<b>Запуск и стробирование .....</b>	<b>87</b>
5.1	Сводка установок параметров .....	87
5.2	Цикл запуска и стробирования .....	88
5.2.1	Системный запуск .....	91
5.2.2	Состояния ожидания запуска и "после запуска" .....	95
5.3	Стробирование измерений .....	96
5.3.1	Установка параметров стробирования .....	97
5.3.2	Измерение частоты .....	98
5.3.3	Суммирование .....	102
5.3.4	Измерения интервалов времени .....	105
5.3.5	Вывод сигналов стробирования на соединитель BNC "Gate In/Out" .....	106
5.3.6	Измерение несущей частоты пакетных сигналов .....	107
5.3.7	Расширенное управление стробированием – пуск стробирования .....	110
5.3.8	Расширенное управление стробированием – останов стробирования и задержка останова стробирования .....	113
5.3.9	Автоматическое продление строб-импульсов .....	117

<b>6</b>	<b>Математические функции, графики и регистрация данных</b>	<b>118</b>
6.1	Математические функции	118
6.1.1	Подключение подсистемы CALCulate1	119
6.1.2	Сглаживание данных	120
6.1.3	Функции масштабирования	121
6.1.4	Статистика	125
6.1.5	Допусковый контроль	128
6.2	Гистограммы	130
6.2.1	Наблюдение гистограмм	130
6.2.2	Конфигурирование гистограмм	132
6.3	Графики тренда	138
6.3.1	Отображение графиков тренда	138
6.4	Регистрация данных	142

### Сокращения и условные обозначения

<b>AC</b>	переменное напряжение, переменный ток
<b>DC</b>	постоянное напряжение, постоянный ток
<b>DUT</b>	испытываемое устройство, объект измерений
<b>ОСХО</b>	термостатированный кварцевый генератор
<b>pct</b>	процентное значение (%)
<b>ppb</b>	одна миллиардная часть (пробиль), $10^{-9}$
<b>ppm</b>	одна миллионная часть (промилль), $10^{-6}$
<b>PRF</b>	частота повторения импульсов
<b>PRI</b>	период повторения импульсов
<b>ТСХО</b>	термокомпенсированный кварцевый генератор



## Указания мер безопасности

Изложенные ниже общие указания мер безопасности необходимо соблюдать на всех этапах работы с данным прибором. Несоблюдение этих указаний наряду с другими содержащимися в тексте предупредительными указаниями вступает в противоречие со стандартами безопасности, поддерживаемыми при разработке, изготовлении и применении прибора по назначению. Компания Agilent Technologies не несет ответственности за последствия несоблюдения пользователями этих мер предосторожности.

### Общие указания

Не применяйте этот прибор иными способами, помимо описанных в данном Руководстве. Это может привести к ухудшению защитных функций прибора.

### Меры предосторожности перед включением прибора

Проследите за соблюдением всех мер предосторожности. Обратите внимание на нанесенные на прибор символы техники безопасности, описание которых приведено ниже.

### Заземлите прибор

Приборы 53220A/53230A оборудованы сетевым шнуром, снабженным вилкой с контактом защитного заземления. Для минимизации риска поражения электрическим током шасси прибора и его кожух должны быть соединены с контуром заземления. Прибор должен подключаться к сети переменного напряжения только через заземленный сетевой кабель, защитный провод которого должен иметь надежное соединение с землей через сетевую розетку, оборудованную контактом защитного заземления. Обрыв в цепи этого защитного провода или отсоединение его от клеммы защитного заземления может привести к опасности поражения электрическим током.

### Предохранители

Приборы 53220A/53230A снабжены внутренним плавким предохранителем, рассчитанным на сетевое напряжение, обозначенное на приборе. Этот предохранитель недоступен для пользователя.

### Не работайте с прибором во взрывоопасной атмосфере

Не работайте с прибором при наличии в атмосфере воспламеняющихся газов или паров.

### Не работайте с прибором вблизи воспламеняющихся жидкостей

Не работайте с прибором в присутствии воспламеняющихся жидкостей и вблизи емкостей с такими жидкостями.

### Не снимайте крышку прибора

Крышку прибора разрешается снимать только квалифицированному и обученному персоналу, проинструктированному в отношении источников опасности. Прежде чем снимать крышку прибора, необходимо отсоединить сетевой кабель и внешние цепи.

### Не вносите в прибор технические изменения

Не устанавливайте самостоятельно запасные части и не вносите в прибор несанкционированные технические изменения. В интересах поддержания состояния безопасности прибора отправляйте его в случае необходимости в сервисный центр компании Agilent Technologies для технического обслуживания или ремонта.

### Не работайте с поврежденными приборами

Приборы, имеющие признаки повреждения или неисправности, следует вывести из эксплуатации и принять меры, исключающие возможность их применения, пока они не будут отремонтированы квалифицированным персоналом технического сервиса.

### Очистка от загрязнений

Протирайте внешнюю поверхность мягкой безворсовой слегка увлажненной салфеткой. Не применяйте моющие средства и растворители.



## Предупредительные указания

### ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ

Это ключевое слово обозначает опасность и привлекает внимание пользователя к описаниям процедур, методик или условий, несоблюдение которых может привести к повреждению прибора или потере важных данных. Не переходите к выполнению действий, описанных после **предостережения**, пока не поймете и не выполните указанные условия.

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Это ключевое слово обозначает опасность и привлекает внимание пользователя к описаниям процедур, методик или условий, несоблюдение которых может привести к травмам персонала вплоть до смертельного исхода. Не переходите к выполнению действий, описанных после **предупреждения**, пока не поймете и не выполните указанные условия.

## Символы техники безопасности



Клемма заземления шасси



Этот символ указывает на необходимость обращения к технической документации за информацией по безопасности.



Символ переключения прибора в режим дежурного питания (Stand-by). Прибор не отсоединен полностью от сети переменного тока, когда выключатель питания находится в положении Stand-by.

**CAT I** Категория измерений I по классификации Международной электротехнической комиссии (IEC). **Не присоединяйте** входы прибора к электросети или к цепям, которые находятся под сетевым напряжением.

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

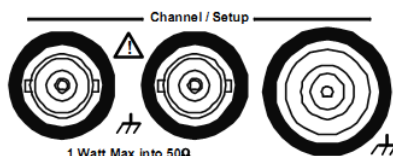
Не присоединяйте входные каналы прибора к электросети или к цепям, которые находятся под сетевым напряжением. Прибор должен применяться только в системах категории CAT I (изолированных от электросети). Не допускается его применение в системах других категорий измерений IEC (CAT II, CAT III или CAT IV). Несоблюдение этого указания может привести к поражению электрическим током.

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Внешние обоймы входных соединителей BNC соединены с шасси прибора. Проверяйте полярность сигналов перед тем, как подавать их на входные соединители.

## Предельно допустимое значение уровня входного сигнала

Универсальные частотомеры Agilent 53220A/53230A оборудованы схемой защиты, предотвращающей повреждение прибора и обеспечивающей защиту пользователя от поражения электрическим током, если не превышает предельно допустимое значение уровня входного сигнала и правильно заземлен прибор. Для обеспечения эксплуатационной безопасности прибора не допускается превышение предельно допустимого уровня, обозначенного на передней панели.



### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При питании прибора от аккумуляторной батареи максимальное значение подаваемого пользователем входного сигнала составляет  $\pm 42$  В.

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Приборные опции 201/292 добавляют параллельный вход канала 1 на заднюю панель прибора. Сигнал, подаваемый на центральный контакт соединителя BNC на передней или задней панели, дублируется при этом на соответствующем соединителе BNC, расположенном на противоположной панели.

## **Установка прибора**

Частотомеры Agilent 53220A/53230A работают при следующих диапазонах питающего напряжения:

100 ÷ 240 В, 50/60 Гц

100 ÷ 127 В, 440 Гц

Потребляемая мощность не более 90 ВА

Не загромождайте вентиляционные отверстия, расположенные по бокам и на задней панели прибора.

## **Питание прибора от аккумуляторной батареи**

При питании прибора 53220A/53230A от аккумуляторной батареи (опция 300) соблюдайте следующие предупредительные указания во избежание повреждения прибора и поражения персонала электрическим током.

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

При питании прибора от аккумуляторной батареи соедините его шасси с цепью заземления для минимизации опасности поражения электрическим током. Обрыв или отсоединение провода защитного заземления создает потенциальную опасность поражения электрическим током.

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

При питании прибора от аккумуляторной батареи шасси прибора может иметь плавающий потенциал измеряемого сигнала, подаваемого пользователем.



# 1 Подготовка прибора к работе

Добро пожаловать! Это Руководство для пользователя содержит информацию о конфигурировании и эксплуатации универсальных частотомеров-таймеров Agilent 53220A/53230A.

Частотомер 53220A/53230A представляет собой прибор, соответствующий требованиям LXI, класс C. Он оформлен в корпусе высотой 2U и шириной в половину модуля стандартного шкафа-стойки EIA.

LXI (LAN eXtensions for Instrumentation) – это приборный стандарт для устройств, использующих локальную сеть Ethernet (LAN) в качестве первичного коммуникационного интерфейса.

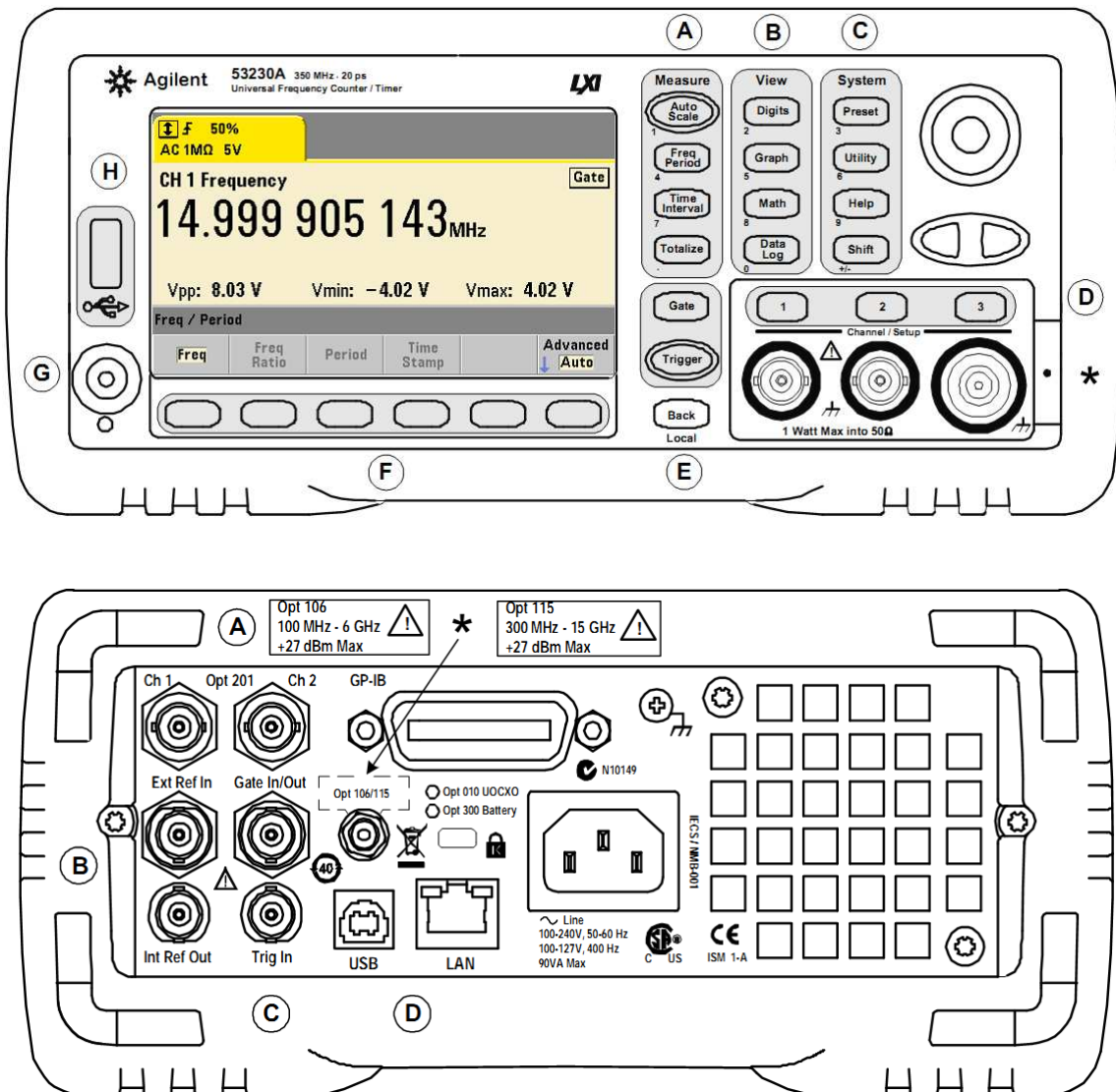


Рис. 1-1 Универсальный частотомер-таймер 53220A/53230A

## 1.1 Описание передней и задней панели

На рис. 1-1 показан внешний вид передней и задней панели универсального частотомера-таймера Agilent 53230A. Частотомеры 53220A и 53230A имеют одинаковые размеры и одинаковые приборные опции, за исключением опции 150 (микропрограмма импульсных измерений), которую можно применять только с прибором 53230A.

### 1.1.1 Передняя панель

Серым фоном на рис. 1-1 выделены группы клавиш, выполняющих сходные функции. Ниже кратко описаны эти группы.

- А. Измерительные клавиши** – служат для вывода на дисплей меню функциональных клавиш, из которых выбирают измерительную функцию. Клавиша **Auto Scale** контролирует входной сигнал (с частотой более 100 Гц) на входных каналах 1, 2 или 3 и автоматически устанавливает амплитудный диапазон и входной порог, необходимые для выполнения выбранного измерения. Измерения с помощью частотомера описаны в главе 3.
- В. Клавиши отображения** – служат для выбора характера отображения результатов измерений на передней панели. Конфигурирование отображения описано далее в этой главе. Графики, математические операции и регистрация данных рассмотрены в главе 6.
- С. Системные клавиши** – обеспечивают конфигурирование прибора на системном уровне, включая установку прибора в заданное состояние, обращение к вспомогательным функциям и обращение к встроенной справочной системе прибора. Для конфигурирования измерений, включающего в себя ввод численных значений, используется клавиша **Shift**, которая изменяет назначение клавиш на цифры, обозначенные слева внизу под отдельными клавишами.
- Д. Клавиши выбора каналов** – служат для выбора входных каналов и вывода на дисплей меню функциональных клавиш, которое используется для конфигурирования тракта входного сигнала. Обратите внимание на то, что на рис. 1-1 показан соединитель канала 3 (опция 106 / 115). Конфигурирование сигнального тракта описано в главе 4.
- Е. Клавиши временного селектора и запуска (Gate и Trigger)** – служат для вывода на дисплей меню функциональных клавиш стробирования (временной селекции) и запуска для управления измерениями. Функции стробирования и запуска рассмотрены в главе 5.
- Ф. Функциональные клавиши** – это система меню для конфигурирования прибора. Функции функциональных клавиш определяются приборными клавишами, как указано выше.
- Г. Кнопка включения-выключения** – служит для включения и выключения прибора (или для переключения в состояние дежурного питания "standby"). Дежурное питание (когда оно задействовано) производится от сети или от аккумуляторной батареи (опция 300) и служит для поддержания температуры термостатированного кварцевого генератора (ОСХО) – опция 010. За дополнительной информацией обращайтесь к разделу 1.3.
- Н. Порт USB "Host"** – служит для переноса результатов измерений и наборов параметров конфигурации прибора между частотомером и USB-накопителем. Порт USB на передней панели служит только для переноса данных. Порт USB на задней панели применяется для управления прибором (ввод-вывод).

### 1.1.2 Задняя панель

Задняя панель прибора 53230A, показанная на рис. 1-1, содержит приборную опцию 201 (параллельный вход на задней панели) и интерфейс GPIB (опция 400). Ниже вкратце описаны соединители на задней панели.

- А. Параллельные входы на задней панели** – приборные опции 201 и 202 добавляют параллельные входы на задней панели. Имейте в виду, что это **не отдельные** входы. Сигнал, подаваемый на центральный контакт соединителя BNC на передней или задней панели, дублируется при этом на соответствующем соединителе BNC, расположенном на противоположной панели. Конфигурирование сигнального тракта описано в главе 4.
- В. Ext Ref In** – соединитель для подачи внешнего сигнала опорной частоты. Допускается подача сигнала от внешнего генератора опорной частоты 1 МГц, 5 МГц или 10 МГц.

**Int Ref Out** – выходной соединитель внутреннего генератора опорной частоты 10 МГц. Это синусоидальный сигнал с эффективным значением напряжения 0,5 В на нагрузке 50 Ом.

Применение и конфигурирование генератора опорной частоты описано в главе 3.

**C. Gate In/Out** – это вход для внешних сигналов стробирования и выход для подачи сигнала с внутреннего временного селектора прибора на другие устройства. Дополнительные сведения об этом соединителе приведены в подразделе 5.3.5.

**Trig In** – это соединитель для подачи на прибор внешнего сигнала запуска. Запуск рассмотрен в главе 5.

**D. USB и LAN** – это стандартные порты ввода-вывода (I/O). Описание конфигурации этих портов и дополнительного интерфейса GPIB содержится в главе 2.

### 1.1.3 Дисплей

Структуру дисплея иллюстрирует рис. 1-2.

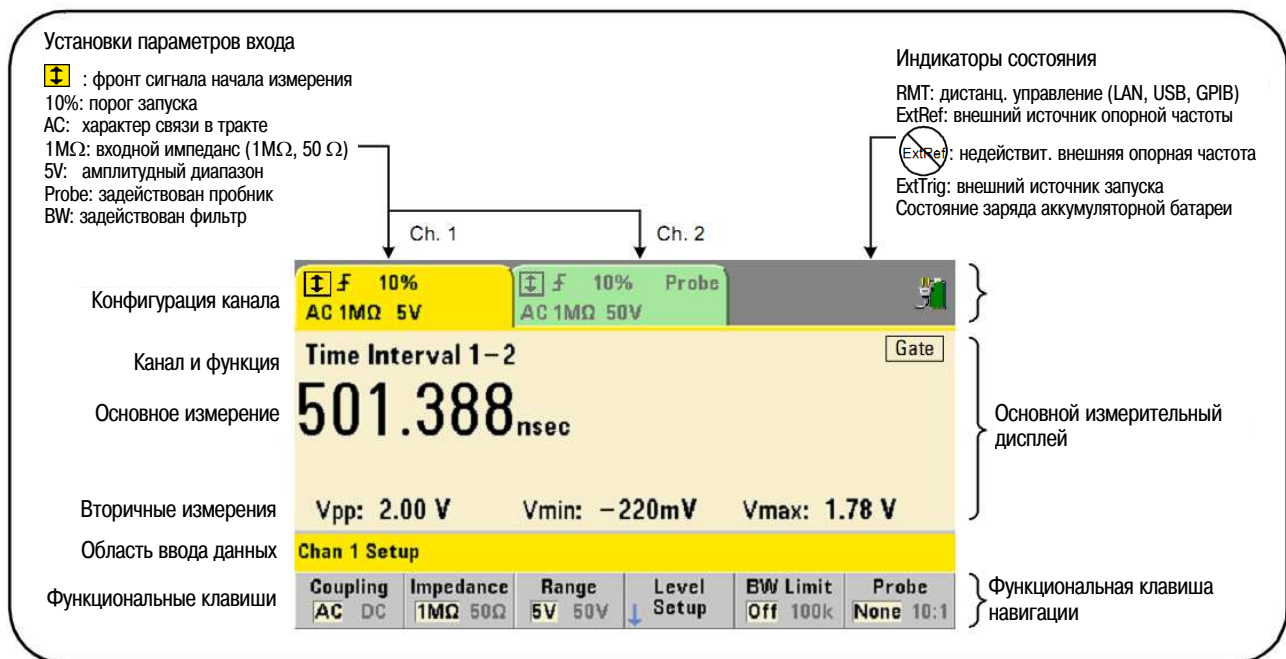


Рис. 1-2 Дисплей прибора 53220A/53230A

## 1.2 Сведения о приборе

В этом разделе перечислены принадлежности, прилагаемые к прибору 53220A/53230A, а также описаны условия эксплуатации, хранения и питания прибора.

### 1.2.1 Прилагаемые принадлежности и опции

К частотомеру прилагаются следующие стандартные принадлежности:

- 1) Сетевой шнур
- 2) Кабель USB
- 3) Компакт-диск с пакетом библиотечных программ Agilent I/O Libraries Suite
- 4) Компакт-диск Agilent 53210A/53220A/53230A Product Reference

Этот прибор может поставляться также с одной или несколькими установленными дополнительными опциями (см. таблицу 1-1 на следующей странице).

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Каждую из перечисленных в таблице 1-1 опций можно приобрести после первоначального получения прибора. Инструкции по установке этих опций изложены в Сервисном руководстве (Agilent 53210A/53220A/53230A Service Guide) (номер для заказа 53220-90010).

Таблица 1-1 Приборные опции частотомеров 53220A/53230A

53220A	
Опция 010	Сверхвысокостабильный термостатированный генератор опорной частоты (ОСХО)
Опция 106	СВЧ вход 6 ГГц (канал 3)
Опция 115	СВЧ вход 15 ГГц (канал 3)
Опция 201	Дополнительные параллельные входы канала 1 и канала 2 на задней панели
Опция 202	Установка опции 106/115 на передней панели
Опция 203	Установка опции 106/115 на задней панели
Опция 300	Внутренняя литиево-ионная аккумуляторная батарея с зарядным устройством
Опция 400	Интерфейс GPIB
53230A	
Опция 010	Сверхвысокостабильный термостатированный генератор опорной частоты (ОСХО)
Опция 106	СВЧ вход 6 ГГц (канал 3)
Опция 115	СВЧ вход 15 ГГц (канал 3)
Опция 150	Измерение СВЧ импульсов ( <i>только 53230A</i> )
Опция 201	Дополнительные параллельные входы канала 1 и канала 2 на задней панели
Опция 202	Установка опции 106/115 на передней панели
Опция 203	Установка опции 106/115 на задней панели
Опция 300	Внутренняя литиево-ионная аккумуляторная батарея с зарядным устройством
Опция 400	Интерфейс GPIB

### Техническая документация

К прибору 53220A/53230A может прилагаться следующая печатная документация:

- Краткое начальное руководство (Agilent 53220A/53230A Quick Start Tutorial) (номер для заказа 53220-90005)
- Руководство для пользователя (Agilent 53220A/53230A User's Guide) (номер для заказа 53220-90001)
- Сервисное руководство (Agilent 53210A/53220A/53230A Service Guide) (номер для заказа 53220-90010)

По умолчанию прибор 53220A/53230A поставляется без печатной документации (опция 0B0). Если вы заказали опцию 0B0, то к прибору прилагается только Краткое начальное руководство и компакт-диск 53210A/53220A/53230A Product Reference. На компакт-диске содержится вся документация. Чтобы получить печатную документацию, обращайтесь в представительство компании Agilent.

### Модели 53220A и 53230A

Содержащаяся в данном Руководстве информация относится к обоим моделям (53220A и 53230A), если не указано иное.

## 1.2.2 Условия эксплуатации и хранения

При **эксплуатации** частотомера 53220A/53230A примите во внимание следующие условия эксплуатации:

- **Окружающая среда:** EN 61010, степень загрязненности 2, эксплуатация в помещении
- **Температура:** 0°C ÷ +55°C
- **Относительная влажность:** 5% ÷ 80% (без конденсации)
- **Высота:** до 3000 метров над уровнем моря

Температурный диапазон при **хранении** частотомера 53220A/53230A составляет –30°C ÷ +70°C.

Соблюдайте осторожность при переносе частотомера из холодное места в теплое, где может сконденсироваться влага. Прежде чем включать прибор, подождите, пока не испарится сконденсированная влага и прибор достигнет теплового равновесия с окружающей средой.



### 1.2.3 Требования к электропитанию

Ниже приведены требования к электропитанию прибора 53220A/53230A.

<b>Источник питания:</b>	CAT I (не присоединять к сети переменного тока) 100 ÷ 240 В, 50/60 Гц (–5% ÷ +10%) 100 ÷ 120 В, 400 Гц (± 10%)
<b>Потребляемая мощность:</b>	Не более 90 ВА, когда включено питание или заряжается аккумуляторная батарея. Не более 6 ВА, когда выключено питание или в дежурном режиме.

Сетевое напряжение и его частота автоматически определяется прибором в момент включения. Поэтому здесь не требуется адаптация к напряжению питания (например, смена предохранителя или переключение сетевого напряжения).


#### ПРИМЕЧАНИЕ

За дополнительной информацией обращайтесь к разделу "Указания мер безопасности" на стр. 6. Полная сводка технических характеристик прибора содержится в бюллетене технических данных (Data Sheet) на компакт-диске 53210A/53220A/53230A Product Reference, а также на нашем сайте:

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A)


[www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

## 1.3 Включение прибора

Присоедините сетевой шнур к розетке и нажмите кнопку  на передней панели. Во время последовательности инициализации выполняется автоматическая калибровка и самопроверка, которая включает в себя следующие пункты:

- проверка блока питания
- проверка FPGA (программируемая пользователем вентиляционная матрица)
- проверка передней панели
- проверка измерительной платы
- проверка канала 3 (если он имеется)
- проверка аккумуляторной батареи (если имеется опция 300)

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если прибор 53220A/53230A не включается при нажатии кнопки , проверьте наличие напряжения в сети переменного тока, а также правильность присоединения сетевого шнура. Если прибор не включается, не шумит вентилятор охлаждения или не светится дисплей на передней панели, отправьте прибор изготовителю для ремонта.

### 1.3.1 Светодиодный индикатор состояния питания


Светодиод, расположенный под кнопкой , является индикатором состояния питания прибора (включено, выключено, дежурное питание). Описание различных состояний приведено в следующей таблице (состояние "Выкл." определяется присутствием опции 010 ОСХО).



Таблица 1-2 Свечение светодиода в зависимости от состояния питания

Источник питания	Прибор ВКЛ.	Прибор ВЫКЛ.		
		Опция ОСХО; задействовано дежурное питание	Опция ОСХО; не задействовано дежурное питание	Без ОСХО
Электросеть	зеленый	желтый	погашен	погашен
Опция 100 аккумуля. батарея (задействована)	зеленый	желтый (мигает)	погашен	погашен
Опция 100 аккумуля. батарея (не задействована)	погашен	погашен	погашен	погашен

### 1.3.2 Дежурное питание

Частотомер 53220A/53230A имеет следующие режимы питания: "ВКЛ.", "ВЫКЛ." и "дежурное питание". Когда прибор подключен к электросети, в режиме дежурного питания подается питание для поддержания температуры внутри сверхвысокостабильного термостатированного кварцевого генератора (ОСХО, опция 010).

Когда частотомер 53220A/53230A не подключен к электросети, дежурное питание ОСХО обеспечивается аккумуляторной батареей (опция 300).

Как задействовать дежурное питание, описано в подразделе 3.2.2.

### Погрешность частотомера при включении и выключении питания

Когда задействован режим дежурного питания, то циклы включения и выключения питания (от сети или от аккумуляторной батареи) не оказывают влияния на стабильность частоты стандартного или сверхвысокостабильного термостатированного кварцевого генератора.

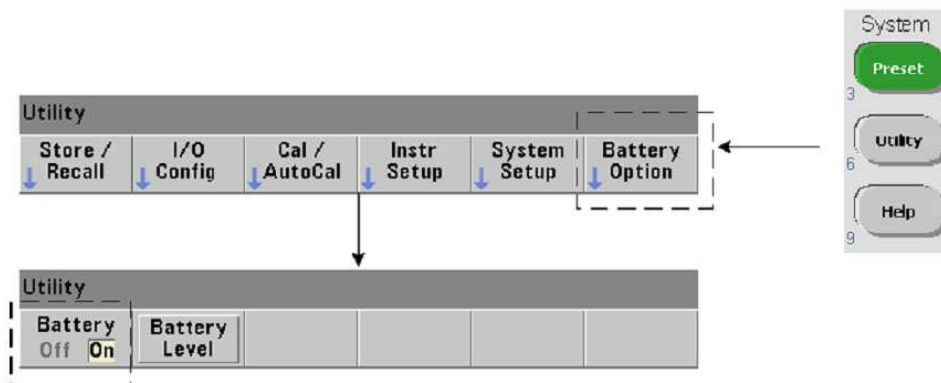
### 1.3.3 Питание прибора от аккумуляторной батареи

#### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

При питании прибора от аккумуляторной батареи максимальное значение подаваемого пользователем входного сигнала составляет  $\pm 42$  В.

При питании прибора от аккумуляторной батареи соедините его шасси с цепью заземления для минимизации опасности поражения электрическим током. Обрыв или отсоединение провода защитного заземления создает потенциальную опасность поражения электрическим током.

При питании прибора от аккумуляторной батареи шасси прибора может иметь плавающий потенциал измеряемого сигнала, подаваемого пользователем.



Когда установлена и **подключена** опция 300 (аккумуляторная батарея), частотомер 53220A/53230A может работать до трех часов с питанием от аккумуляторной батареи.

Когда подключена аккумуляторная батарея, то при отсоединении прибора от электросети он автоматически переключается на автономное питание без прерывания функционирования. При восстановлении сетевого питания также не возникает перебой в функционировании прибора, **если сетевое питание подается прежде, чем будет отключено автономное питание.**

### Включение и выключение автономного питания

Аккумуляторную батарею **необходимо зарядить** перед применением, когда вы начинаете пользоваться прибором с опцией 300 впервые после получения прибора, а также после длительного периода бездействия прибора. Когда прибор подключен к электросети, то для полного заряда аккумуляторной батареи требуется **четыре часа** независимо от того, в каком состоянии находится при этом прибор (ВКЛ. или ВЫКЛ.).

Опция 300 **отключена** в состоянии поставки прибора с завода. Чтобы задействовать (подключить) аккумуляторную батарею, следует нажать клавиши на передней панели, как показано выше, или подать команду:

**SYSTem:BATTeRy:ENABle {OFF|ON}**

**SYSTem:BATTeRy:ENABle?**

(форма запроса)

Команда **ON** вводит в действие аккумуляторную батарею, а команда **Off** отключает ее. Состояние подключения аккумуляторной батареи хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при выключении и последующем включении питания, а также после команд переустановки (\*RST) и предустановки прибора (SYSTem:PREset или клавиша **Preset**).

Аккумуляторная батарея должна оставаться подключенной, пока частотомер получает питание от электросети. **Отключать** аккумуляторную батарею следует только на период длительного бездействия или хранения прибора. Это позволяет свести к минимуму саморазряд аккумуляторной батареи.

### Индикация состояния заряда аккумуляторной батареи

Чтобы вывести на индикацию состояние заряда аккумуляторной батареи в процентах относительно полного заряда (100%), следует нажать функциональную клавишу **Battery Level** или подать команду:

**SYSTem:BATTeRy:LEVEl?**

### Индикация состояния подключения аккумуляторной батареи

Наличие аккумуляторной батареи и ее состояние (подключена или отключена) индицируется соответствующим символом в правом верхнем углу дисплея (см. рис. 1-2). Для дистанционного запроса текущего характера питания прибора (от сети или от аккумуляторной батареи) используется команда:

**SYSTem:BATTeRy:STATus?**

Эта команда выводит результат запроса **AC**, если прибор получает питание от электросети, или результат **BATT**, если прибор получает питание от аккумуляторной батареи.

В следующей таблице приведены данные, характеризующие применение аккумуляторной батареи.

<b>Ресурс питания в рабочем режиме (тип.):</b>	3 часа (при температуре < +35°C)
<b>Ресурс питания в дежурном режиме (тип.):</b>	24 часа (при температуре < +35°C, питание ОСХО)
<b>Длительность зарядки (тип.):</b>	4 часа для достижения емкости 100% или 2 часа для достижения емкости 90%
<b>Температурный диапазон:</b>	0°C ÷ +55°C (при работе); зарядка при температуре < +35°C; -10°C ÷ +60°C (при хранении)

### ПРИМЕЧАНИЕ

При превышении указанного значения максимальной рабочей температуры в случае питания прибора от аккумуляторной батареи производится автоматическое выключение прибора для сохранения батареи. Тогда следует подать сетевое питание, чтобы восстановить функционирование прибора после выключения, вызванного этой причиной.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Полный список аккумуляторных батарей и сводка технических характеристик прибора содержится в бюллетене технических данных (Data Sheet) на компакт-диске 53210A/53220A/53230A Product Reference (номер для заказа 53220-13601), а также на нашем сайте:

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A)

[www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

### 1.3.4 Обращение с аккумуляторной батареей

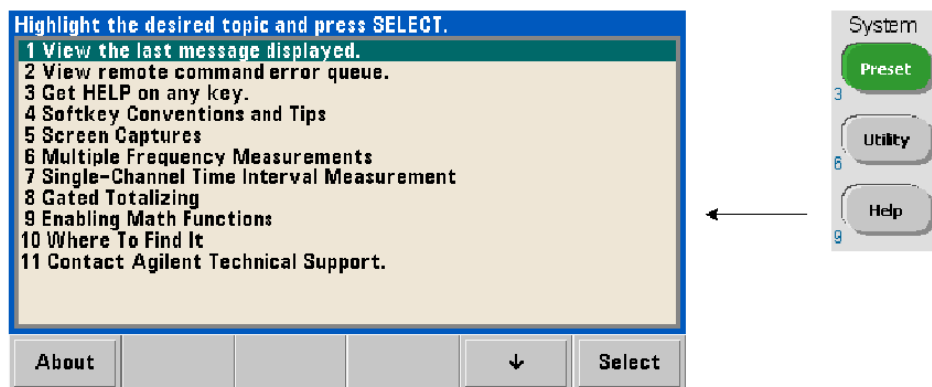
Когда **подключена** аккумуляторная батарея и прибор **не подключен** к электросети, скорость разряда батареи составляет **30%** от полной емкости **в день**. Когда **отключена** аккумуляторная батарея и прибор **не подключен** к электросети, скорость разряда батареи составляет **10%** от полной емкости **в месяц**.

При хранении прибора без подключения к электросети следите за тем, чтобы батарея не разрядилась до уровня ниже **10%**. Для определения допустимой длительности хранения прибора без подключения к электросети, при которой сохраняется возможность полного заряда аккумуляторной батареи, можно пользоваться следующей формулой:

Длительность отключения батареи (мес.) × 10% + длительность подключения батареи (дней) × 30% = 90%

Полностью разряженная аккумуляторная батарея может потребовать замены, если она находилась в разряженном состоянии от 6 до 18 месяцев.

### 1.3.5 Встроенная справочная система (Help)



Чтобы обратиться к встроенной справочной системе, следует нажать и удерживать любую клавишу на передней панели или функциональную клавишу. Нажатие клавиши **Help** позволяет вам выбрать дополнительные темы для справки, в том числе примеры измерений с управлением прибором через переднюю панель.

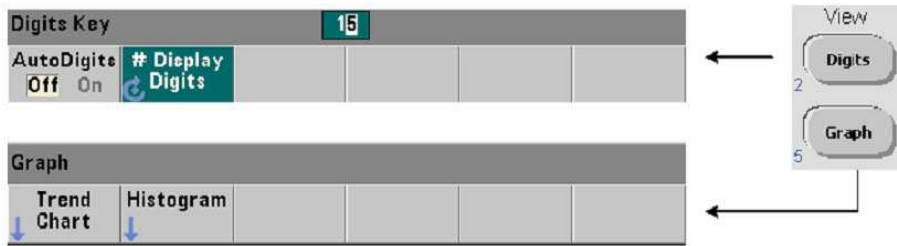
## 1.4 Вспомогательные функции

Вспомогательные функции позволяют вам конфигурировать особенности прибора, косвенно относящиеся к выбору вида измерений и конфигурации. Имеются в виду следующие вспомогательные функции:

- **Конфигурирование дисплея** – управление дисплеем и форматирование численных данных
- **Взаимодействие с пользователем** – выбор языка, звуковая сигнализация
- **Установки общих параметров** – время и дата, предельное время измерения, опорная частота, автоматическая установка порогового уровня, эмуляция приборов серии 53100, система защиты NISPR0M

### 1.4.1 Конфигурирование дисплея

Результаты измерений можно выводить на дисплей в численном или в графическом виде с помощью следующих клавиш.

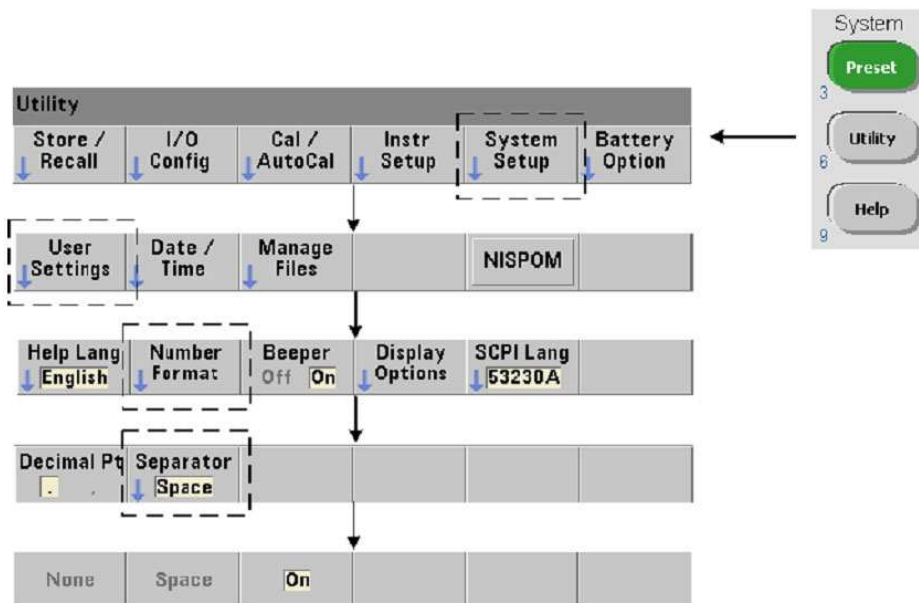


С помощью функциональной клавиши **AutoDigits On** автоматически устанавливается количество разрядов индикации на основе длительности временной селекции (сигнала стробирования). В состоянии **Off** количество разрядов индикации устанавливают вручную с помощью поворотной ручки или цифровых клавиш с клавишей [Shift].

Когда выбран вариант **Graph**, данные отображаются в виде графика тренда или в виде гистограммы (см. главу 6).

#### Численный формат

С помощью следующих клавиш устанавливают формат численных данных (децимальный разделитель целой и дробной части, разделитель групп десятичных разрядов), которые отображаются на основном измерительном дисплее.



Этот формат применяется также к численным показаниям на графиках тренда, гистограммах, к результатам допускового контроля и т.д.

**Децимальный разделитель (Decimal Pt)** – в качестве децимального разделителя между целой и дробной частью показания можно использовать децимальную точку (.) или запятую (,).

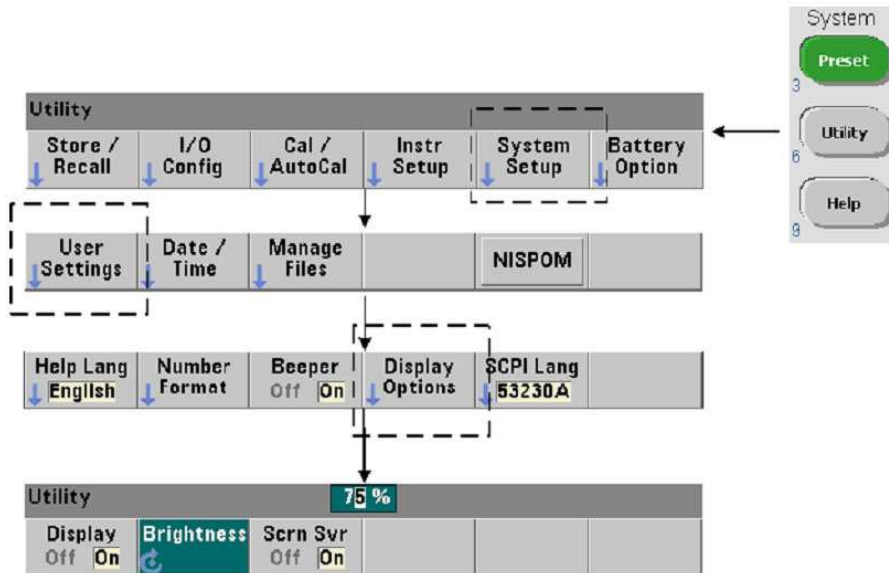
**Разделитель групп десятичных разрядов (Separator)** – разделитель групп десятичных разрядов (как справа, так и слева от децимального разделителя) облегчает визуальное восприятие многоразрядной индикации. Возможны следующие варианты выбора этого разделителя:

- **None** – В этом случае показание индицируется без разбиения на группы (например, **10.967342515 MHz**)
- **Space (пробел)** – В этом случае вставляется пробел между каждыми тремя разрядами индикации (например, **10.967 342 515 MHz**)

- **On** – В этом случае между каждыми тремя разрядами индикации вставляется запятая (,) или десятичная точка (.) в зависимости от выбора десятичного разделителя:  
 Децимальным разделителем является точка: **10.967,342,515 MHz**  
 Децимальным разделителем является запятая: **10,967.342.515 MHz**

### Управление экраном

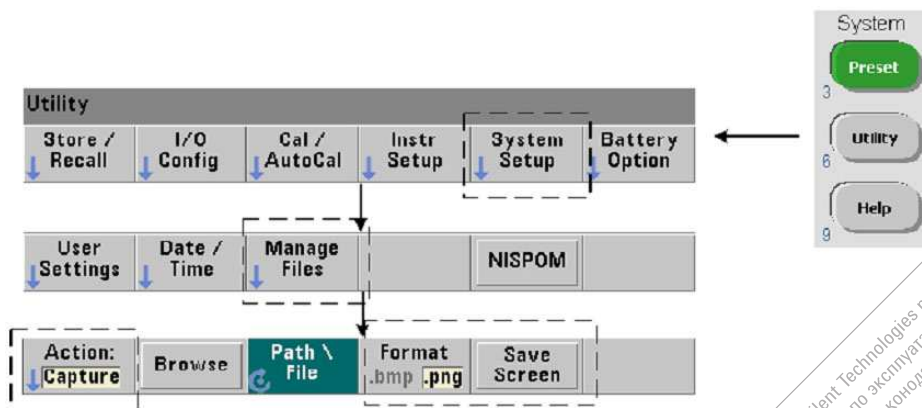
Управление экраном возможно с помощью показанных ниже клавиш. Вы можете выключить экран для повышения быстродействия измерений. Для уменьшения потребляемой мощности можно применять функцию хранителя экрана. Можно также регулировать яркость экрана для адаптации к разной внешней освещенности.



Имейте в виду, что когда экран погашен, он снова засвечивается при нажатии любой клавиши.

### Снимок экрана

Для документирования испытаний продукции или для удобства сбора данных можно сделать и сохранить в памяти снимок экрана. Ниже показана последовательность нажатия клавиш для выполнения этой процедуры.



Фиксируется содержание экрана в момент нажатия клавиши **[Utility]**. Можно выбрать формат графического файла либо **bmp**, либо **png**. Файлы можно записывать во внутреннюю флэш-память или на внешний USB-накопитель.

Авторское право © 2011 Agilent Technologies распространяется на все содержание данных документов. Их использование по законодательству и защищено национальным и международным законодательством об авторском праве. Содержание этого руководства не может быть скопировано, изменено, воспроизведено, опубликовано или иным образом передано или передано письменно без получения предварительного письменного разрешения от компании Agilent Technologies. Российское представительство Agilent Technologies: Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com

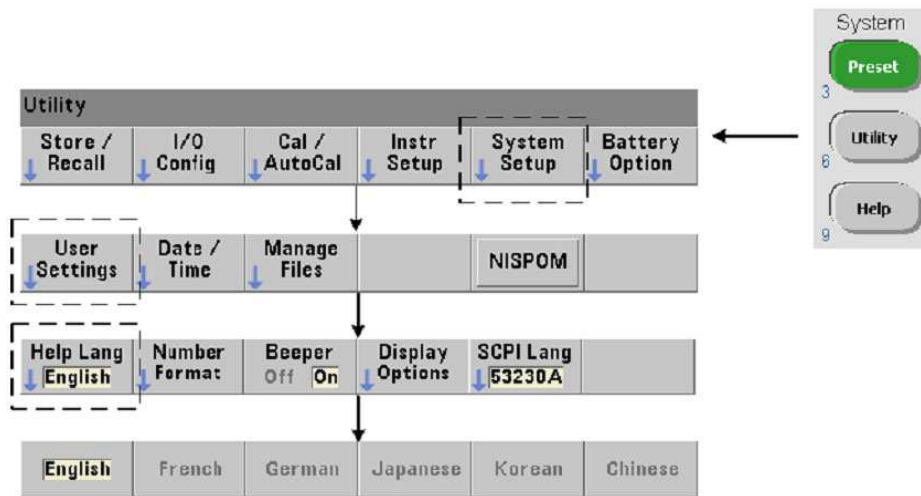
**НАУЧНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

53220A/53230A

## 1.4.2 Взаимодействие с пользователем

В этом подразделе описаны функции, относящиеся к физическому взаимодействию пользователя с прибором.

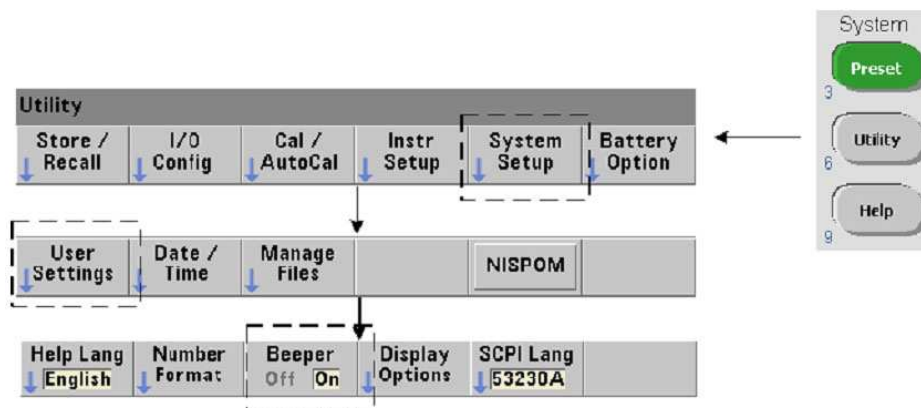
### Выбор языка справочной системы



Программные сообщения, контекстную справку и другие темы справочной системы можно выводить на экран на шести языках. Выбранный язык продолжает действовать, пока вы не измените его показанной выше последовательностью клавиш.

Имейте в виду, что имена функциональных клавиш отображаются только на английском языке.

### Включение и выключение зуммера



Зуммер частотомера (**Beeper**) служит для звуковой индикации ошибки программирования с передней панели или через интерфейс дистанционного управления. Выключение зуммера приводит к выключению звуковой индикации.

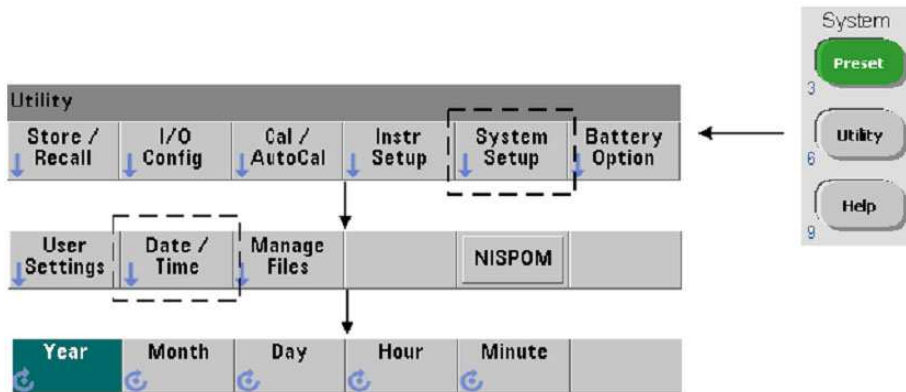
Имейте в виду, что включение и выключение зуммера не относится к звуковым сигналам, которые подаются при нажатии клавиш на передней панели.



### 1.4.3 Установки общих параметров

Установки общих параметров применяются ко всем видам измерений.

#### Дата и время



Установка даты и времени для внутренних часов частотомера производится с помощью следующих команд:

**SYSTEM:DATE** <год>, <месяц>, <число>  
**SYSTEM:DATE?** (форма запроса)

**SYSTEM:TIME** <часы>, <минуты>, <секунды>  
**SYSTEM:TIME?** (форма запроса)

Пределы установки даты и времени:

год: 2000–2009	часы: 0–23
месяц: 1–12	минуты: 0–59
число: 1–31	секунды: 0–59.999

Встроенные часы реального времени получают питание от специальной батареи и продолжают отсчет времени и даты, когда выключено питание прибора. Здесь нет автоматической установки и автоматического восстановления текущей даты и времени.

#### Предельное время измерения (Measurement Time Out)

Предельное время измерения – это время, которое отводится для завершения **каждого** измерения. Если измерение **не завершится** до истечения этого времени, то на дисплее индицируются черточки "- - - - -", а при дистанционном управлении выводится 9.91E37 (это не число). Последовательность повторяется со следующим отсчетом в номере выборки.

Установка предельного времени измерения предохраняет прибор от "зависания" на неопределенное время, если по какой-либо причине не завершается измерение. За дополнительной информацией обращайтесь к разделу 3.4.

#### Генератор опорной частоты (Time Base)

Функционирование частотомера 53220A/53230A базируется на применении генератора опорной частоты, который может быть как внутренним, так и внешним. Для выполнения измерений необходимо наличие действительного сигнала опорной частоты.

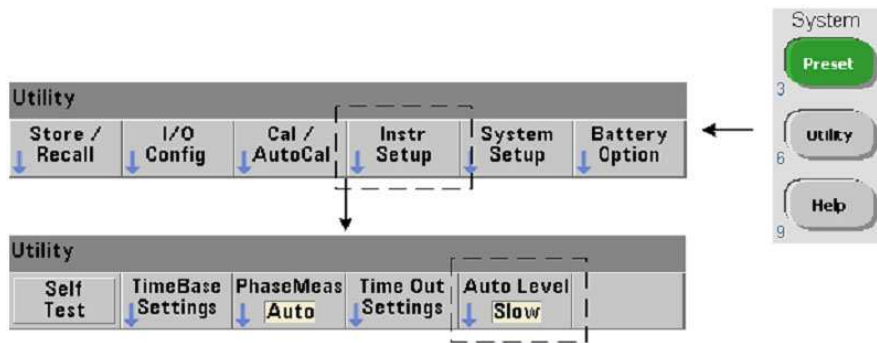
Описание выбора и конфигурирования источника опорной частоты содержится в разделе 3.2.

#### Автоматическая установка порогового уровня (Auto Level)

Пороговым уровнем является уровень запуска (уровень входного сигнала), при котором частотомер начинает измерение. Автоматическая установка порогового уровня базируется на положительных и отрицательных пиках входного сигнала.

Ниже показано, как установить минимальную частоту для функции автоматической установки порогового уровня.

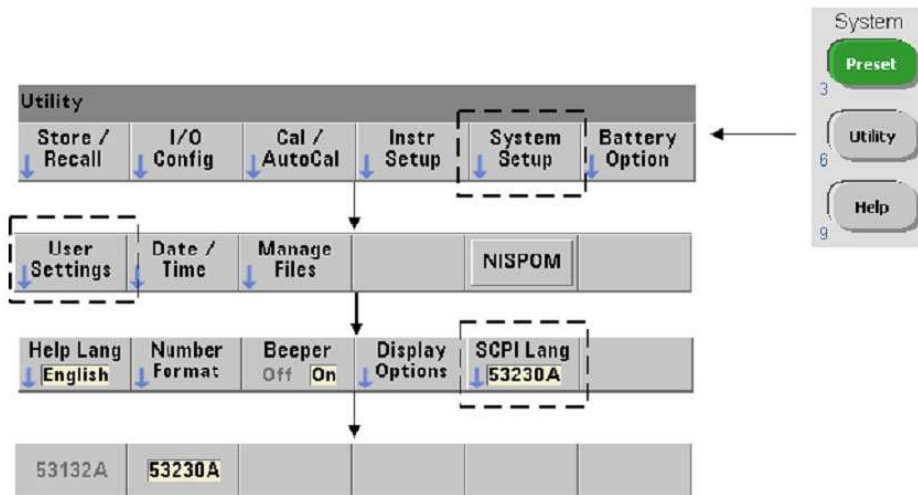




Вариант **Slow** устанавливает минимальную частоту для автоматической установки порогового уровня на 50 Гц. Вариант **Fast** устанавливает минимальную частоту для автоматической установки порогового уровня на 10 кГц.

За дополнительной информацией о применении автоматической установки порогового уровня обращайтесь к подразделу 4.2.5.

### Режим эмуляции частотомера Agilent серии 53100



Режим эмуляции позволяет применять с частотомером 53220A/53230A набор команд SCPI частотомера 53132A. Можно также задействовать режим эмуляции с помощью команды:

**SYSTem:LANGUage "<language>"**

**SYSTem:LANGUage?**

(форма запроса)

Здесь **language** выбирает применяемый набор команд SCPI. Указание здесь 53132A вводит в действие режим эмуляции. Указание 53220A или 53223A отменяет этот режим.

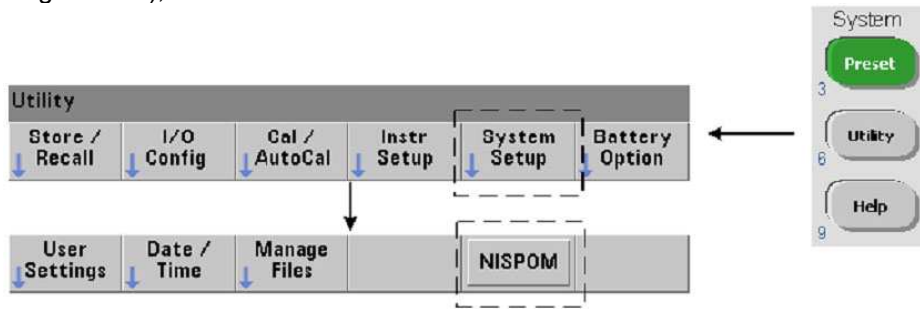
Когда выбран режим совместимости с приборами серии 53100, все программирование осуществляется через интерфейс дистанционного программирования (LAN, USB, GPIB). Дисплей частотомера реагирует в соответствии с принимаемыми командами.

Нажатие любой клавиши на передней панели, когда частотомер находится в режиме совместимости с приборами серии 53100, возвращает частотомер в режим серии 53200. Установка или переключение в другой режим требует перезапуска прибора. **При обновлении микропрограммы прибора должен быть установлен режим "53220A or 53230A mode"**.

Документация на набор команд 53132A **не прилагается** к прибору 53220A/53230A. Применение этого старого набора команд SCPI не рекомендуется для более нового прибора, однако такая возможность предоставляется тем пользователям, которые нуждаются в этом.

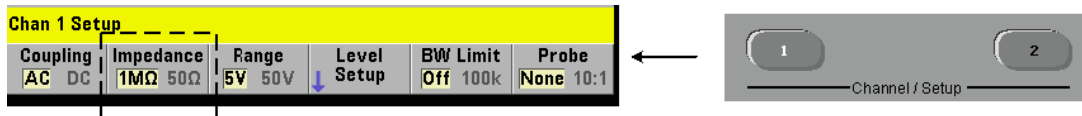
## Защита прибора

Частотомер 53220A/53230A можно защитить согласно стандарту NISPOМ (National Industrial Security Program Operating Manual), как показано ниже.



## 1.5 Как организовано это Руководство для пользователя

Это Руководство предназначено для оператора, управляющего прибором с передней панели, и для программиста, управляющего прибором через интерфейс дистанционного управления (LAN, USB, GPIB). Поэтому описание в большинстве случаев касается как последовательности нажатия клавиш на передней панели, так соответствующих команд SCPI. Например:



Входной импеданс частотомера можно установить на 50 Ом или на 1 МОм с помощью команды:

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

Дальнейшее описание обычно относится как к управлению прибором с передней панели, так и к дистанционному управлению. Информация в данном Руководства организована так, как показано на рис. 1-3.

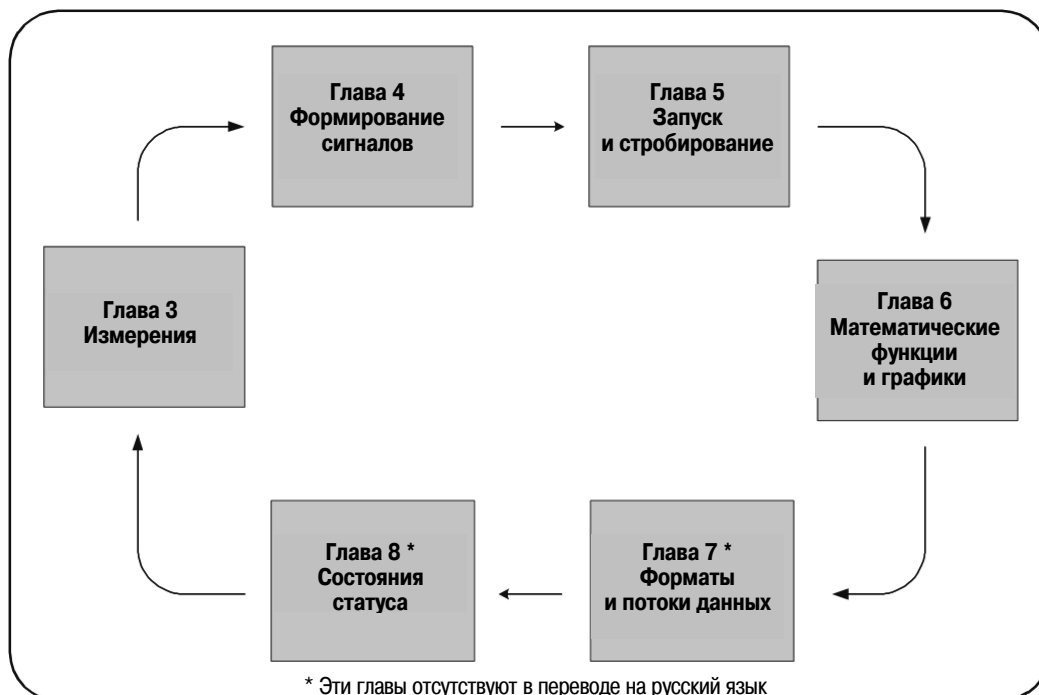


Рис. 1-3 Структура данного Руководства для пользователя

## 2 Установка программного обеспечения и конфигурирование интерфейсов

Эта глава содержит информацию о библиотеках ввода-вывода, драйверах и интерфейсах, применяемых для программирования частотомера 53220A/53230A из выбранной среды разработки. Здесь описан также Web-интерфейс прибора и представлена информация об обновлении микропрограммного обеспечения прибора.

### 2.1 Требования к программному обеспечению

Доступная для программирования прибора 53220A/53230A среда зависит от установленных библиотек ввода-вывода и драйверов. К прибору 53220A/53230A прилагается пакет библиотечных программ ввода-вывода **Agilent I/O Libraries Suite** на компакт-диске Agilent Automation-Ready.

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

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A) или [www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

В таблице 2-1 приведена сводка сред разработки, рекомендуемых драйверов IO и мест (носителей), в которых можно найти определенные драйверы и библиотеки.

**Таблица 2-1** Среды разработки и драйверы для прибора 53220A/53230A

Интерфейс	Среда разработки	Рекомендации
LAN	Web-интерфейс прибора > Окно SCPI Command Interface	Интернет-браузер, способный работать с языком Java™ (имеется на сайте <a href="http://www.java.com">www.java.com</a> )
LAN, GPIB, USB	Agilent Connection Expert > Окно Interactive IO	Компакт-диск Agilent IO Libraries *
LAN, GPIB, USB	Microsoft® Visual Studio® > Visual C++	<b>VISA</b> – Компакт-диск Agilent IO Libraries * <b>IVI-C</b> – Web
LAN, GPIB, USB	Microsoft® Visual Studio® > Visual Basic	<b>VISA-COM</b> – Agilent IO Libraries * <b>IVI-COM</b> – Web
LAN, GPIB, USB	Microsoft® Visual Studio® .NET > C#, C++, Visual Basic	<b>IVI-COM</b> – Web
LAN, GPIB, USB	Agilent VEE	<b>IVI-COM</b> – Web
LAN, GPIB, USB	National Instruments LabVIEW™	Собственный драйвер режима 53220A/53230A <b>IVI-C</b> – Web
LAN, GPIB, USB	National Instruments LabWindows/CVI	<b>IVI-C</b> – Web

\* Последняя версия пакета программ Agilent IO Libraries Suite имеется на сайте [www.agilent.com](http://www.agilent.com)

### 2.2 Применение Web-интерфейса частотомера

Управление частотомером через его Web-интерфейс требует применения Web-браузера, способного работать с языком Java™, но **не требует дополнительных** (т.е. установленных пользователем) библиотек или драйверов. Этот Web-интерфейс обеспечивает доступ к набору команд SCPI для управления частотомером.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

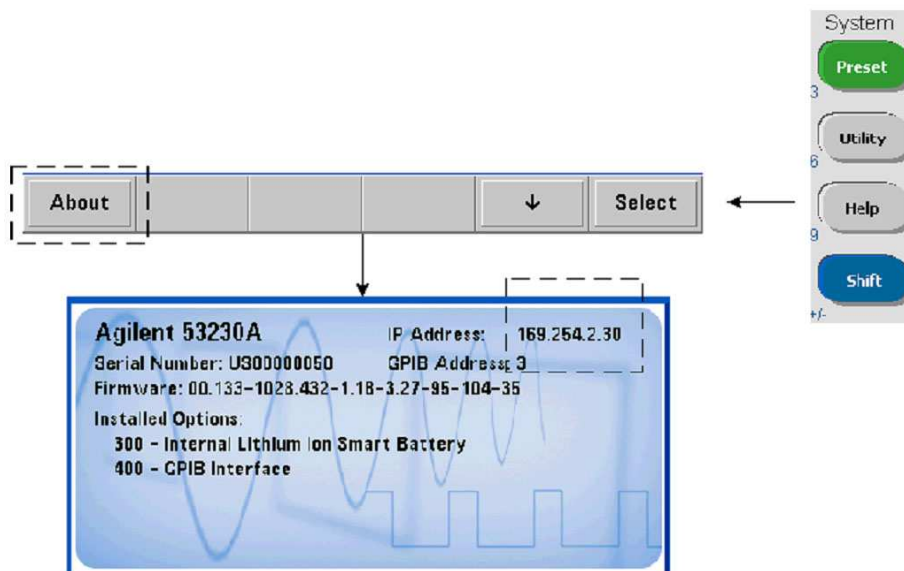
В этом разделе описаны интернет-страницы и окна, которые в первую очередь используются для программирования частотомера 53220A/53230A. За дополнительной информацией о функциях и страницах, не рассмотренных в настоящем Руководстве, обращайтесь к ассоциированному с каждой страницей пункту "Help with this Page".

## 2.2.1 Присоединение частотомера и просмотр его начальной страницы

Присоедините частотомер к компьютеру **непосредственно** или через **сетевой коммутатор** с помощью стандартного кабеля LAN.

### Получение IP-адреса

Включите частотомер и откройте Web-браузер. Подождите некоторое время, пока частотомеру не будет присвоен IP-адрес (через DHCP или AUTO-IP). IP-адрес отображается на дисплее частотомера, как показано ниже.



Введите IP-адрес в окне ввода адреса браузера. При выборе пункта "Advanced Information ..." начальная Web-страница должна выглядеть так, как показано на рис. 2-1.



Рис. 2-1 Начальная страница Web-интерфейса частотомера 53230A

## Конфигурация браузера

В некоторых сетевых конфигурациях прокси-сервер может препятствовать доступу к прибору (например, с сообщением "Невозможно отобразить страницу") после ввода IP-адреса. В этой ситуации сконфигурируйте прокси-сервер из интернет-браузера так, чтобы он не использовался для IP-адресов в том диапазоне, в котором они могут быть присвоены приборам 53220A/53230A.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Для упрощения навигации в интернет-браузере при управлении несколькими приборами можно открывать отдельный сеанс браузера для каждого прибора.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Несмотря на то, что для обращения к Web-интерфейсу не нужны дополнительные библиотеки и драйверы, вы можете запустить этот интерфейс из программы Agilent Connection Expert (ACE). За дополнительной информацией обращайтесь к подразделу 2.3.3.

## 2.2.2 Описание Web-интерфейса

Ниже приведено вводное описание Web-интерфейса частотомера.

Начальная страница (рис. 2-1) отображает базовую информацию, которую можно использовать для идентификации подключенного прибора, и содержит закладки меню для обращения к дополнительным функциональным возможностям частотомера.

Чтобы быстро идентифицировать частотомер среди других приборов, использующих начальную страницу Web-интерфейса, щелкните мышью на пункте:

### Turn On Front Panel Identification Indicator

Это изменяет дисплей частотомера на "**LXI Web Identify**", пока не будет выключен этот индикатор щелчком мышью на пункте:

### Turn Off Front Panel Identification Indicator

## Программирование частотомера

Если нажать кнопку "Remote Control" (вторую сверху) на начальной странице, то откроется окно **Interactive IO**, показанное на рис. 2-2. Из этого окна можно посылать на прибор команды SCPI.

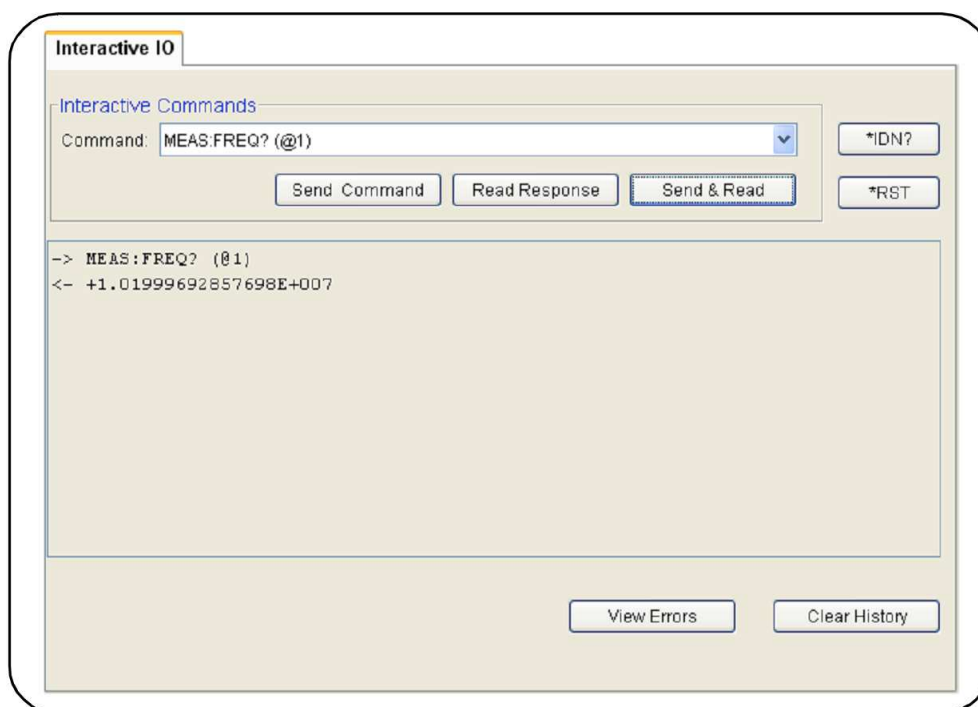


Рис. 2-2 Пользовательский Web-интерфейс команд SCPI

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Другие страницы Web-интерфейса (кроме начальной страницы) могут быть защищены паролем. В состоянии поставки с завода пароль не установлен, однако может появиться диалоговое окно "Enter Password". Для продолжения щелкните мышью на диалоговом окне.

Если страница защищена паролем и пароль неизвестен, нажмите на передней панели прибора клавиши [Utility], [I/O Config], [LAN Reset], чтобы выяснить пароль.

На прибор можно послать любую команду из набора команд SCPI частотомера. Команды запроса (с вопросительным знаком) служат для вывода данных. Эти команды посылают путем нажатия кнопки **Send & Read** после ввода команды. Команды, которые не выводят данные, посылают нажатием кнопки **Send Command**.

**Изменение установок параметров LAN и применение защиты паролем**

Кнопка **Network Configuration Page** обеспечивает доступ к установке параметров LAN частотомера и позволяет вам задать пароль для предотвращения несанкционированного доступа к Web-интерфейсу прибора. Выберите **Modify Configuration**, чтобы изменить и сохранить в памяти установки параметров.

**2.3 Установка программного пакета Agilent IO Libraries**

В состав пакета Agilent IO Libraries входят библиотеки VISA и VISA-COM, которые используются для программирования прибора 53220A/53230A в средах разработки Microsoft® (см. таблицу 2-1). Библиотеки VISA и VISA-COM позволяют вам посылать на прибор команды из набора команд SCPI 53220A/53230A. В состав пакета библиотек входит также программа **Agilent Connection Expert**, которая описана далее в этой главе.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Библиотеки Agilent IO Libraries (VISA и VISA-COM) должны быть установлены **до установки** других драйверов ввода-вывода (например, IVI-C, IVI-COM).

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Библиотеки Agilent IO Libraries и утилиты часто обновляются для включения в них дополнительных функций и расширения их возможностей. В данном Руководстве указаны номера новейших версий библиотек ввода-вывода, существующие на момент издания документа. У вас может быть другая версия, однако процедура конфигурирования и добавления приборов в интерфейс в принципе остается такой же самой.

Библиотеки ввода-вывода содержатся на компакт-диске Agilent Automation-Ready. Их можно также загрузить со страницы Electronic Test & Measurement Software на сайте <http://www.agilent.com>.

Перед установкой библиотек ввода-вывода обратитесь к таблице 2-2 на следующей странице, чтобы проверить, соответствует ли ваш компьютер техническим требованиям, необходимым для установки последней версии программного обеспечения.

**Загрузка программного обеспечения**

Закройте все приложения на вашем компьютере. Вставьте в дисковод компакт-диск Agilent Automation-Ready. Следуйте инструкциям на экране для *типичной* установки. **Согласитесь со всеми предложениями в отношении принятых по умолчанию директорий.**

Если установка набора IO Libraries Suite не запускается автоматически, перейдите в пусковом меню Windows к пункту **Start > Run** и введите <drive>:\autorun\auto.exe, где <drive> – это обозначение вашего дисковода CD-ROM.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Если на вашем компьютере в данный момент установлена реализация VISA (Virtual Instrument Software Architecture) от другого поставщика, продолжайте установку библиотек Agilent IO Libraries путем установки Agilent VISA в режиме **side-by-side**. Информацию о режиме **side-by-side** можно найти в справочной системе IO Libraries Suite Help (доступна после завершения установки) под заголовком "Using Agilent's and Other Vendors' Products Together."



После завершения установки библиотек ввода-вывода закройте окно Мастера установки (Installation Wizard). При необходимости установите приборные драйверы, как описано ниже. В ином случае переходите к добавлению приборов в интерфейс компьютера (см. подраздел 2.3.2).

**Таблица 2-2** Системные требования для установки пакета Agilent IO Libraries Suite

Операционная система	Windows XP (SP 3 или выше)	Windows Vista / Windows 7 32/64-битовые выпуски
Процессор	Не менее 600 МГц Рекомендуется 800 МГц	1 ГГц 32-битовый (x86) 1 ГГц 64-битовый (x64)
Оперативная память	Не менее 256 Мбайт Рекомендуется 1 Гбайт и выше	Не менее 1 Гбайт
Свободное дисковое пространство	1,5 Гбайт * Рекомендуется 1 Гбайт для Microsoft .NET Framework 2.0 SP2 * 65 Мбайт для Agilent IO Libraries Suite	1,5 Гбайт * Рекомендуется 1 Гбайт для Microsoft .NET Framework 2.0 SP1 * 65 Мбайт для Agilent IO Libraries Suite
Видеоплата	Super VGA (800 × 600), 256 цветов или больше	Рекомендуется поддержка графики DirectX 9 с графической памятью 128 Мбайт (поддерживается графика Super VGA)
Интернет-браузер	Microsoft Internet Explorer 6.0 или более новая версия	Microsoft Internet Explorer 7.0 или более новая версия

Примечание: Процедура установки требует больше памяти, чем это может потребоваться для работы.

### 2.3.1 Установка приборных драйверов

Драйверы IVI (Interchangeable Virtual Instrument) используются для программирования прибора 53220A/53230A с помощью программы Agilent VEE, а также с помощью программы National Instruments® LabVIEW™ или в средах разработки Microsoft®.

Установите подходящий драйвер согласно применяемой вами среде разработки (таблица 2-1). **Согласитесь со всеми предложениями в отношении принятых по умолчанию директорий. Типичный (Typical) вариант установки приемлем для большинства пользователей.**

#### ПРИМЕЧАНИЕ

При установке пакета Agilent IO Libraries устанавливаются совместно используемые компоненты IVI (Interchangeable Virtual Instrument). Эти компоненты должны быть установлены **до установки** драйверов IVI (IVI-COM, IVI-C).

### 2.3.2 Добавление приборов в интерфейс компьютера

Во время установки пакета Agilent IO Libraries конфигурируются интерфейсы ввода-вывода (LAN, USB, GPIB), обнаруженные на **компьютере**. В этом подразделе содержится информация по добавлению программным путем прибора 53220A/53230A к этим интерфейсам с помощью утилиты "Connection Expert" из пакета Agilent IO Libraries.

Допускается одновременное присоединение к прибору линий LAN/USB/GPIB.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

В данном Руководстве указаны номера новейших версий библиотек ввода-вывода, существующие на момент издания документа. У вас может быть другая версия, однако процедура конфигурирования и добавления приборов в интерфейс в принципе остается такой же самой.

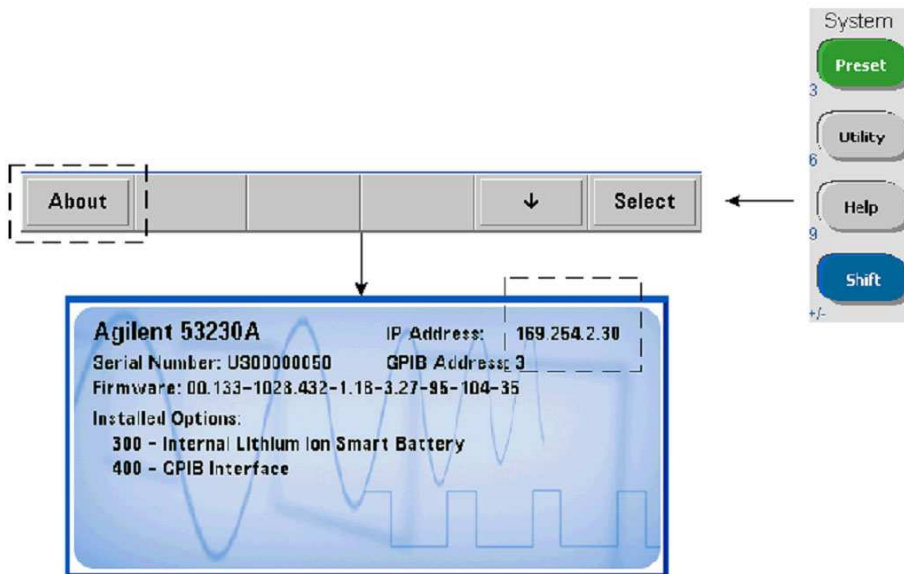
### Конфигурирование интерфейсов дистанционного управления

В следующих подразделах описано конфигурирование интерфейсов LAN, USB и GPIB с передней панели прибора. Эти интерфейсы можно также сконфигурировать программным путем с помощью команд "Remote Interface Configuration" в подсистеме **SYSTEM** набора команд SCPI. Эта подсистема с описанием всех команд SCPI находится в разделе "Programming Reference" компакт-диска 53210A/53220A/53230A Product Reference.



### 2.3.3 Конфигурирование интерфейса LAN

Когда частотомер присоединен к интерфейсу LAN, вы можете вывести на дисплей индикацию IP-адреса, как показано ниже.



Как только вы узнаете IP-адрес, запустите утилиту Connection Expert. Для этого щелкните мышью значок "Agilent IO Control" и выберите из контекстного меню пункт "Agilent Connection Expert", как показано на рис. 2-3.

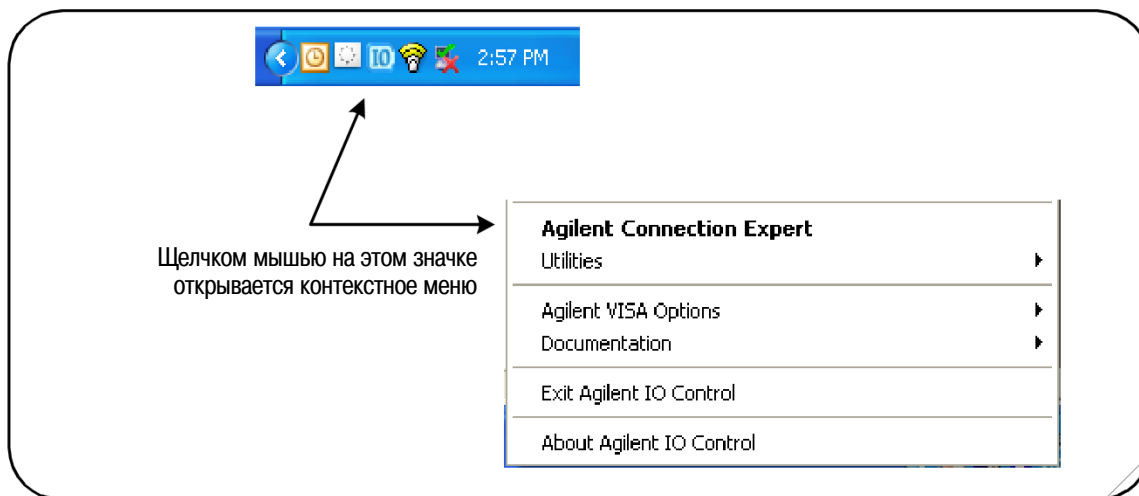


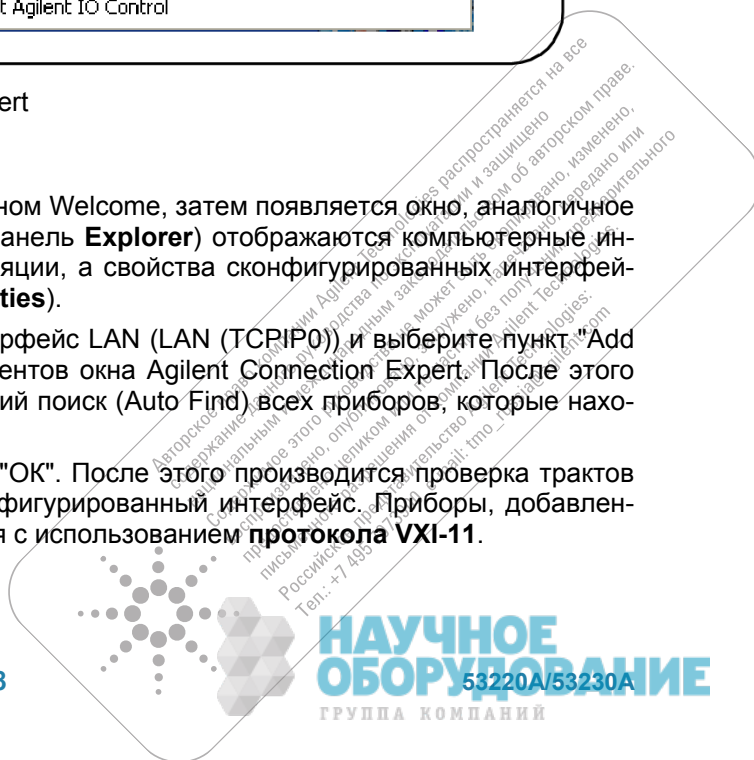
Рис. 2-3 Запуск утилиты Agilent Connection Expert

#### Определение местонахождения приборов

Утилита Agilent Connection Expert открывается экраном Welcome, затем появляется окно, аналогичное тому, что показано на рис. 2-4. В левой колонке (панель **Explorer**) отображаются компьютерные интерфейсы, сконфигурированные во время инсталляции, а свойства сконфигурированных интерфейсов отображаются в правой колонке (панель **Properties**).

Чтобы найти сеть для частотомера, выделите интерфейс LAN (LAN (TCP/IP)) и выберите пункт "Add Instrument", который находится на панели инструментов окна Agilent Connection Expert. После этого утилита Connection Expert выполняет автоматический поиск (Auto Find) всех приборов, которые находятся в той же подсети, что и компьютер.

Выберите из списка частотомер и нажмите кнопку "ОК". После этого производится проверка трактов связи с приборами и добавление приборов в сконфигурированный интерфейс. Приборы, добавленные в LAN таким способом, далее программируются с использованием протокола VXI-11.



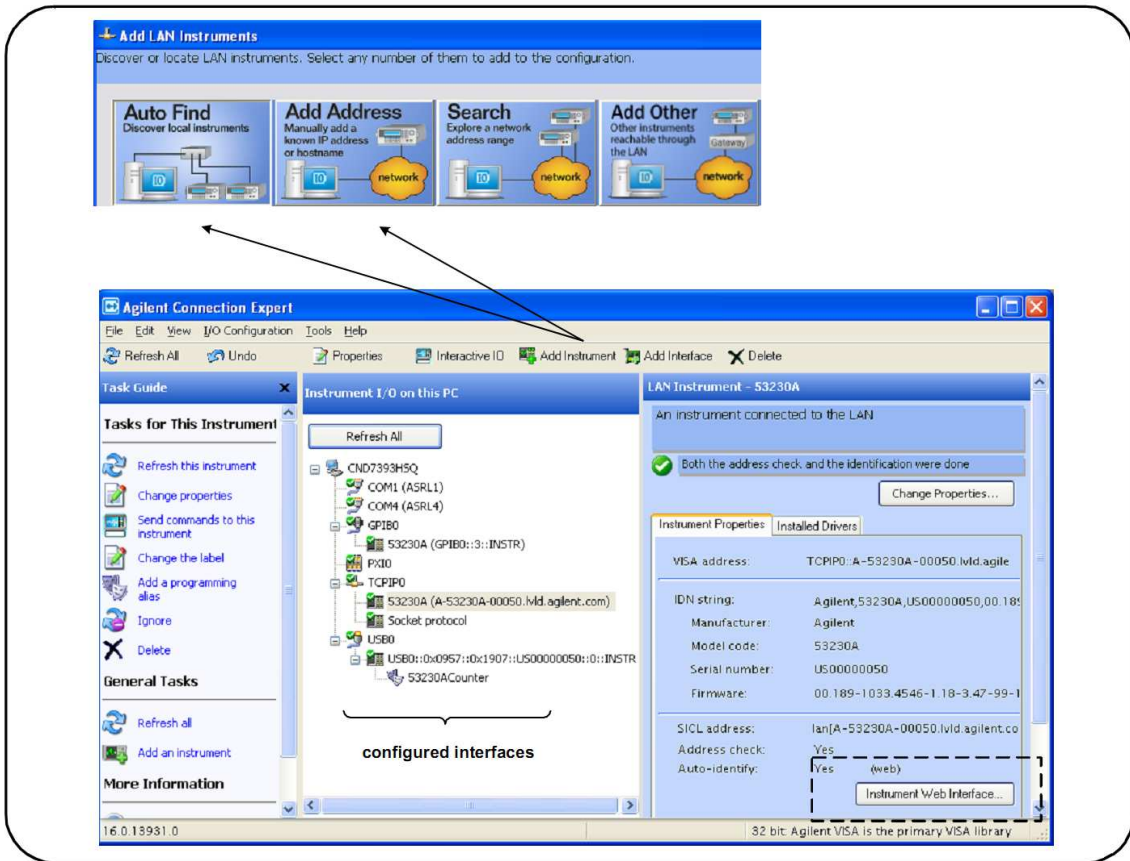


Рис. 2-4 Окно интерфейсов утилиты Agilent Connection Expert

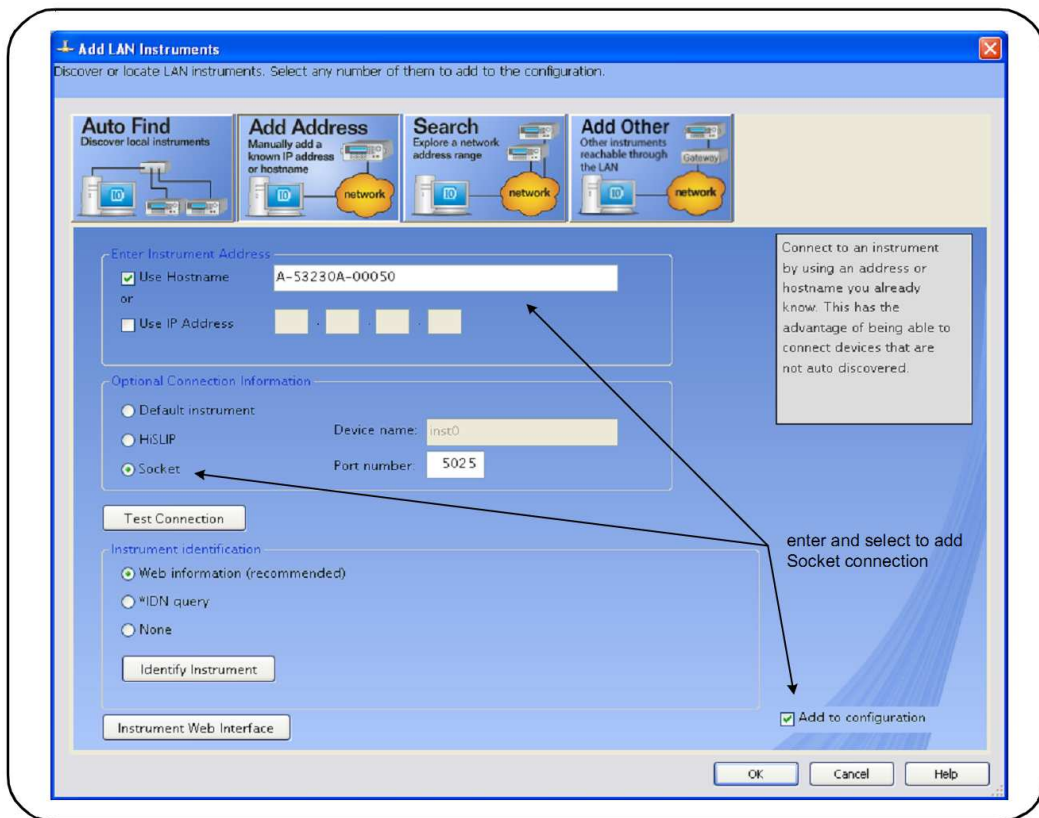


Рис. 2-5 Добавление соединения Sockets

### Применение протокола двунаправленных каналов связи (Sockets)

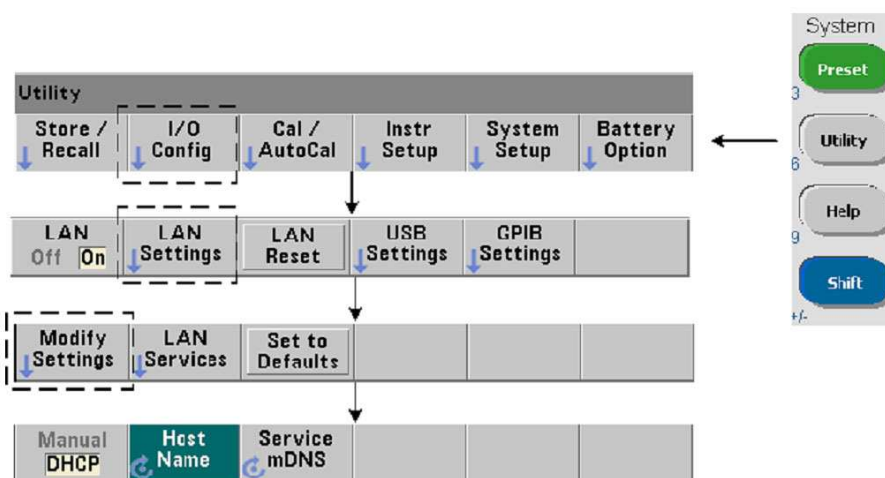
Для улучшения рабочих характеристик приборов, добавленных в конфигурацию LAN, можно также использовать протокол **Sockets**. Для применения этого соединения выберите пункт "Add Address" в меню "Add Instruments" (рис. 2-4). В этом окне введите имя хоста прибора или IP-адрес, затем выберите "Use socket connection" под пунктом "Optional Socket Connection" (рис. 2-5). Имейте в виду, что в этой конфигурации прибор может иметь оба соединения: VXI-11 и Sockets (рис. 2-4).

### IP-адреса и имена хоста

В состоянии поставки прибора 53220A/53230A с завода задействован протокол динамической конфигурации хоста (DHCP) и функция автоматического присвоения IP-адреса. Это позволяет прибору автоматически получать адрес в сети. Если в сети есть сервер DHCP, он назначит прибору адрес.

Если в сети нет сервера DHCP, прибор 53220A/53230A автоматически определяет адрес для применения. Адреса должны быть в диапазоне от 169.254.1.1 до 169.254.255.255.

### Имя хоста



Частотомер 53220A/53230A имеет принятое по умолчанию имя хоста. Имя хоста имеет следующий формат:

- A-53220A-nnnnn (Agilent 53220A)
- A-53230A-nnnnn (Agilent 53230A)

где "nnnnn" – это последние пять цифр серийного номера прибора. Имя хоста прибора сообщается утилитой Connection Expert для сетевых серверов, которые поддерживают службу имен доменов (DNS). Для сетевых серверов, которые не поддерживают динамическую систему имен доменов, сообщается только IP-адрес.

### Адресация прибора

Во время программирования к прибору 53220A/53230A обращаются через его адресную строку, которая содержит IP-адрес:

- TCPIP0::169.254.2.30::inst0::INSTR (VXI-11)
- TCPIP0::169.254.2.30::5025::SOCKET (Sockets)

или имя хоста:

TCPIP0::A-53230A-00050.agilent.com::inst0::INSTR

### Отключение интерфейса LAN

Чтобы отключить интерфейс LAN с передней панели, следует выбрать **I/O Config**, затем **LAN Off**, после чего выключить и снова включить питание прибора. Когда интерфейс отключен, его невозможно сконфигурировать утилитой Connection Expert.

## Открытие Web-интерфейса из программы Agilent Connection Expert

Интерфейс LAN является **единственным** интерфейсом ввода-вывода, из которого возможен доступ к пользовательскому Web-интерфейсу частотомера. Чтобы открыть пользовательский Web-интерфейс, выделите сконфигурированный в LAN прибор (рис. 2-4), и выберите "Instrument Web Interface..." из окна Connection Expert.

### 2.3.4 Конфигурирование интерфейса USB

Прибор 53220A/53230A представляет собой устройство с быстродействующим интерфейсом USB 2.0. Для присоединения кабеля USB служит соединитель USB типа B на задней панели прибора.

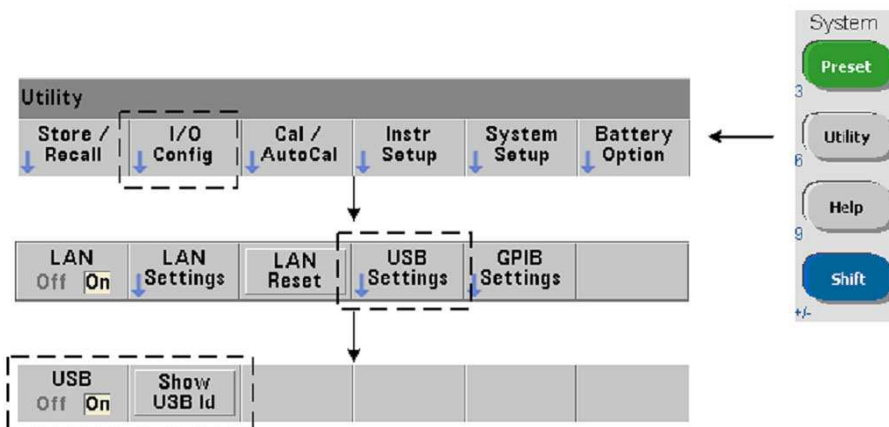
#### ПРИМЕЧАНИЕ

При первоначальном присоединении частотомера 53220A/53230A к компьютеру через кабель USB **возможен** запуск утилиты "hardware wizard" на компьютере с запросом начет установочной программы для данного устройства. Здесь нет другой установочной программы для интерфейса USB, кроме библиотек на компакт-диске Agilent Automation-Ready, который прилагается к частотомеру 53220A/53230A. Пропустите приложение "wizard" **без** поиска программы и без применения принятых по умолчанию вариантов выбора.

#### Добавление приборов в конфигурацию USB

Соедините частотомер и компьютер кабелем USB и запустите утилиту Agilent Connection Expert (рис. 2-4), если она еще не открыта. Компьютер должен обнаружить присутствие USB-устройства. При необходимости нажмите **правую** кнопку мыши на интерфейсе USB (USB0) и выберите пункт "Refresh This Interface".

Утилита Connection Expert попытается установить связь с прибором. В случае успешного исхода этого процесса прибор будет добавлен в список USB-сконфигурированных приборов (рис. 2-4). Вы можете вывести USB-адрес на дисплей прибора, как показано ниже.



#### Строка USB-адреса

При программировании прибора 53220A/53230A через интерфейс USB в адресную строку вносится его USB-адрес следующим образом:

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

Для упрощения адресации при программировании можно назначить псевдоним VISA (VISA alias) и использовать его вместо полного адреса. Чтобы назначить псевдоним из утилиты Connection Expert, следует нажать правую кнопку мыши на принятом по умолчанию псевдониме, затем выбрать пункт "Select Properties". Введите псевдоним и нажмите кнопку "OK" (рис. 2-6).

#### Отключение интерфейса USB

Чтобы отключить интерфейс USB с передней панели, следует выбрать **I/O Config**, затем **USB Settings**, затем **USB Off**. При подключении или отключении интерфейса USB вы должны выключить и снова включить питание прибора, чтобы ввести в действие изменения. Когда интерфейс отключен, его невозможно сконфигурировать утилитой Connection Expert.

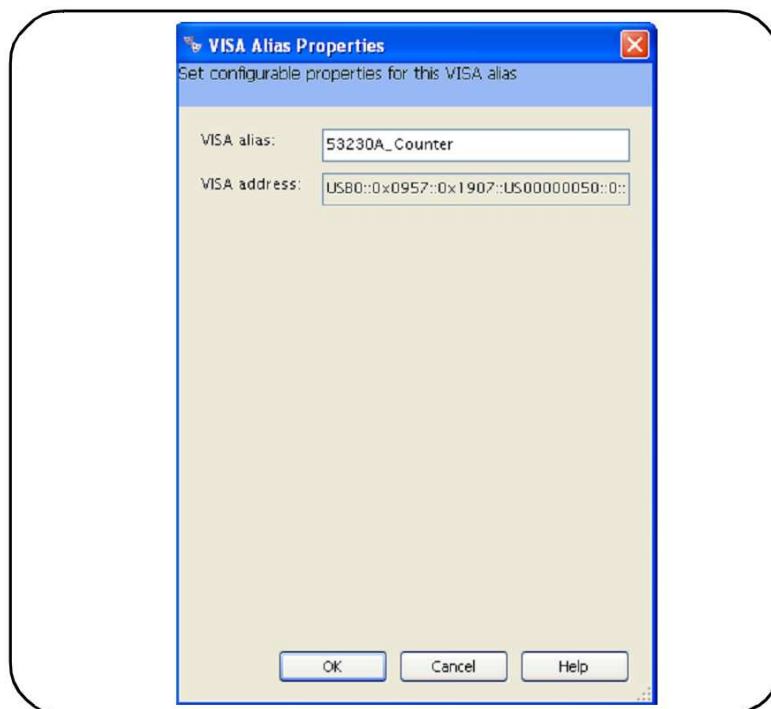


Рис. 2-6 Установка псевдонима VISA для адресной строки USB

### Применение интерфейса USB с утилитой Interactive IO

Web-интерфейс прибора **недоступен** с интерфейса USB. Альтернативным методом программирования является применение утилиты Connection Expert "Interactive IO" (см. подраздел 2.3.6).

### 2.3.5 Конфигурирование интерфейса GPIB

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Следующая информация изложена в предположении, что на вашем компьютере установлена плата USB или интерфейс USB/GPIB.

Доступ к программированию прибора 53220A/53230A возможен также через интерфейс GPIB (опция 400). Кабели GPIB можно присоединять к компьютеру в лучевой схеме (все кабели подключаются непосредственно к компьютеру) или в шлейфовой схеме (один прибор за другим).

#### Добавление приборов в конфигурацию GPIB

Чтобы добавить приборы к интерфейсу GPIB, выделите пункт **GPIB0** и выберите "Add Instrument" на панели инструментов окна интерфейсов Connection Expert (рис. 2-4). В появившемся окне "New GPIB Instrument" (рис. 2-7) выберите GPIB-адрес частотомера (**Внимание: на заводе установлен адрес = 3**) и нажмите кнопку "OK".

Утилита Connection Expert попытается установить связь с прибором. Если частотомер находится по указанному адресу, то прибор будет добавлен в список GPIB-сконфигурированных приборов.



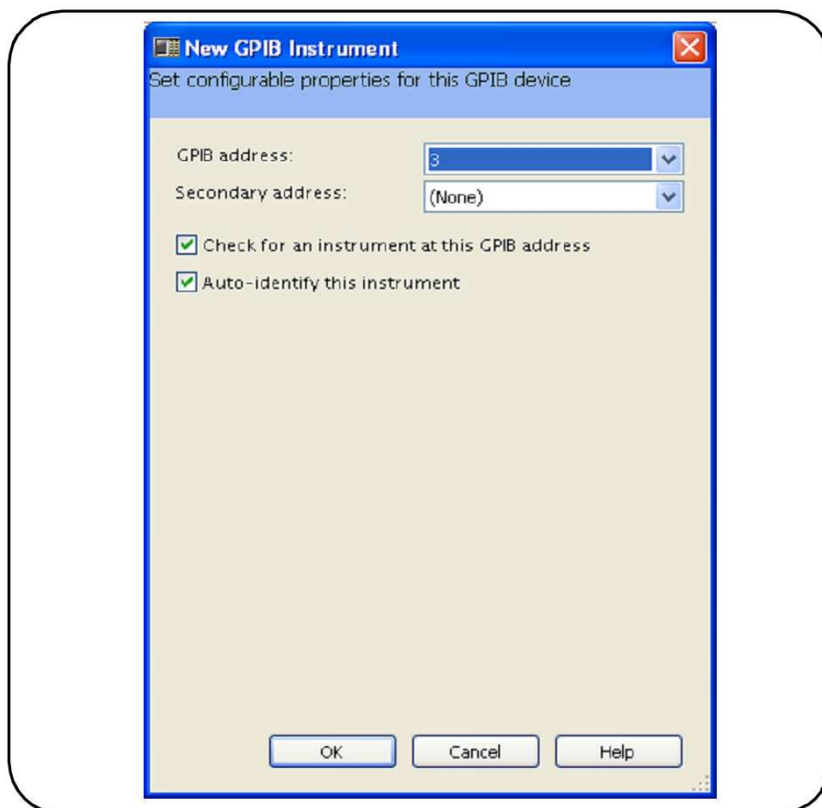
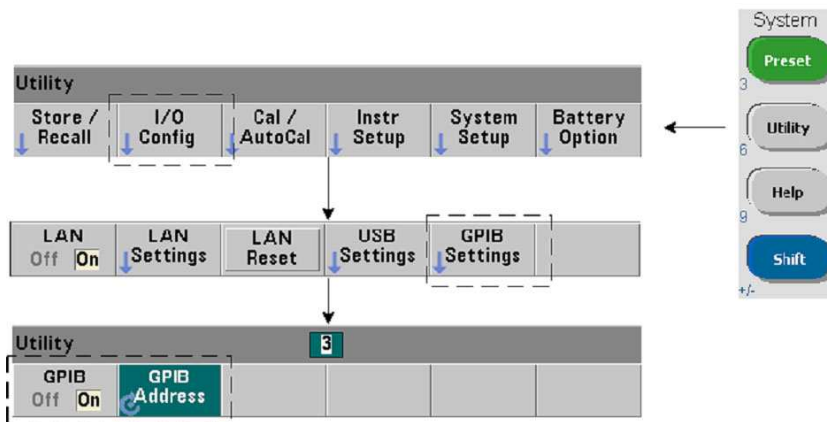


Рис. 2-7 Выбор адреса GPIB

Вы можете вывести адрес GPIB на дисплей прибора, как показано ниже.



### Строка адреса GPIB

При программировании частотомера через интерфейс GPIB в адресную строку вносится его адрес GPIB, как показано ниже.

GPIB0::3::INSTR

### Изменение адреса GPIB

Чтобы изменить адрес GPIB, выберите пункт **GPIB Address** и установите нужный адрес поворотной ручкой или с помощью цифровых клавиш с клавишей **[Shift]**. После изменения адреса вы должны выключить и снова включить питание прибора, чтобы ввести в действие изменения.

В случае изменения адреса GPIB он **не обновляется** в окне интерфейсов Connection Expert (рис. 2-4). В окне Connection Expert выделите прибор GPIB, затем нажмите кнопку "Change Properties ...". В окне конфигурируемых свойств (рис. 2-7) измените адрес на новый и нажмите кнопку "OK".

## Отключение интерфейса GPIB

Чтобы отключить интерфейс GPIB с передней панели, следует выбрать **I/O Config**, затем **GPIB Settings**, затем **GPIB Off**. При подключении или отключении интерфейса GPIB вы должны выключить и снова включить питание прибора, чтобы ввести в действие изменения. Когда интерфейс отключен, его невозможно сконфигурировать утилитой Connection Expert.

## Применение интерфейса USB с утилитой Interactive IO

Web-интерфейс прибора **недоступен** с интерфейса GPIB. Альтернативным методом программирования является применение утилиты Connection Expert "Interactive IO" (см. подраздел 2.3.6).

### 2.3.6 Применение утилиты Interactive IO

Утилита "Interactive IO" программы Connection Expert обеспечивает другой способ отправки команд на прибор 53220A/53230A (таблица 2-1). Окно Interactive IO, которое доступно из **любого** интерфейса ввода-вывода на компьютере, позволяет отправлять на прибор 53220A/53230A любую команду из набора команд SCPI прибора. Вы можете также выбрать из меню общие команды IEEE-488 (например, \*IDN?, \*RST, \*TST?).

Утилитой Interactive IO можно пользоваться:

- для устранения коммуникационных проблем
- для подачи команды "device clear"
- для изучения набора команд управления прибором

На рис. 2-8 показано, как запустить утилиту Interactive IO для выбранного интерфейса.

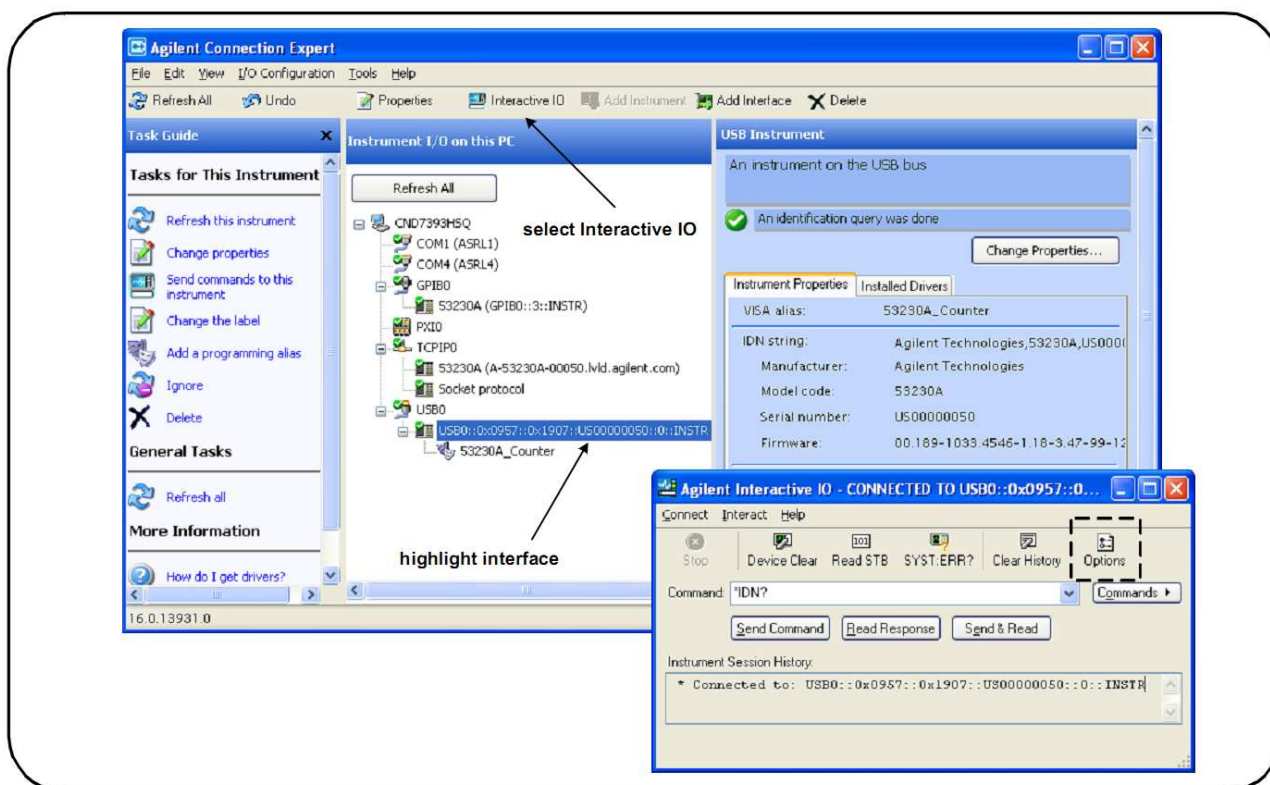


Рис. 2-8 Запуск утилиты Interactive IO для выбранного интерфейса

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Когда окно Interactive IO используется для отправки на прибор 53220A/53230A команды самопроверки (\*TST?), может оказаться необходимым увеличить предельное время измерения (timeout), чтобы обеспечить вывод результатов. Для этого можно воспользоваться закладкой "Options" окна Interactive IO. Продолжительность самопроверки прибора 53220A/53230A составляет около семи секунд.



## 2.4 Обновление микропрограмм и драйверов

Обновления микропрограмм и драйверов (если они имеются) для прибора 53220A/53230A можно загрузить с нашего интернет-сайта. В этом разделе описано, как найти и загрузить обновления на компьютер, затем установить обновления на прибор.

### 2.4.1 Отключение защиты калибровки

Перед установкой микропрограммных обновлений необходимо *отключить* защиту калибровки частотомера. Для этого используется следующая команда:

```
CALibration:SECurity:STATE {OFF|ON}, <код>
CALibration:SECurity:STATE? (форма запроса)
```

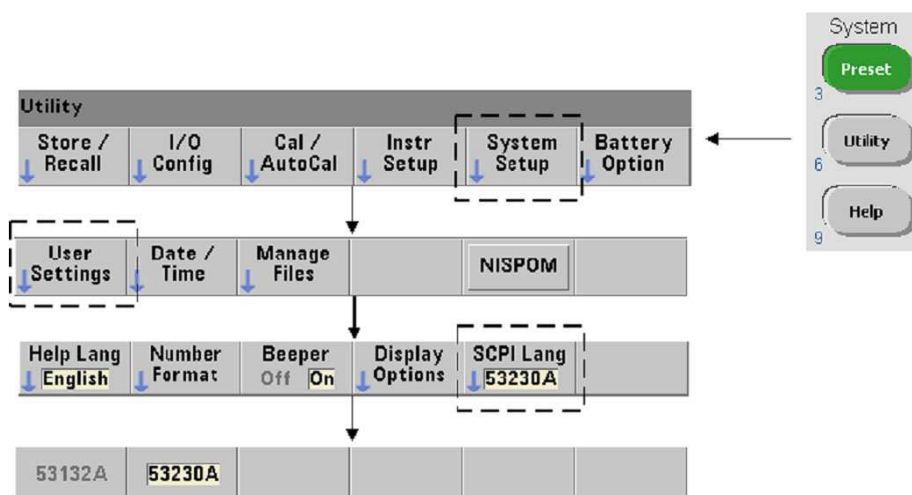
Для отключения защиты калибровки прибора вы должны указать защитный код в дополнение к установке прибора в состояние **OFF**. В состоянии поставки прибора с завода защитный код установлен на "AT53220A" (Agilent 53220A) или "AT53230A" (Agilent 53230A). Однако имейте в виду, что этот код может измениться при эксплуатации прибора.

По завершении обновления микропрограммы можно восстановить защиту от калибровки путем установки прибора в состояние **ON** и указания защитного кода. Показание счетчика циклов калибровки **не изменяется** при изменении состояния защиты или при обновлении микропрограммы.

Показание счетчика циклов калибровки можно вывести командой:

```
CALibration:COUNt?
```

### 2.4.2 Режим эмуляции языка SCPI



Если прибор иногда применяется в режиме эмуляции языка команд SCPI 53131A/53132A, то прежде чем обновлять микропрограмму, необходимо вернуть прибор в его первоначальный режим (53220A/53230A).

### 2.4.3 Загрузка и установка утилиты обновления

Обновления микропрограммного обеспечения 53220A/53230A устанавливаются на прибор с помощью утилиты обновления микропрограмм Agilent. Утилиту и микропрограмму можно найти на сайте:

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A)

[www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

На этой интернет-странице перейдите на закладку "**Technical Support**", затем выберите "**Drivers & Software**". Найдите и выберите утилиту **Agilent Technologies Firmware Update Utility Type 2**.

При запросе выберите "Run", чтобы установить эту утилиту. По умолчанию эта утилита устанавливается в директорию C:\Program Files\Agilent\Firmware Update Utility Type 2. Эта утилита добавляется также в пусковое меню компьютера под пунктом "Agilent".

## 2.4.4 Загрузка микропрограммного обновления

Вернитесь на интернет-страницу и под пунктом "Documents & Downloads" выберите:

**Agilent 532x0A Firmware Revision <номер версии>**

При запросе выберите "Run", чтобы загрузить файл на компьютер. **Запишите директорию, в которой сохраняется этот файл, поскольку это понадобится вам для указания пути к этому файлу, когда вы запустите утилиту обновления.**

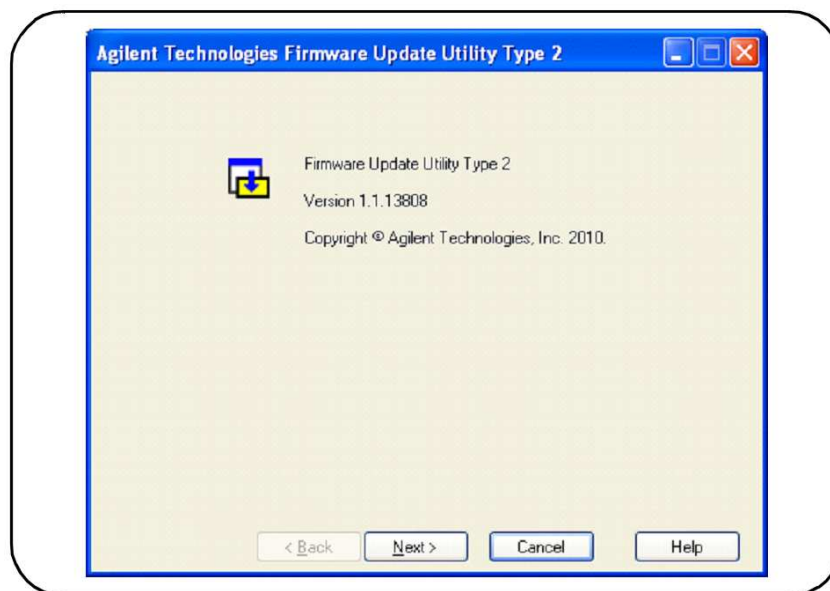
### ПРИМЕЧАНИЕ

Микропрограммные обновления доступны только через интерфейс LAN. Прежде чем запускать утилиту, запишите IP-адрес.

## 2.4.5 Установка микропрограммного обновления

Микропрограммное обновление можно устанавливать после того, как вы загрузите этот файл с интернет-сайта.

1. Запустите утилиту из установочной директории или из пускового меню компьютера. Должно появиться окно, подобное тому, что показано на рис. 2-9.



**Рис. 2-9** Окно выбора файлов утилиты микропрограммного обновления

2. Нажмите кнопку **Next**, затем кнопку **Browse**, чтобы указать путь к файлу микропрограммы (рис. 2-10). После того, как вы укажете путь, появляется номер модели прибора в окне "Applicable Models" вместе с номером версии и наименованием прибора. Нажмите кнопку **Next**.
3. Введите IP-адрес частотомера или номер хоста (рис. 2-11). Нажмите кнопку **Update**, чтобы запустить процедуру обновления.

Через несколько секунд завершается процедура обновления микропрограммы. После этого должна произойти перезагрузка прибора 53220A/53230A.

### ПРИМЕЧАНИЕ

После обновления микропрограммы программа Agilent Connection Expert (если она работает) может сообщить, что изменена конфигурация прибора 53220A/53230A. Это индицируется желтым треугольником с восклицательным знаком у обновленного прибора. Выберите имя прибора, выберите "Change Properties", затем "Test Connection" или "Identify Instrument", чтобы обновить программу Connection Expert.

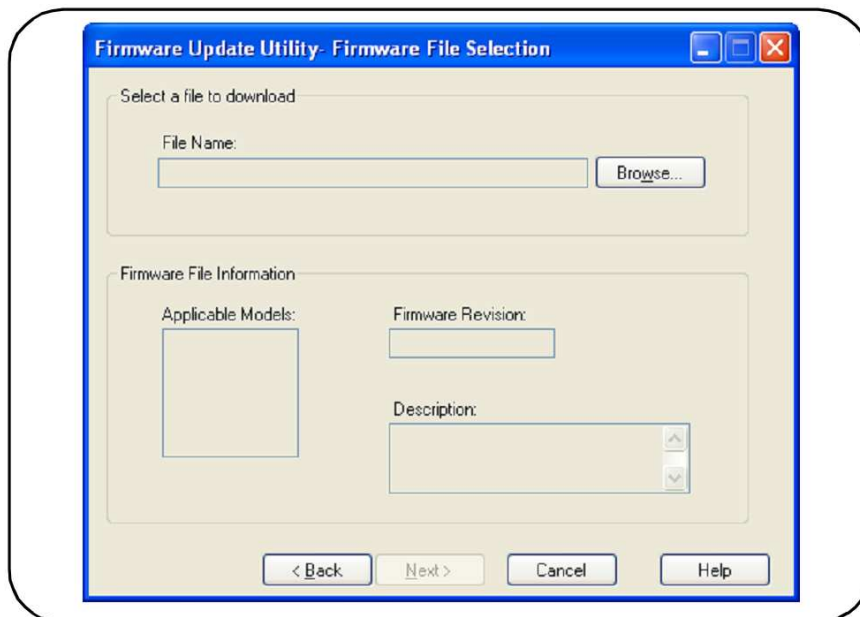


Рис. 2-10 Выбор пути к файлу обновления

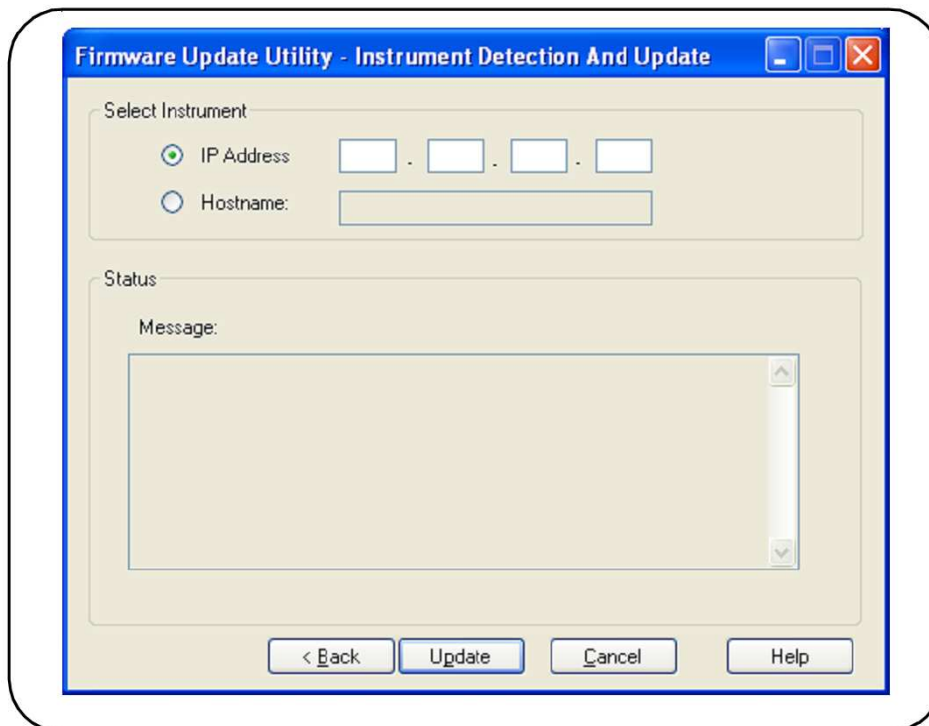


Рис. 2-11 Указание IP-адреса или имени хоста

### 2.4.6 Загрузка обновлений драйверов IVI-COM

Обновления драйверов IVI-COM и LabVIEW (если они имеются) для приборов 53220A/53230A можно загрузить с нашего интернет-сайта.

[www.agilent.com/find/53220A](http://www.agilent.com/find/53220A)

[www.agilent.com/find/53230A](http://www.agilent.com/find/53230A)

На этой интернет-странице перейдите на закладку "**Technical Support**", затем выберите "Drivers & Software". В этом списке находятся драйверы и соответствующие файлы "readme".

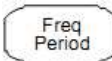

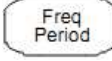
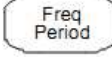
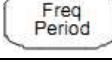
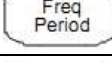
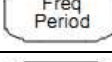
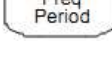




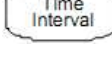

## 3 Измерения

В этой главе содержится общая информация о программировании и приведены примеры измерений, которые можно выполнять с применением частотомеров 53220A/53230A.

### 3.1 Виды измерений

В таблице 3-1 приведена сводка видов измерений, которые могут выполняться частотомерами Agilent 53220A/53230A. В этой таблице показаны клавиши, с помощью которых выбирают определенные виды измерений через функциональные клавиши. Здесь указаны также эквивалентные команды SCPI и возможности применения каналов.

**Таблица 3-1** Сводка видов измерений, которые могут выполняться частотомерами 53220A/53230A

Виды измерений	Клавиши	Команды	Прибор	Каналы
Частота		CONFigure:FREQuency MEASure:FREQuency?	53220A 53230A	1, 2, 3
Отношение частот		CONFigure:FREQuency:RATio MEASure:FREQuency:RATio?	53220A 53230A	1, 2, 3
Период		CONFigure:PERiod MEASure:PERiod?	53220A 53230A	1, 2, 3
Одинарный период		CONFigure:SPERiod MEASure:SPERiod?	53220A 53230A	1, 2
Несущая частота пакета		CONFigure:FREQuency:BURSt MEASure:FREQuency:BURSt?	53230A	3 (опция 150)
Частота повторения импульсов		CONFigure:FREQuency:PRF MEASure:FREQuency:PRF?	53230A	3 (опция 150)
Период повторения импульсов		CONFigure:FREQuency:PRI MEASure:FREQuency:PRI?	53230A	3 (опция 150)
Длительность положительной части пакета ("on time")		CONFigure:PWIDth:BURSt MEASure:PWIDth:BURSt?	53230A	3 (опция 150)
Длительность отрицательной части пакета ("off time")		CONFigure:NWIDth:BURSt MEASure:NWIDth:BURSt?	53230A	3 (опция 150)
Интервал времени		CONFigure:TINTerval MEASure:TINTerval?	53220A 53230A	1, 2
Время нарастания		CONFigure:RTIME MEASure:RTIME?	53220A 53230A	1, 2
Время спада		CONFigure:FTIME MEASure:FTIME?	53220A 53230A	1, 2
Коэффициент заполнения для отрицательных импульсов		CONFigure:NDUTycle MEASure:NDUTycle?	53220A 53230A	1, 2
Коэффициент заполнения для положительных импульсов		CONFigure:PDUTycle MEASure:PDUTycle?	53220A 53230A	1, 2

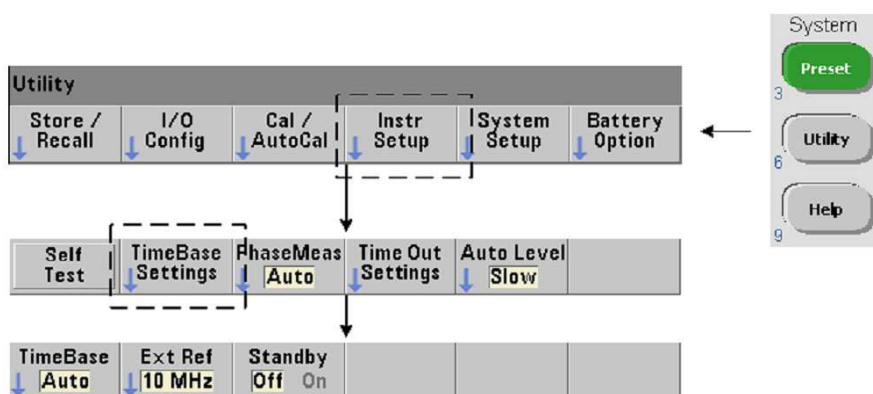


Авторское право компании Agilent Technologies, Inc. Все содержимое этого документа является собственностью национальной и международной компаний Agilent Technologies, Inc. и может быть скопировано, воспроизведено, распространено, передано или иным образом использовано только с письменного разрешения от компании Agilent Technologies, Inc. в соответствии с условиями лицензионного соглашения. Российское представительство: Agilent Technologies, Inc. Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tpo\_russia@agilent.com

**Таблица 3-1** Сводка видов измерений, которые могут выполняться частотомерами 53220A/53230A (продолжение)

Виды измерений	Клавиши	Команды	Прибор	Каналы
Длительность отрицательных импульсов		CONFigure:NWIDth MEASure:NWIDth?	53220A 53230A	1, 2
Длительность положительный импульсов		CONFigure:PWIDth MEASure:PWIDth?	53220A 53230A	1, 2
Фаза		CONFigure:PHASe MEASure:PHASe?	53220A 53230A	1, 2
Суммирование (непрерывное)		CONFigure:TOTAlize:CONTInuous	53220A 53230A	1, 2
Суммирование (хронированное)		CONFigure:TOTAlize:TIMed MEASure:TOTAlize:TIMed?	53220A 53230A	1, 2
Метки времени		CONFigure:ARRAy:TSTamp MEASure:ARRAy:TSTamp?	53230A	1, 2, 3
Минимальное входное напряжение	Дисплей	INPut{{1 2}}:LEVel:MINimum?	53220A 53230A	1, 2
Максимальное входное напряжение	Дисплей	INPut{{1 2}}:LEVel:MAXimum?	53220A 53230A	1, 2
Междупиковое входное напряжение	Дисплей	INPut{{1 2}}:LEVel:PTPeak?	53220A 53230A	1, 2
Относительный уровень ВЧ сигнала	Дисплей	INPut3:STRength?	53220A 53230A	3

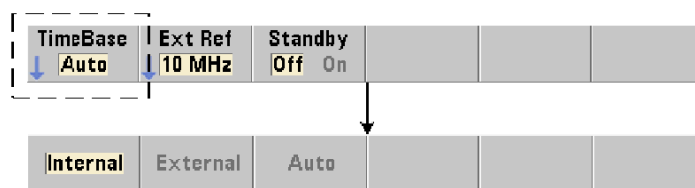
### 3.2 Конфигурирование генератора опорной частоты



Функционирование частотомера 53220A/53230A базируется на применении генератора опорной частоты, который может быть как внутренним, так и внешним. Для выполнения измерений необходимо наличие действительного сигнала опорной частоты.

Следующая далее информация относится к стандартному термокомпенсированному кварцевому генератору (ТСХО) и к сверхвысокостабильному термостатированному кварцевому генератору (опция 010 – ОСХО), которые применяются в частотомере 53220A/53230A для формирования сигналов опорной частоты.

### 3.2.1 Источник опорной частоты



Генератором опорной частоты может быть либо внутренний генератор опорной частоты прибора, либо внутренний генератор, привязанный к внешнему сигналу опорной частоты. Ниже приведены команды выбора источника опорной частоты.

[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 10 МГц частотомера, формирующий синусоидальный сигнал с напряжением 0,5 Вэфф (на нагрузке 50 Ом). Сигнал внутреннего генератора опорной частоты выводится на расположенный на задней панели соединитель **Int Ref Out**.
- **EXTernal** выбирает сигнал внешнего генератора опорной частоты, который подается на расположенный на задней панели соединитель **Ext Ref**. Требования к этому сигналу:
  - частота 1 МГц, 5 МГц или 10 МГц
  - напряжение 100 мВэфф ÷ 2,5 Вэфф
  - синусоидальная форма

Частота этого сигнала должна быть задана командой:

SENSe:ROSCillator:EXTernal:FREQuency

- Команда **:AUTO ON** вводит в действие автоматический выбор источника опорной частоты. Когда на соединителе **Ext Ref** присутствует сигнал 1 МГц, 5 МГц или 10 МГц, устанавливается внешний (**EXTernal**) источник. В случае отсутствия или **исчезновения** применимого сигнала автоматически устанавливается внутренний (**INTernal**) источник.

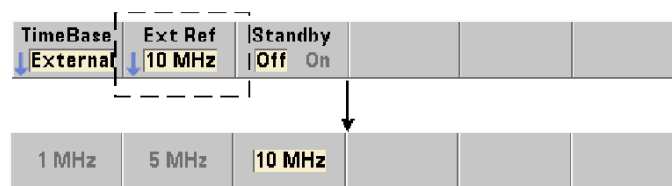
Имейте в виду, что указание источника опорной частоты (**INTernal** или **EXTernal**) командой [SENSe:]ROSCillator:SOURce выводит из действия автоматический выбор источника опорной частоты.

- Команда **:AUTO Off** выводит из действия автоматический выбор источника опорной частоты. Тогда источник опорной частоты задается командой [SENSe:]ROSCillator:SOURce.

В состоянии поставки прибора с завода установлен внутренний (**INTernal**) источник опорной частоты и задействован (**On**) автоматический выбор источника опорной частоты. Установить частотомер в это состояние можно также командой **SYSTem:SECure:IMMediate**. Установки параметров хранятся в энергонезависимой памяти и не изменяются после команды переустановки (**\*RST**) или после переустановки прибора командой **SYSTem:PREset** или клавишей **Preset**.



### Задание значения внешней опорной частоты



Когда установлен внешний (EXTERNAL) источник опорной частоты командой [SENSe:]ROSCillator:SOURce или [SENSe:]ROSCillator:SOURce:AUTO, то частота синхронизации внешнего сигнала (к которой привязывается внутренний генератор) **должна** быть задана командой:

```
[SENSe:]ROSCillator:EXtErnal:FREQuency {1E6|5E6|10E6|
MINimum|MAXimum|DEFault}
[SENSe:]ROSCillator:EXtErnal:FREQuency? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
(форма запроса)
```

В состоянии поставки прибора с завода установлена внешняя опорная частота 10 МГц. Установить частотомер в это состояние можно также командой SYSTem:SECure:IMMediate. Эта установка хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется после команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem:PREset или клавишей **Preset**.

### Пример установки прибора на привязку к внешнему источнику опорной частоты

В этом примере показано, как сконфигурировать частотомер на привязку к внешнему источнику опорной частоты (если он имеется) и задать значение внешней опорной частоты 10 МГц.

```
SENS:ROSC:SOUR:AUTO ON // привязка к внешнему опорному источнику,
// если он имеется
SENS:ROSC:EXT:FREQ 10E6 // частота сигнала должна быть 10 МГц
```

### Обнаружение применимого внешнего сигнала опорной частоты

При наличии применимого (действительного) внешнего сигнала опорной частоты в правом верхнем углу дисплея появляется индикатор **ExtRef**. Если такой сигнал отсутствует или не задано применимое значение опорной частоты, появляется сообщение **"No valid external timebase"**. Это сообщение регистрируется также в очереди сообщений об ошибках.

Наличие применимого внешнего сигнала опорной частоты может также определяться программным путем с помощью команды:

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

Перед посылкой этой команды необходимо установить SENSE:ROSCillator:SOURce EXtErnal и SENSE:ROSCillator:SOURce:AUTO OFF.

В следующем примере проверяется наличие внешнего сигнала опорной частоты на соединителе **Ext Ref In**.

```
SENS:ROSC:SOUR EXT // установка источника и отключение
// автоматического выбора источника
SENS:ROSC:EXT:CHECK ONCE // проверка наличия применимого сигнала
SYST:ERR? // считывание очереди сообщений об ошибках
```

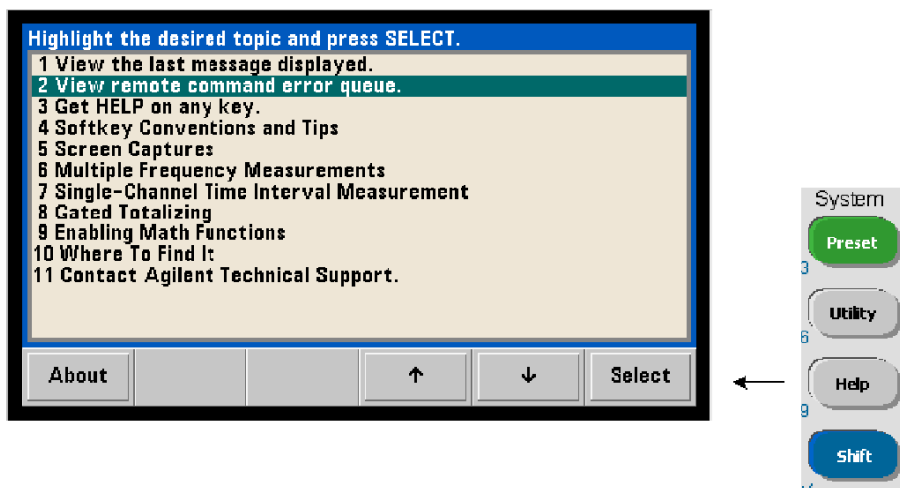
Считывание очереди сообщений об ошибках с передней панели производится, как показано на следующем рисунке.

Состояние внешнего источника опорной частоты контролируется в частотомере также регистром Questionable Data. Этот регистр можно опрашивать командой:

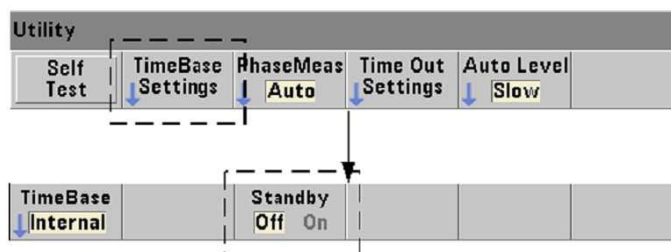
```
STATus:QUESTionable:EVENT?
```

Значение +1024 (бит 10) указывает на ошибку, обусловленную неприменимой частотой. Считывание регистра **очищает все биты** в регистре.

Считывание очереди сообщений об ошибках:



### 3.2.2 Дежурное питание генератора опорной частоты (опция 010)



Дежурное питание для поддержания рабочей температуры внутреннего термостатированного генератора опорной частоты (ОСХО – опция 010) может подаваться как от электросети, так и от аккумуляторной батареи (опция 300). Подключение и отключение дежурного питания производится командой:

```
[SENSe:]ROSCillator:INTernal:POWer:STANdby {OFF|ON}
[SENSe:]ROSCillator:INTernal:POWer:STANdby? (форма запроса)
```

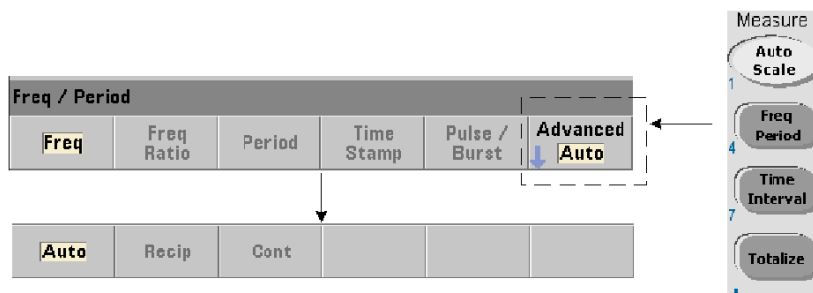
- **ON** подключает дежурное питание для поддержания температуры ОСХО, когда прибор выключается (переключается в режим дежурного питания) кнопкой выключателя на передней панели. Когда установлена **и подключена** опция 300 (питание от аккумуляторной батареи), то при отсоединении от электросети дежурное питание обеспечивается аккумуляторной батареей. В режиме дежурного питания рабочий ресурс аккумуляторной батареи составляет 24 часа.
- **OFF** отключает дежурное питание внутреннего генератора от сети или от аккумуляторной батареи, когда прибор выключается кнопкой выключателя на передней панели.

Когда отключено дежурное питание, то при включении и выключении прибора также включается и выключается питание генератора опорной частоты. **Это может привести к снижению калиброванной точности генератора, и генератор может выйти на стабильный режим лишь по истечении предписанного времени прогрева (45 минут).**

Имейте в виду, что отключение дежурного питания при отсоединении от сети, когда установлена опция 300 аккумуляторной батареи, *продлевает* время, в течение которого остается заряженной аккумуляторная батарея.

В состоянии поставки прибора с завода дежурное питание отключено. Отключить его можно также командой `SYSTEM:SECure:IMMediate`. Текущая установка хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется после команды переустановки (`*RST`) или после предустановки прибора командой `SYSTEM:PREset` или клавишей **Preset**.

### 3.3 Установка режима измерений



Существует три режима измерений (AUTO, Reciprocal и Continuous), в которых может работать прибор при измерении **частоты, отношения частот и среднего периода**. Режим измерений устанавливается командой:

```
[SENSe:] FREQuency:MODE {AUTO|RECiprocal|CONTinuous}
[SENSe:] FREQuency:MODE? (форма запроса)
```

**AUTO** – конфигурирует прибор на выполнение измерений с повышенным разрешением (где возможно) или на выполнение измерений обратной величины в зависимости от условий входного сигнала. Все измерения в канале 3 выполняются с применением режима повышенного разрешения.

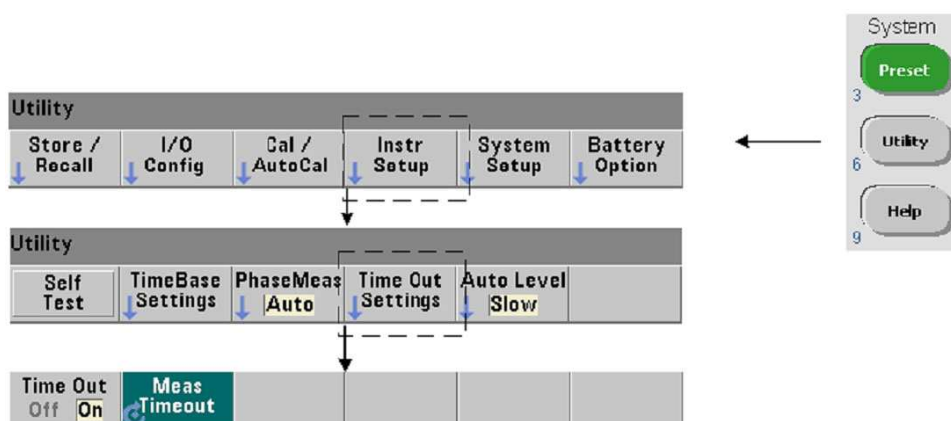
**RECiprocal** – конфигурирует прибор только на измерения обратной величины. В этом режиме измеряется период входного сигнала, и все отсчеты частоты вычисляются из результатов измерения периода, являющегося обратной величиной по отношению к частоте.

**CONTinuous** – конфигурирует прибор на непрерывные (без промежутков) измерения для вычисления истинного значения **отклонения по Аллену** (глава 6). В этом режиме все выборки (события запуска при этом игнорируются) производятся в пределах одного периода открывания-закрывания временного селектора и обрабатываются в совокупности. Здесь нет промежутка между отсчетами, который возник бы при открывании-закрывании временного селектора на каждой выборке.

Режим CONTinuous возможен только у прибора **53230A** и **только** при измерениях **частоты и среднего периода**.

Режим измерений устанавливается на AUTO после команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem:PREset или клавишей **Preset**. Команды CONFigure и MEASure не изменяют режим.

### 3.4 Установка предельной длительности измерения (Time Out)



Предельная длительность измерения – это время, которое отводится для завершения **каждого** измерения. Если измерение **не завершится** до истечения этого времени, то на дисплее индицируются черточки "-----", а при дистанционном управлении выводится 9.91E37 (это не число). Последовательность повторяется со следующим отсчетом в номере выборки.

Установка предельной длительности измерения предохраняет прибор от "зависания" на неопределенное время, если по какой-либо причине не завершится измерение.

Предельная длительность измерения задается командой:

```
SYSTem:TIMEout {<time>|MINimum|MAXimum|INFinity|DEFault}
SYSTem:TIMEout? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

- Здесь **time** – это заданная предельная длительность измерения в диапазоне от 10 ms до 2000 s с разрешением 1 ms. Установка предельной длительности измерения может снижать быстродействие измерений, когда во время цикла запуска снимается несколько отсчетов. При установке оптимального значения предельной длительности измерения следует учитывать значения задержки запуска, длительности стробирующего сигнала и задержки стробирующего сигнала (глава 6).

Установка предельной длительности измерения хранится в энергонезависимой памяти прибора и не изменяется после команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem:PREset или клавишей **Preset**.

В состоянии поставки прибора с завода предельная длительность измерения не ограничена. Задание длительности 9.9E+37 или посылка команды SYSTem:SECurity:IMMediate также снимает ограничение длительности измерения. В этом случае прибор может ожидать **бесконечно долго**, пока не завершится измерение.

### 3.5 Синтаксис команд SCPI

Программирование частотомеров через интерфейс LAN, USB или GPIB производится с применением языка стандартных команд для программируемых приборов (SCPI). Типичный пример синтаксиса языка SCPI иллюстрируется следующей командой MEASure:

```
MEASure:FREQuency? [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]][, <channel>]]
```

Ниже описаны правила программирования.

#### Командные ключевые слова и сокращенные команды

Ключевые командные слова (например, MEASure, FREQuency) разделяются двоеточием (:). Прописными буквами обозначается сокращенный вариант написания ключевых слов или параметров. Следует использовать либо сокращенную, либо полную форму написания команд и параметров.

#### Необязательные (подразумеваемые) ключевые слова и параметры

Необязательные (подразумеваемые) ключевые слова и параметры указываются квадратными скобками (например, <channel>). Они не входят в состав посылаемой команды. Если не задать необязательный параметр, то используется значение, принятое по умолчанию.

#### Разделение команд с параметрами и связывание команд SCPI

Последнее ключевое слово и первый параметр должны разделяться пробелом. Несколько параметров разделяются запятыми (,). Перед обозначением номера **каждого** канала должен стоять символ "@". Номер канала вместе с этим символом заключается в скобки:

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

#### Несколько подсистем

Для посылки нескольких команд SCPI в одной строке следует разделять точкой с запятой (;) и двоеточием (:) команды из разных подсистем (корневых узлов). Например, строка:

```
INP:COUP AC;:TRIG:SOUR EXT
```

требует разделения точкой с запятой и двоеточием, поскольку здесь не совпадают подсистемы (корневые узлы) INPut и TRIGger.

### Одна подсистема

В одной строке можно также посылать команды из одной подсистемы. Первая команда характеризует корневой узел, а разделенные точкой с запятой следующие команды относятся к тому же уровню, что и предыдущая команда. Например последовательность команд, представляющих подсистему CALCulate2:

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

можно послать в виде следующей строки:

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

### Команды в отдельных строках или командная строка?

Посылка команд в одной строке вместо команд в отдельных строках может устранить ошибки "конфликта установок параметров". При посылке команд в отдельных строках частотомер проверяет ошибки по мере анализа каждой команды (строки). При посылке командной строки анализируется вся строка, прежде чем проверяются условия ошибок.

### Связывание общих команд IEEE 488-2 и команд SCPI

В командной строке, содержащей общие команды IEEE 488.2 (например, \*RST, \*WAI, \*OPC?) и команды SCPI, 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

Правила программирования на языке SCPI описаны также в разделе "Programmer's Reference" ("Справочник программиста") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

## 3.6 Команды MEASure и CONFigure

Всякий раз, когда частотомер выполняет измерение, он делает это, исходя из конфигурации, основанной на множестве параметров. **Простейшим** и наиболее распространенным исходным способом установки этих параметров **программным путем** является применение команд из подсистем CONFigure и MEASure. Эти команды считаются командами "верхнего" уровня, поскольку одной командой устанавливается (или принимается по умолчанию) множество параметров частотомера. Командами "нижнего" уровня являются команды из других подсистем (т.е. INPut, TRIGger, SENSE), которые позволяют вам изменять (или принимать по умолчанию) параметры из этого набора с помощью команд CONFigure или MEASure.

Исполнение команд из подсистем CONFigure и MEASure эквивалентно индивидуальной установке параметров с применением команд и подсистем, перечисленных в таблице 3-2.

Таблица 3-2 Конфигурирование частотомера с применением команд CONFIgure и MEASure

Параметры	Установка CONFIgure/MEASure	Команды нижнего уровня и подсистемы
Вход	Амплитудный диапазон, фильтр нижних частот, импеданс и подавление шума не изменяются относительно предыдущих значений или относительно установок после включения питания.	INPut[[1]:RANGe INPut[1]:FILTer INPut[1]:COUPling INPut[1]:IMPedance INPut[1]:NREJect
Режим измерений	<b>AUTO</b> для измерений частоты, отношения частот, среднего периода, PRF и PRI. Не изменяется для остальных измерений.	SENSe:FREQUency:MODE
Источник запуска	<b>IMMEDIATE</b>	TRIGger:SOURce
Фронт сигнала запуска	<b>NEGATIVE</b>	TRIGger:SLOPe
Задержка запуска	<b>0.0 секунд</b>	TRIGger:DELay
Кол-во событий запуска	<b>1 запуск</b>	TRIGger:COUNt
Количество выборок	<b>1 выборка</b>	SAMPle:COUNt
Источник стробирования	На основе измерительной функции, заданной командой CONFIgure или MEASure	SENSe:FREQUency:GATE:SOURce SENSe:TINTerval:GATE:SOURce SENSe:TOTALize:GATE:SOURce
Источник пуска стробирования	<b>IMMEDIATE</b>	SENSe:GATE:STARt:SOURce
Фронт сигнала пуска стробирования	<b>NEGATIVE</b>	SENSe:GATE:STARt:SLOPe
Задержка пуска стробирования	<b>TIME</b> <b>0.0 секунд</b>	SENSe:GATE:STARt:DELay:SOURce SENSe:GATE:STARt:DELay:TIME
Источник останова стробирования	<b>IMMEDIATE</b>	SENSe:GATE:STOP:SOURce
Задержка останова стробирования	<b>TIME</b> <b>0.0 секунд</b>	SENSe:GATE:STOP:HOLDoff:SOURce SENSe:GATE:STOP:HOLDoff:TIME
Фронт сигнала останова стробирования	<b>NEGATIVE</b>	SENSe:GATE:STOP:SLOPe
Внешний источник стробирования	Соединитель BNC Gate In/Out	OUTPut:STATe
Автоматическая установка стробирования пакета	<b>On</b> (включено)	SENSe:FREQUency:BURSt:GATE:AUTO
Задержка строб-импульса	<b>0.0 секунд</b>	SENSe:FREQUency:BURSt:GATE:DELay
Длительность строб-импульса	<b>1,0 мкс</b>	SENSe:FREQUency:BURSt:GATE:TIME
Режим коротких импульсов	<b>Off</b> (отключен)	SENSe:FREQUency:BURSt:GATE:NARRow



**Таблица 3-2** Конфигурирование частотомера с применением команд CONFigure и MEASure (продолжение)

Параметры	Установка CONFigure/MEASure	Команды нижнего уровня и подсистемы
Математические операции Графика	Не задействованы, включая отдельные вычислительные функции. Другие параметры не изменяются.	Подсистема CALCulate1 Подсистема CALCulate2
Автоматическая установка порогового уровня при измерении частоты	Не изменяется	SYSTem:ALEVel:FREQuency
Предельная длительность измерений	Не изменяется	SYSTem:TIMeout
Генератор опорной частоты	Не изменяется относительно предыдущей установки	SENSe:ROSCillator:SOURce SENSe:ROSCillator:SOURce:AUTO SENSe:ROSCillator:EXTernal:FREQuency
Формат данных	Не изменяется относительно предыдущей установки	Подсистема FORMat
Хранение данных	Не изменяется относительно предыдущей установки	Подсистема DATA
Состояние прибора	Не изменяется относительно предыдущей установки	Подсистема STATus

### 3.6.1 Применение команд MEASure

Измерения, использующие команды из подсистемы MEASure, выполняются по мере исполнения команды и базируются на параметрах, заданных синтаксисом команды. Результаты посылаются в буфер вывода.

Например, команда Measure:

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

выполняет однократное измерение ожидаемого сигнала с частотой 60 Гц в канале 1 с разрешением 5 разрядов (1 мГц). Все остальные параметры частотомера (конфигурация входов, источники запуска и т.п.) устанавливаются на значения, предопределенные для данной команды MEASure, или остаются неизменными относительно ранее запрограммированных значений.

Поскольку измерение выполняется незамедлительно, изменения в конфигурации частотомера ограничены параметрами, которые содержатся в команде.

### 3.6.2 Применение команд CONFigure

Измерения, использующие команды из подсистемы CONFigure, позволяют применять команды нижнего уровня для изменения параметров частотомера перед измерением. Предположим, к примеру, что требуется следующая конфигурация:

- измерение частоты
- внешний запуск положительным фронтом
- количество событий запуска = 2
- количество выборок (отсчетов на каждый запуск) = 5
- длительность временной селекции = 5 мс

Здесь нельзя применять команду MEASure:FREQuency?, поскольку она немедленно запускает измерение после установки источника запуска на "internal", количество событий запуска на "1" и количество выборок на "1". Длительность временной селекции (строб-сигнала) устанавливается на 0,1 с.

Применяя команду `CONFigure` и соответствующие команды нижнего уровня, можно изменить конфигурацию до начала измерения. В следующем примере показаны команды в сокращенной форме:

```
//сконфигурировать частотомер для измерений частоты
//изменить параметры относительно заданных командой 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
```

### Применение команды `Configure?`

Команда `CONFigure?` выводит измерительную функцию, сконфигурированную *последней* посланной на прибор командой `CONFigure` или `MEASure?`. Посылка команды `CONFigure?` после выключения и включения питания вызывает ошибку конфликта установок параметров, пока не будет послана команда `CONFigure` или `MEASure?`.

Например, команды

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

выводят строку (включая кавычки):

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

которая включает в себя функцию, ожидаемое значение, (расчетное) разрешение и канал. Если в команде `CONFigure` или `MEASure` не задан номер канала, то он не включается в строку вывода.



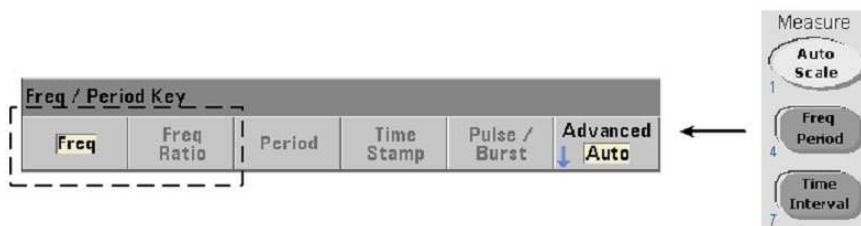
## 3.7 Измерение частоты и периода

В этом разделе описаны измерения частоты, периода и отношения частот.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные в дальнейших примерах команды SCPI представлены в качестве введения в процедуры измерения частоты. В этих примерах могут быть команды, которые задают принятые по умолчанию значения. Это необходимо учитывать при изменении этих команд для реального применения. За дополнительной информацией обращайтесь к Справочнику программиста ("Programmer's Reference") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

### 3.7.1 Измерение частоты



Стандартное измерение частоты иллюстрирует рис. 3-1.

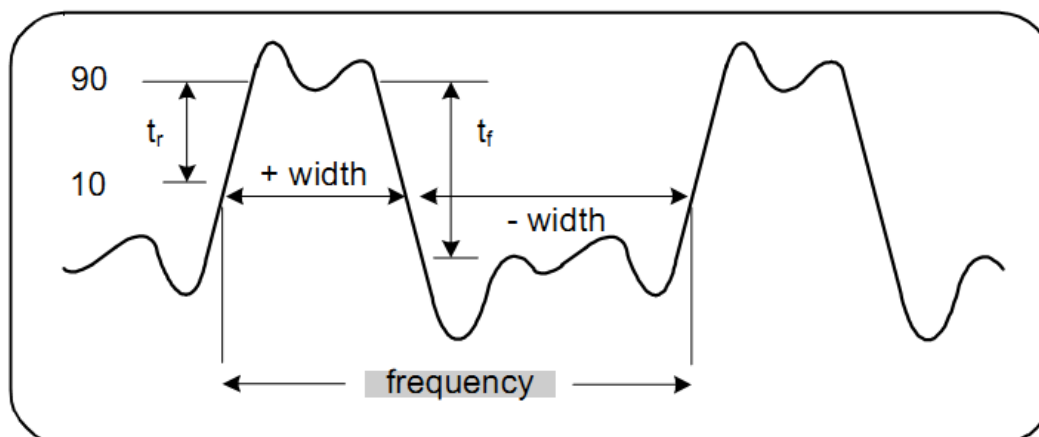


Рис. 3-1 Стандартное измерение частоты

Для измерения частоты применяются следующие команды:

```
MEASure:FREQUENCY? [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [, <channel>]
```

```
CONFigure:FREQUENCY [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}]] [, <channel>]
```

- Здесь **expected** – это ожидаемое значение частоты входного сигнала, а **resolution** – это желаемое разрешение индикации частоты в герцах. Диапазоны изменения параметров:

expected (каналы 1 и 2): 0,1 Гц ÷ 350 МГц (по умолчанию = 10 МГц)

expected (канал 3, опция 106): 100 МГц ÷ 6,0 ГГц (по умолчанию = 500 МГц)

expected (канал 3, опция 115): 300 МГц ÷ 15 ГГц (по умолчанию = 500 МГц)

resolution (все каналы):  $1.0E-15 \times \text{expected} \div 1.0E-5 \times \text{expected}$

(по умолчанию значение resolution соответствует длительности временной селекции 0,1 с)

- Здесь **channel** – это канал частотомера 1, 2 или 3, указанный как (@1), (@2) или (@3).

### Примеры измерения частоты

```
// с помощью команды MEASure? измерить частоту сигнала 20 МГц
// с разрешением 0,1 Гц
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:FREQ? 20E6, 0.1, (@1)
-----
// с помощью команды CONFigure измерить частоту сигнала 20 МГц
// с разрешением 0,1 Гц, снять 10 отсчетов
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:FREQ 20E6, 0.1, (@1)
SAMP:COUN 10 // снять 10 отсчетов
READ?
```

#### Примечание:

Обращайтесь к главе 5 за информацией в отношении запуска и количества отсчетов на каждое событие запуска (количество выборок).

### 3.7.2 Измерение отношения частот

Измерение отношения частот представляет собой измерение двух сигналов, один из которых обычно служит в качестве опорного сигнала (рис. 3-2). Эти сигналы могут иметь различную форму. Они могут подаваться на любую комбинацию двух каналов частотомера.

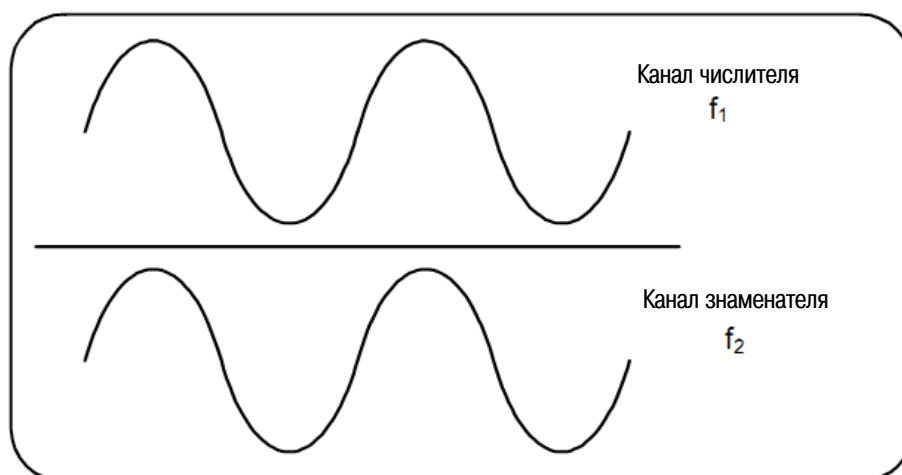


Рис. 3-2 Измерение отношения частот двух сигналов

Для измерения отношения частот применяются следующие команды:

```
MEASure:FREQuency:RATio? [{<expected>|MINimum|MAXimum|
DEFAult} [, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFAult}]]
[, <channel_pair>]
CONFigure:FREQuency:RATio [{<expected>|MINimum|MAXimum|
DEFAult} [, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFAult}]]
[, <channel_pair>]
```

- Здесь **expected** – это ожидаемое значение *отношения* частот двух сигналов; **resolution** – это желаемое разрешение индикации результата измерения отношения. Диапазоны изменения параметров:

```
expected (Ch1/Ch2, Ch2/Ch1): 2.8E-10 ÷ 3.5E+9
expected (Ch1/Ch3, Ch2/Ch3 – опция 106): 1.6E-11 ÷ 3.5
expected (Ch1/Ch3, Ch2/Ch3 – опция 115): 6.6E-12 ÷ 1.2
expected (Ch3/Ch1, Ch3/Ch2 – опция 106): 0,28 ÷ 6.0E10
expected (Ch3/Ch1, Ch3/Ch2 – опция 115): 0,85 ÷ 15.0E10
```

resolution (все каналы):  $1.0E-15 \times \text{expected} \div 1.0E-5 \times \text{expected}$   
 (по умолчанию значение resolution соответствует длительности временной селекции 0,1 с)

– Установки параметров **channel\_pair**:

(@1), (@2) | (@2), (@1) | (@1), (@3) | (@3), (@1) | (@2), (@3) | (@2).

Первый канал в паре характеризует числитель, второй канал – знаменатель.

По умолчанию значение channel\_pair составляет (@1), (@2).

### Примеры измерения отношения частот

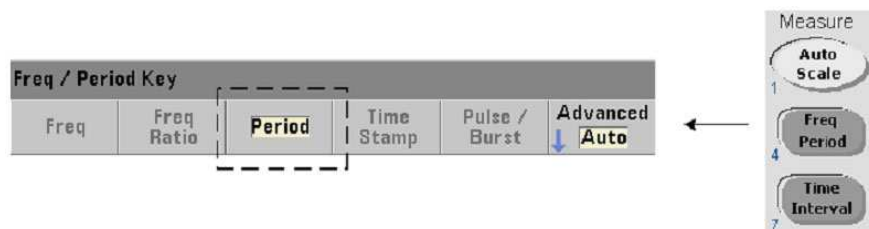
```
// с помощью команды MEASure? измерить ожидаемое отношение 1:1
// с разрешением индикации результата измерения 6 разрядов
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:FREQ:RAT? 1, 1.0E-6, (@1), (@2)
```

```
-----
// с помощью команды CONFigure измерить ожидаемое отношение 1:1
// с разрешением индикации результата измерения 9 разрядов
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:FREQ:RAT 1, 1.0E-9, (@1), (@2)
  INP:LEV 1.5 // установить пороговый уровень 1,5 В (канал 1)
  INP2:LEV 1.5 // установить пороговый уровень 1,5 В (канал 2)
READ?
```

#### Примечания:

1. Количество разрядов индикации в этих примерах задается параметром resolution ( $1.0E-6$ ,  $1.0E-9$ ). Практически показатель степени соответствует количеству разрядов. Обратитесь к подразделу 5.3.2 за информацией о соотношении между длительностью временной селекции и разрешением индикации.
2. Обратитесь к главе 4 за дополнительной информацией о пороговых уровнях частотомера и о конфигурировании тракта входного сигнала.

### 3.7.3 Измерение периода



Стандартное измерение периода показано на рис. 3.3.

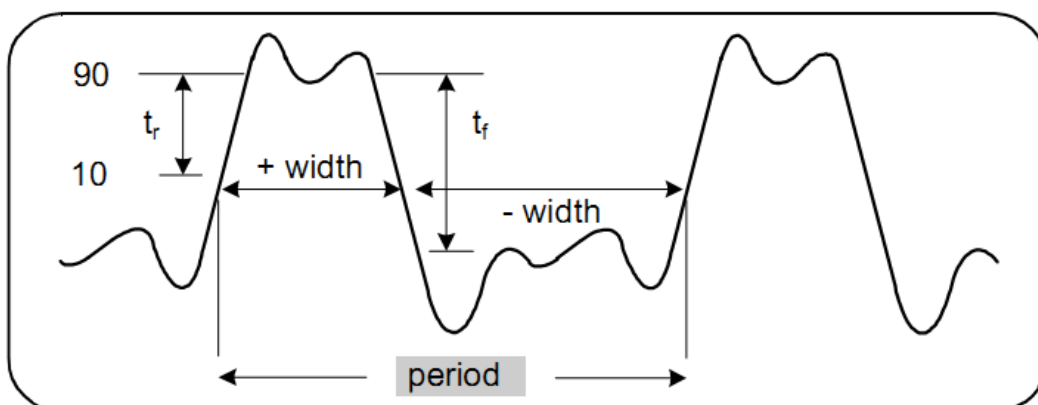


Рис. 3-3 Стандартное измерение периода

Для измерения периода применяются следующие команды:

```
MEASure:PERiod? [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
CONFigure:PERiod [{<expected>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<resolution>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
```

- Здесь **expected** – это ожидаемое значение *отношения* частот двух сигналов; **resolution** – это желаемое разрешение индикации результата измерения в секундах. Диапазоны изменения параметров:

expected (каналы 1 и 2): 2,8 нс ÷ 10 с (по умолчанию = 100 нс)

expected (канал 3, опция 106): 160 пс ÷ 10 нс (по умолчанию = 2 нс)

expected (канал 3, опция 115): 66 пс ÷ 3,33 нс (по умолчанию = 2 пс)

resolution (все каналы): от  $1.0E-15 \times \text{expected}$  до  $1.0E-5 \times \text{expected}$

(по умолчанию значение resolution соответствует длительности временной селекции 0,1 с)

- Здесь **channel** – это канал частотомера 1, 2 или 3, указанный как (@1), (@2) или (@3).

### Примеры измерения периода

```
// с помощью команды MEASure? измерить период сигнала 100 нс (10 МГц)
// с разрешением индикации 12 разрядов
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:PER? 100E-9, 1E-12, (@1)
```

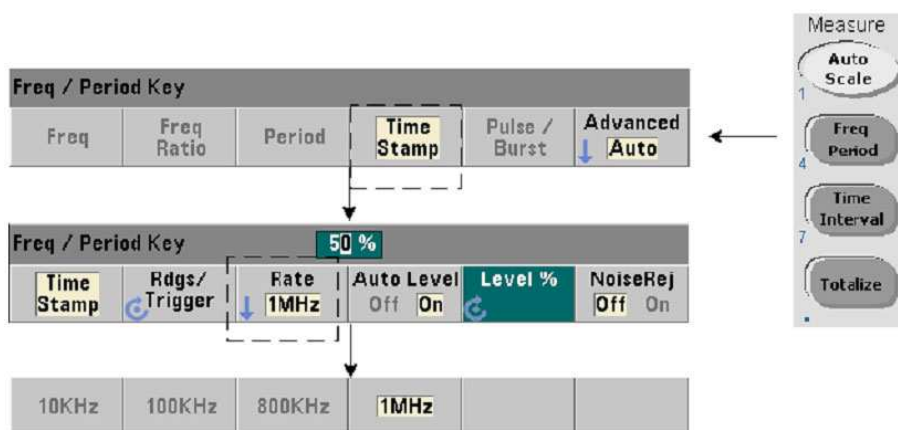
```
.....
// с помощью команды CONFigure измерить период сигнала 100 нс (10 МГц)
// с разрешением индикации 12 разрядов
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
SYST:TIM 1.0 // предельная длительность одного измерения 1 с
CONF:FREQ 100E-9, 1E-12, (@1)
SAMP:COUN 10 // снять 10 отсчетов
READ?
```

### Примечания:

1. Обращайтесь к подразделу 5.3.2 за информацией о соотношении между длительностью временной селекции и разрешением индикации.
2. Обращайтесь к главе 4 за дополнительной информацией о пороговых уровнях частотомера и о конфигурировании тракта входного сигнала.



## 3.7.4 Измерения с временными метками (Time Stamp)



При этих измерениях производится регистрация моментов возникновения событий (фронтов сигнала) во входных каналах частотомера. Пример измерений с временными метками между фронтами входного сигнала показан на рис. 3-4. (Этот вид измерений реализует **только частотомер 53230A**).

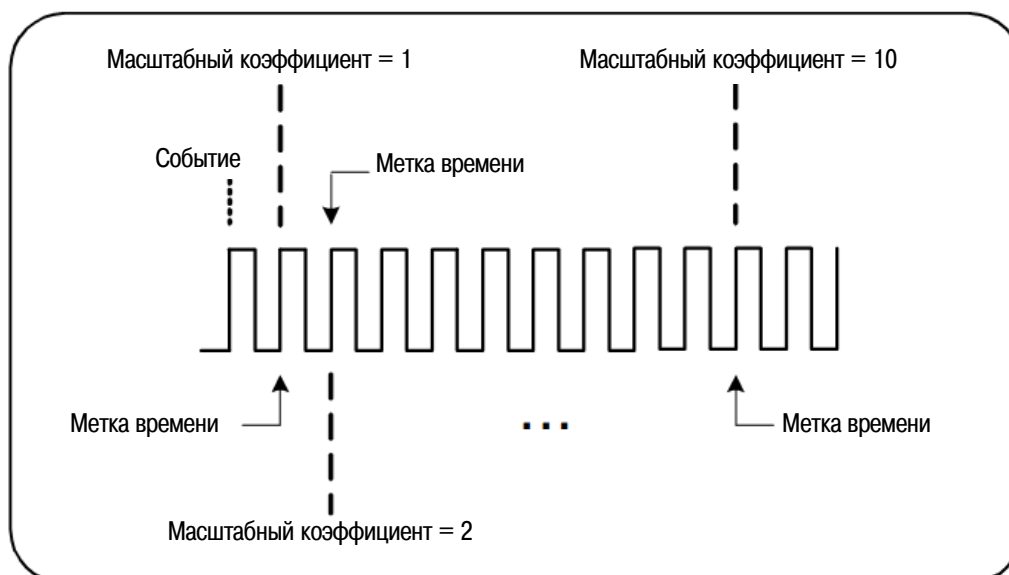


Рис. 3-4 События с метками времени в канале частотомера

Для измерений с временными метками применяются следующие команды:

```
MEASure:ARRay:TSTamp? [( <count> ) [, <channel> ]]
```

```
CONFigure:ARRay:TSTamp [( <count> ) [, <channel> ]]
```

```
[SENSe:]TSTamp:RATE { <rate> | MINimum | MAXimum | DEFault }
```

```
[SENSe:]TSTamp:RATE? [{ MINimum | MAXimum | DEFault }] (форма запроса)
```

- Здесь **(count)** является количеством выводимых результатов измерения (количество отсчетов на событие запуска). Численное значение должно заключаться в скобки. Имейте в виду, что значение TRIGger:COUNT всегда равно 1 для каждой подаваемой команды READ? или INITiate.
- Здесь **channel** – это канал частотомера 1, 2 или 3, указанный как (@1), (@2) или (@3).
- Здесь **rate** – это частота, с которой генерируются отсчеты меток времени. Значения rate могут быть следующими: 10.0E3, 100E3, 800E3 и 1.0E6. Реальное значение этого параметра зависит от частоты входного сигнала. После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem:PREset или клавишей **Preset** устанавливается значение 1.0E6.

**Пример измерения с временными метками**

```
// сконфигурировать частотомер на 200 измерений с метками времени
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
SYST:TIM 1.0 // предельная длительность измерений 1 с
CONF:ARR:TST (200), (@1)
  INP:COUP DC // установить связь по постоянному напряжению
  INP:IMP 50 // установить импеданс 50 Ом
  INP:LEV 1 // установить пороговый уровень 1 В
  INP:SLOP POS // положительный фронт меток времени
  SENS:TST:RATE 1E6 // частота меток времени 1 МГц
INIT // инициализировать и снимать отсчеты
*WAI // ждать завершения измерений
// перенести отсчеты из памяти отсчетов в файл в корневой
// директории на USB-накопителе
MMEM:STOR:DATA RDG_STORE, "USB:\ts_data.csv"
```

**Примечания**

1. В этом примере снимаются 200 отсчетов меток времени с частотой 1 МГц и заносятся в память отсчетов частотомера. Затем эти отсчеты записываются на USB-накопитель, присоединенный к порту USB "host" на передней панели, в формате значений, разделяемых запятой (CSV), по одному результату измерения в строке формата ASCII.
2. Данные, выводимые с результатами измерений с метками времени, включают в себя *масштабный коэффициент*, следующий за значениями меток времени (в секундах). Масштабный коэффициент представляет собой количество периодов входного сигнала на каждую метку времени. Он увеличивается, когда частота входного сигнала становится **больше** заданной частоты меток времени. **Значения меток времени** характеризуют либо период входного сигнала (масштабный коэффициент = 1, когда частота входного сигнала не превышает частоту меток времени), либо результат умножения периода входного сигнала на масштабный коэффициент.

Например, при частоте входного сигнала 10 МГц и частоте меток времени 1 МГц масштабный коэффициент должен быть равен 11. Данные этих измерений должны представляться в виде:

1.10000000E+01	(масштабный коэффициент: 11 периодов на каждую метку времени)
1.10077637E-06	(1-я метка времени = период сигнала × масштабный коэффициент)
1.09963867E-06	(2-я метка времени = период сигнала × масштабный коэффициент)
1.10005859E-06	.
1.09999023E-06	.
1.09988770E-06	.
1.10017578E-06	.

*Деление* значения временной метки на масштабный коэффициент дает в результате **период входного сигнала** (например:  $1.10077637E-06 / 11 = 1.00070579E-7$ ).

3. Обращайтесь к главе 4 за дополнительной информацией о пороговых уровнях частотомера и о конфигурировании тракта входного сигнала.

### 3.8 Измерения временных параметров

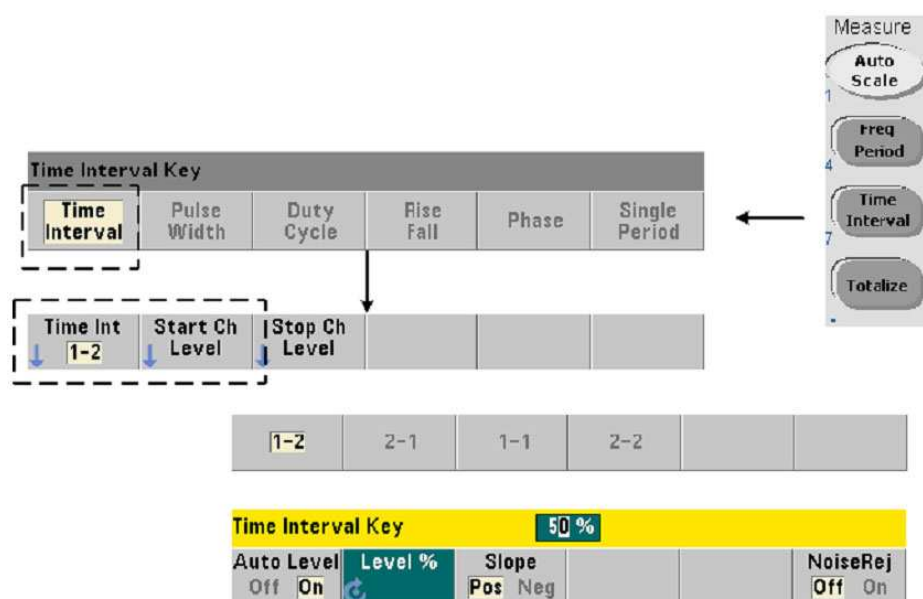
В этом разделе описаны измерения следующих временных параметров: одно- и двухканальные измерения интервалов времени, измерения времени нарастания и спада, длительности импульсов, коэффициента заполнения импульсной последовательности, фазы и одинарного периода.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные в дальнейших примерах команды SCPI представлены в качестве введения в процедуры измерения временных параметров. В этих примерах могут быть команды, которые задают принятые по умолчанию значения. Это необходимо учитывать при изменении этих команд для реального применения. За дополнительной информацией обращайтесь к Справочнику программиста ("Programmer's Reference") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

За дополнительной информацией об измерениях временных параметров обращайтесь к документу Application Note 200-3 "Fundamentals of Time Interval Measurements", который также имеется на этом компакт-диске.

#### 3.8.1 Измерение интервалов времени



Здесь измеряется длительность временного интервала между двумя событиями или фронтами разных сигналов либо одного сигнала. Типичное двухканальное измерение интервала времени показано на рис. 3-5.

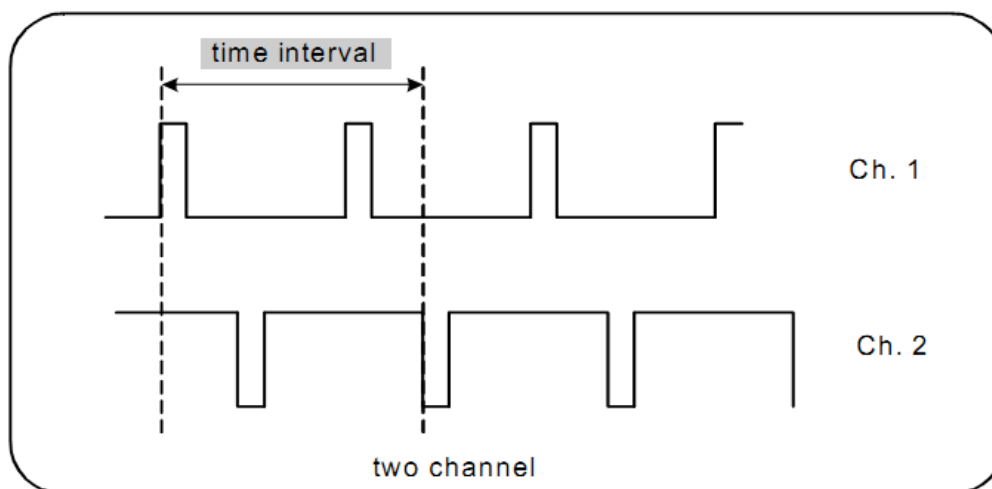


Рис. 3-5 Двухканальное измерение интервала времени

Для измерения интервала времени применяются следующие команды:

**MEASure:TINterval?** [**<channel\_pair>**]

**CONFigure:TINterval** [**<channel(s)>**]

– Здесь **channel\_pair** – это пара каналов в виде: (@1), (@2) | (@2), (@1).

– Здесь **channel(s)** – это может быть пара каналов или один канал в виде:

(@1), (@2) | (@2), (@1) | (@1) | (@2)

Входные каналы по умолчанию сконфигурированы на автоматическую установку порогового уровня на 50% при положительном фронте сигнала.

При конфигурировании измерений интервалов времени следует установить пороговые уровни пуска и останова, фронт входного сигнала и задержку останова стробирования:

**INPut{1|2}:LEVel{1|2}** или **INPut{1|2}:LEVel{1|2}:RELative**

**INPut{1|2}:SLOPe{1|2}**

**SENSe:GATE:STOP:HOLDoff:SOURce**

Измерения, выполненные без изменения хотя бы одной из этих установок, дают результат, близкий к нулю, поскольку измерение начинается и сразу же завершается на одном и том же фронте сигнала.

### Пример двухканального измерения интервала времени

```
// установить командой CONFigure параметры 2-канального измерения
// интервала времени - пуск по каналу 1, останов по каналу 2
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
SYST:TIM 5.0 // установить предельную длительность измерения 5 с
CONF:TINT (@1), (@2) // сконфигурировать 2-канальное измерение
INP1:LEV:AUTO ON // задействовать авт. установку порога в канале 1
INP2:LEV:AUTO ON // задействовать авт. установку порога в канале 2
INP1:LEV1:REL 10 // установить пороговый уровень в канале 1 на 10%
INP2:LEV1:REL 10 // установить пороговый уровень в канале 2 на 10%
INP1:SLOP POS // начать измерение на нарастающем фронте в канале 1
INP2:SLOP POS // остановить измерение на нарастающем фронте в канале 2
SENS:GATE:STOP:HOLD:SOUR TIME //задержать закрывание врем. селектора
SENS:GATE:STOP:HOLD:TIME 200E-9 // задержка закрывания 200 нс
SENS:GATE:STAR:SOUR IMM // начать измерение при поступлении
// стробирующего сигнала
SENS:GATE:STOP:SOUR IMM // остановить измерение после задержки
SENS:TINT:GATE:SOUR ADV // задействовать установки параметров
// стробирования

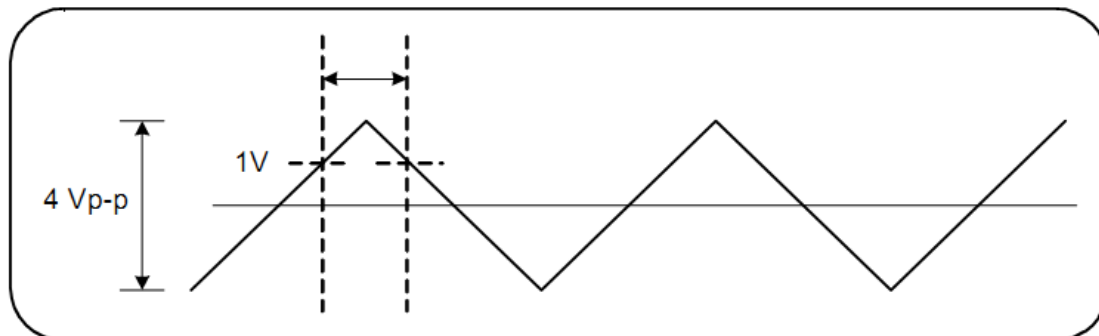
READ?
```

### Примечания

1. В обоих каналах задействована функция автоматического выбора порогового уровня для задания относительных пороговых уровней в 10% от междупикового напряжения сигнала. Измерение начинается на положительном (нарастающем) фронте сигнала в канале 1 и останавливается на положительном фронте сигнала в канале 2.
2. Здесь задана задержка останова стробирования, чтобы выбрать желаемый нарастающий фронт сигнала в канале 2 и обеспечить тем самым возможность измерения интервала времени.
3. Обращайтесь к главе 4 за информацией о пороговых уровнях и фронтах сигналов, а также к главе 5 за описанием расширенного управления стробированием.

### Одноканальное измерение интервала времени

На следующем примере показано одноканальное измерение интервала времени с сигналом, характеристики которого показаны на рис. 3-6.



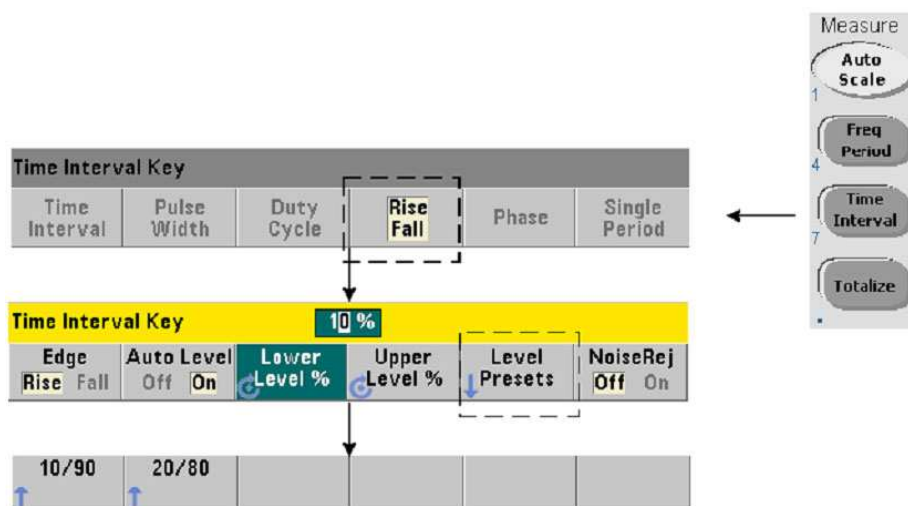
**Рис. 3-6** Одноканальное измерение интервала времени

```
// сконфигурировать измерение интервала времени в канале 1.
// Использовать параметры "по умолчанию", установленные командой
// CONFfigure, за исключением тех, которые установлены далее
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:TINT (@1)
INP:COUP AC // установить связь по переменному напряжению
INP:IMP 50 // установить импеданс на 50 Ом
INP:LEV1 1.0 // установить порог пуска на 1 В
INP:LEV2 1.0 // установить порог останова на 1 В
INP:SLOP1 POS // начать измерение на положительном фронте
INP:SLOP2 NEG // остановить измерение на отрицательном фронте
READ? // инициализировать прибор и снять отсчет
```

#### Примечание

1. Характер связи на входе и входной импеданс установлены так, чтобы обеспечить установку заданных порогов пуска и останова в виде абсолютных значений. Измерение начинается на положительном (нарастающем) фронте сигнала в канале 1 и останавливается на отрицательном (спадающем) фронте сигнала.

## 3.8.2 Измерение времени нарастания и времени спада



Пример измерений времени нарастания и времени спада показан на рис. 3-7.

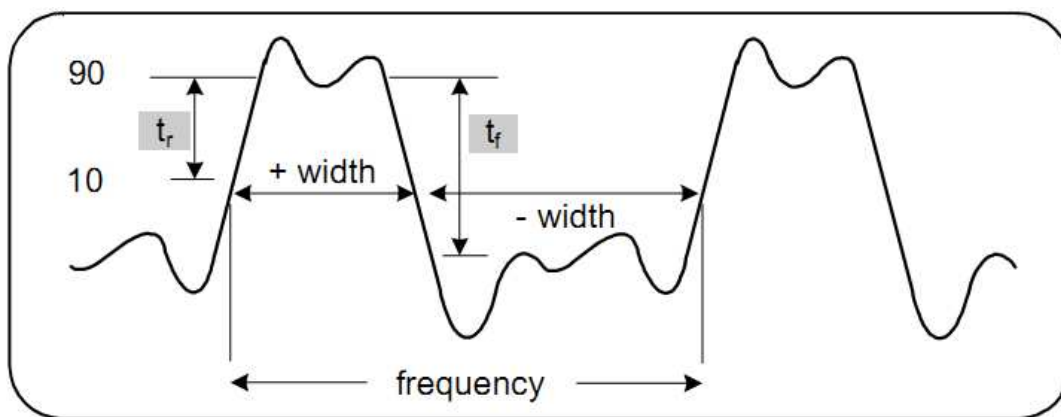


Рис. 3-7 Измерения времени нарастания и времени спада

Для измерения времени нарастания и времени спада применяются следующие команды:

```
MEASure:RTIME? [{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
CONFigure:RTIME [{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
MEASure:FTIME? [{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
CONFigure:FTIME [{<lower_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[, {<upper_ref>|MINimum|MAXimum|DEFault}]] [, <channel>]
```

- Параметры `lower_ref` и `upper_ref` задают контрольные уровни входного сигнала либо в **процентах от междупикового значения напряжения**, либо в виде **абсолютных значений**. Чтобы задать процентные значения уровней отсчета времени нарастания и спада от 10% до 90% применяйте численное значение без суффикса или с суффиксом PCT (например, 30 или 30.PCT).

Чтобы задать абсолютные значения уровней отсчета времени нарастания и спада в амплитудных диапазонах:

диапазон 5,125 В: от -5,125 В до +5,125 В

диапазон 51,25 В: от -51,25 В до +51,25 В

применяйте численное значение с суффиксом V или MV (милливольт): 100 MV или .1V (здесь допускаются пробелы).





Если опустить параметры `lower_ref` или `upper_ref` либо указать их в процентах, вводится в действие автоматический выбор порогового уровня. Если указать эти значения в виде абсолютного напряжения, отключается автоматический выбор порогового уровня.

- Здесь `channel` – это канал частотомера 1 или 2, указанный как (@1) или (@2).

### Примеры измерений времени нарастания и спада

```
// с помощью команды MEASure? измерить время нарастания при
// контрольных уровнях 20% и 80%
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:RTIM? 20, 80, (@2)
```

```
.....
// с помощью команды CONFigure измерить время нарастания на сегменте
// сигнала от -1,75 В до +750 мВ
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:RTIM -1.75 V, 750 MV, (@1)
INP:COUP DC // установить связь по переменному напряжению
INP:IMP 50 // установить импеданс на 50 Ом
READ?
```

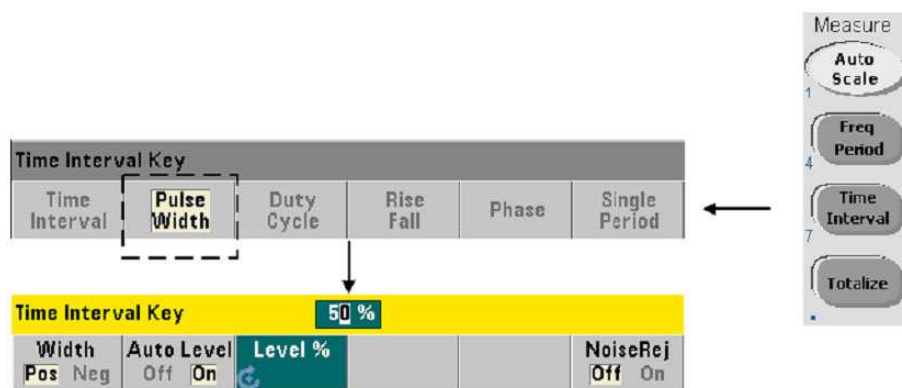
```
.....
// с помощью команды MEASure? измерить время спада при контрольных
// уровнях 15% и 65%
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:FTIM? 15PCT, 65PCT, (@2)
```

```
.....
// с помощью команды CONFigure измерить время спада на сегменте
// сигнала от +1,25 В до -1,4 В
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:FTIM -1.4V, 1.25V, (@1)
INP:COUP DC // установить связь по постоянному напряжению
INP:IMP 50 // установить импеданс на 50 Ом
READ?
```

### Примечания

1. Нижний и верхний контрольные уровни можно задать как в процентах, так и в виде абсолютных значений в любой из команд `CONFigure` или `MEASure?`. При измерении времени нарастания и времени спада первым задается нижний контрольный уровень.
2. Абсолютные контрольные уровни относятся к амплитуде сигнала, что должно учитываться при установке характера связи на входе и входного импеданса.
3. Обращайтесь к главе 4 за информацией о конфигурировании сигнального тракта, включая выбор характера связи и установку входного импеданса.

### 3.8.3 Измерение длительности импульсов



На рис. 3-8 показан пример измерений длительности положительных и отрицательных импульсов.

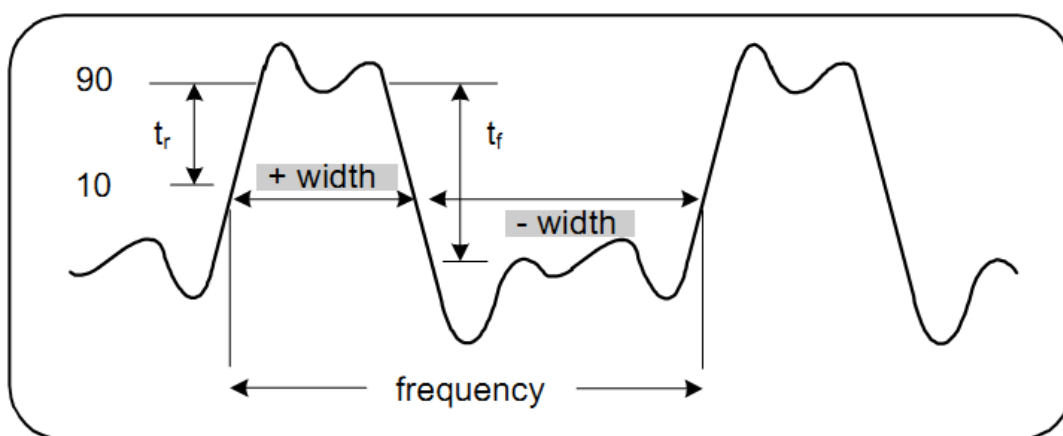


Рис. 3-8 Измерение длительности положительных и отрицательных импульсов

Для измерений длительности положительных и отрицательных импульсов применяются следующие команды:

```
MEASure:PWIDth? [{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}] [,<channel>]
CONFigure:PWIDth [{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}] [,<channel>]
MEASure:NWIDth? [{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}] [,<channel>]
CONFigure:NWIDth [{<reference>|MINimum|MAXimum|DEFault}] [,<channel>]
```

- Параметр **reference** задает пороговый уровень, с которого начинается измерение длительности импульсов. При измерении длительности положительных импульсов результат измерения определяется уровнем, при котором сигнал пересекает порог в положительном (нарастающем) направлении и снова пересекает порог в отрицательном (убывающем) направлении. Аналогичным образом при измерении длительности отрицательных импульсов результат измерения определяется уровнем, при котором сигнал пересекает порог в отрицательном (убывающем) направлении и снова пересекает порог в положительном (нарастающем) направлении.

Чтобы задать процентное значение порогового уровня **от 10% до 90% от междупикового значения входного напряжения**, применяйте численное значение **без** суффикса или с суффиксом PCT (например, 30 или 30 PCT).

Чтобы задать **абсолютное значение** порогового уровня в амплитудных диапазонах:

диапазон 5,125 В: от -5,125 В до +5,125 В

диапазон 51,25 В: от -51,25 В до +51,25 В

применяйте численное значение с суффиксом V или MV (милливольт): 100 MV или .1V (здесь допускаются пробелы).

Если опустить параметр `reference` или указать его в процентах, вводится в действие автоматический выбор порогового уровня. Если указать это значение в виде абсолютного напряжения, отключается автоматический выбор порогового уровня.

- Здесь `channel` – это канал частотомера 1 или 2, указанный как (@1) или (@2).

### Примеры измерений длительности положительных и отрицательных импульсов

```
// с помощью команды MEASure? измерить длительность положительных
// импульсов на уровне 50% (0 В)
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:PWID? 50, (@1)
```

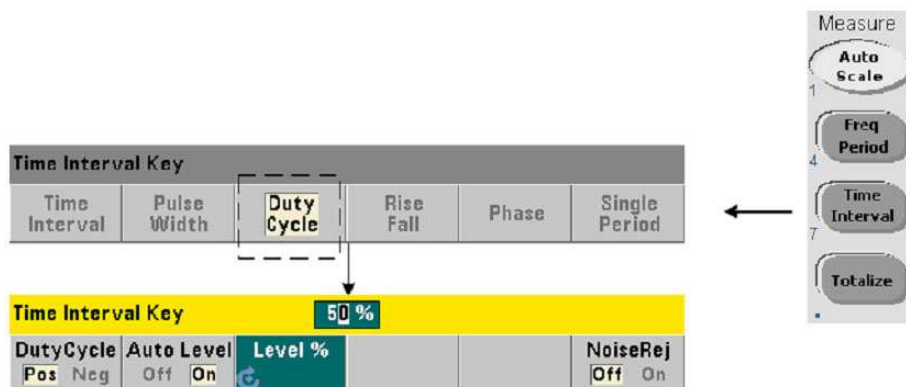
```
.....
// с помощью команды CONFigure измерить длительность положительных
// импульсов на уровне 1,0 В
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:PWID 1.0V, (@1)
INP:COUP DC // установить связь по постоянному напряжению
INP:IMP 50 // установить входной импеданс на 50 Ом
READ?
```

```
.....
// с помощью команды CONFigure измерить длительность отрицательных
// импульсов на уровне -500 мВ
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:NWID -500 MV, (@1)
INP:COUP DC // установить связь по постоянному напряжению
INP:IMP 50 // установить входной импеданс на 50 Ом
READ?
```

### Примечания

1. Контрольный (пороговый) уровень можно задать как в процентах от междупикового абсолютного значения напряжения, так и в виде абсолютного значения в любой из команд `CONFigure` или `MEASure?`.
2. Абсолютные контрольные уровни относятся к амплитуде сигнала, что должно учитываться при установке характера связи на входе и входного импеданса.
3. Обращайтесь к главе 4 за информацией о конфигурировании сигнального тракта, включая выбор характера связи и установку входного импеданса.

## 3.8.4 Измерение коэффициента заполнения



Измерение коэффициента заполнения для положительных и отрицательных импульсов сводится к измерению отношения длительности положительных или отрицательных импульсов к периоду сигнала (рис. 3-9).

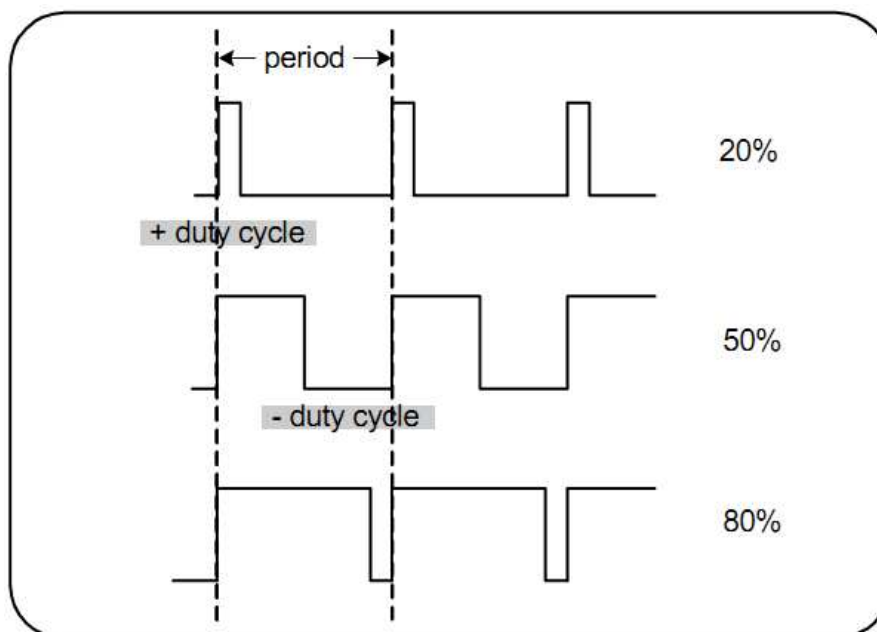


Рис. 3-9 Измерение коэффициента заполнения для положительных и отрицательных импульсов

Для измерения коэффициента заполнения применяются следующие команды:

```
MEASure:PDUTYcycle? [{<reference>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

```
CONFigure:PDUTYcycle [{<reference>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

```
MEASure:NDUTYcycle? [{<reference>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

```
CONFigure:NDUTYcycle [{<reference>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

- Параметр **reference** задает пороговый уровень, с которого начинается измерение коэффициента заполнения. При измерении коэффициента заполнения для положительных импульсов результат измерения определяется уровнем, при котором сигнал пересекает порог в положительном (нарастающем) направлении и снова пересекает порог в отрицательном (убывающем) направлении.

Аналогичным образом при измерении коэффициента заполнения для отрицательных импульсов результат измерения определяется уровнем, при котором сигнал пересекает порог в отрицательном (убывающем) направлении и снова пересекает порог в положительном (нарастающем) направлении.

Чтобы задать процентное значение порогового уровня **от 10% до 90% от междупикового значения входного напряжения**, применяйте численное значение **без** суффикса или с суффиксом PCT (например, 30 или 30 PCT).

Чтобы задать **абсолютное значение** порогового уровня в амплитудных диапазонах:

диапазон 5,125 В: от -5,125 В до +5,125 В

диапазон 51,25 В: от -51,25 В до +51,25 В

применяйте численное значение с суффиксом V или MV (милливольт): 100 MV или .1V (здесь допускаются пробелы).

Если опустить параметр `reference` или указать его в процентах, вводится в действие автоматический выбор порогового уровня. Если указать это значение в виде абсолютного напряжения, отключается автоматический выбор порогового уровня.

- Здесь `channel` – это канал частотомера 1 или 2, указанный как (@1) или (@2).

### Примеры измерения коэффициента заполнения для положительных и отрицательных импульсов

```
// с помощью команды MEASure? измерить коэффициент заполнения для
// положительных импульсов на уровне 50% (0 В)
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:PDUT? 50, (@1)
```

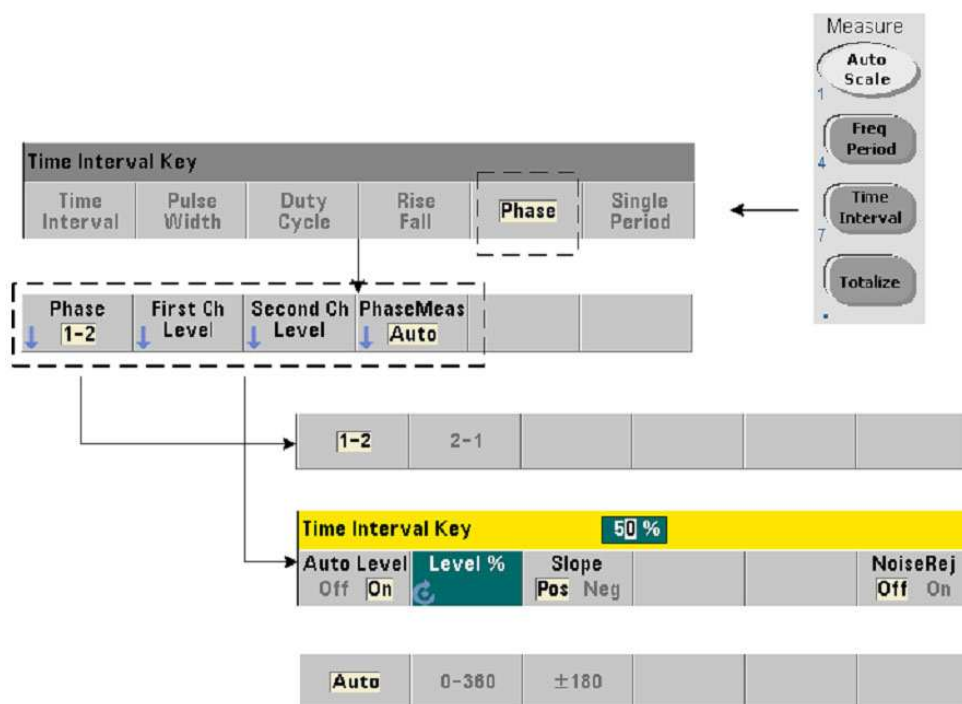
```
// с помощью команды CONFigure измерить коэффициент заполнения для
// положительных импульсов на уровне 1,0 В
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:PDUT -1.0V, (@1)
INP:COUP DC // установить связь по постоянному напряжению
INP:IMP 50 // установить входной импеданс на 50 Ом
READ?
```

```
// с помощью команды CONFigure измерить коэффициент заполнения для
// отрицательных импульсов на уровне 50% (0 В)
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:NDUT 50 PCT, (@1)
TRIG:SOUR EXT // установить внешний источник запуска
READ?
```

### Примечания

1. Контрольный (пороговый) уровень можно задать как в процентах от междупикового абсолютного значения напряжения, так и в виде абсолютного значения в любой из команд CONFigure или MEASure?.
2. Абсолютные контрольные уровни относятся к амплитуде сигнала, что должно учитываться при установке характера связи на входе и входного импеданса.
3. Результат измерения коэффициента заполнения представляет собой выраженное в процентах отношение. Например, отсчет коэффициента заполнения в 5% появляется в буфере вывода частотомера как:  
+5.105095730909666E-002  
На дисплее этот результат измерения отображается как 5,1 Pct.
4. Обращайтесь к главе 4 за информацией о конфигурировании сигнального тракта и к главе 5 за информацией в отношении запуска.

## 3.8.5 Измерение фазового сдвига



Здесь измеряется разность фаз или фазовый сдвиг между сигналами в каналах 1 и 2 частотомера (рис. 3-10).

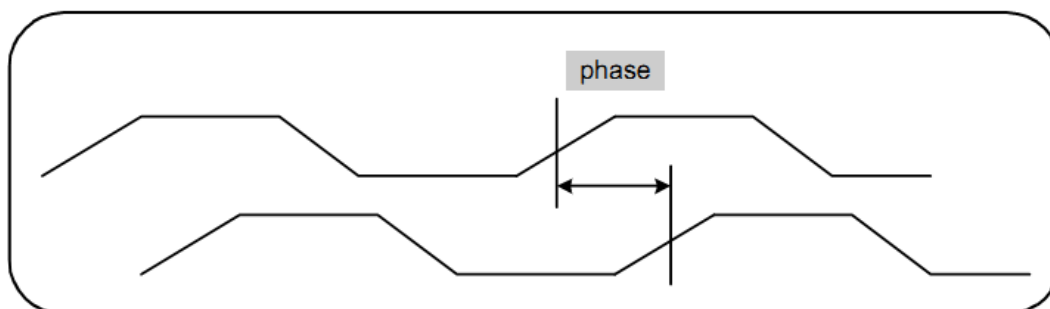


Рис. 3-10 Измерение фазового сдвига между двумя каналами

Для измерения фазового сдвига применяются следующие команды:

**MEASure:PHASe?** [<channel\_pair>]

**CONFigure:PHASe** [<channel\_pair>]

**FORMat:PHASe** {AUTO|POSitive|CENTered}

**FORMat:PHASe?**

(форма запроса)

- Здесь **channel\_pair** – это пара каналов в виде: (@1), (@2) и (@2), (@1). Измеряется фазовый сдвиг в *первом* канале относительно *второго* канала.
- **AUTO** автоматически выбирает вариант вывода результатов измерения фазового сдвига – в виде положительного значения от 0° до 360° или в виде положительного либо отрицательного значения в интервале ± 180°.
- **POSitive** выводит результат измерения фазового сдвига в виде положительного значения от 0° до 180°.
- **CENTered** выводит результат измерения фазового сдвига или в виде положительного либо отрицательного значения в интервале ± 180°.



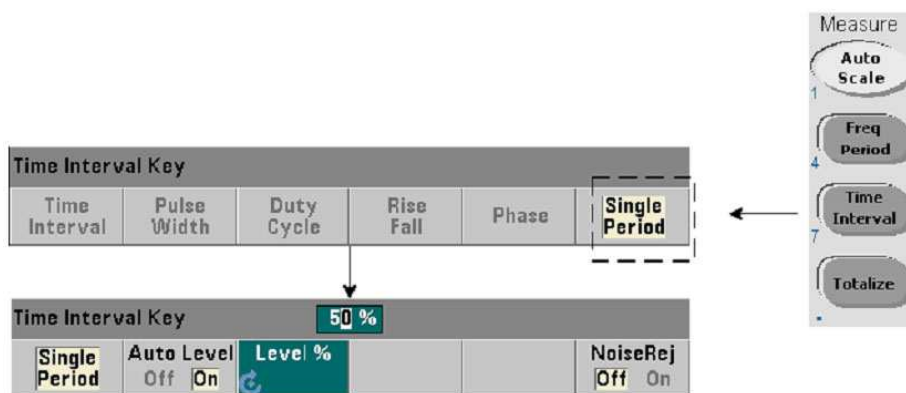
### Примеры измерений фазового сдвига

```
// с помощью команды MEASure? измерить фазовый сдвиг
// между каналами 1 и 2
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
FORM:PHAS CENT // индикация положительных и отрицательных значений
MEAS:PHAS? (@1), (@2)
-----
// с помощью команды CONFigure измерить фазовый сдвиг между каналами 1
// и 2, представить результат измерения в интервале от 0 до 360°
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:PHAS (@1), (@2)
FORM:PHAS POS // представить результат измерения в виде
// положительного значения
READ?
```

### Примечания

1. Когда выбран формат представления результатов измерения фазового сдвига `CENTered`, то при фазовом рассогласовании сигналов  $270^\circ$  получался бы примерно такой результат измерения:  $-9.10799485574691E+001$ . Если выбрать формат `POSitive`, то может получиться примерно такой результат измерения:  $+2.68904450044343E+002$ .
2. Результат измерения характеризует фазу сигнала в первом канале относительно второго канала **в паре**. Например, когда выбран формат `CENTered`, и сигнал во втором канале задержан на время, эквивалентное  $90^\circ$ , то результатом измерения будет  $90^\circ$  для пары каналов `(@1), (@2)`. Если при тех же условиях задать пару каналов как `(@2), (@1)`, то результатом измерения будет  $-90^\circ$ .

### 3.8.6 Измерение одинарного периода



Измерение одинарного периода представляет собой разновидность измерений временных интервалов. При этом измеряется длительность **одного** периода сигнала. Это обеспечивает возможность измерения периода "однократных" событий и анализа таких характеристик сигнала, как джиттер, которые недоступны при применении обычного способа измерения периода с усреднением.

Для измерений одинарного периода применяются следующие команды:

```
MEASure:SPERiod? [<channel>]
CONFigure:SPERiod [<channel>]
```

- Здесь **channel** – это канал частотомера 1 или 2, указанный как `(@1)` или `(@2)`.

### Примеры измерений одинарного периода

```
// с помощью команды MEASure? измерить одинарный период в канале 1
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:SPER? (@1)
```

```
-----
// с помощью команды CONFigure измерить одинарный период в канале 1,
// начинать измерение, когда сигнал достигнет порога 1,5 В
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:SPER (@1)
INP:LEV 1.5 // установить пороговый уровень 1,5 В
READ?
```

#### Примечания

1. Для измерений периода с усреднением (в отличие от измерений одинарного периода) применяйте команды MEASure:PERiod? или CONFigure:PERiod.
2. Установка абсолютного значения порогового уровня отключает функцию автоматического выбора порогового уровня. Команды CONFigure и MEASure вводят в действие автоматический выбор порогового уровня 50% (0 В).
3. Обращайтесь к главе 4 за информацией о формировании входных сигналов, включая выбор порогового уровня и чувствительности.

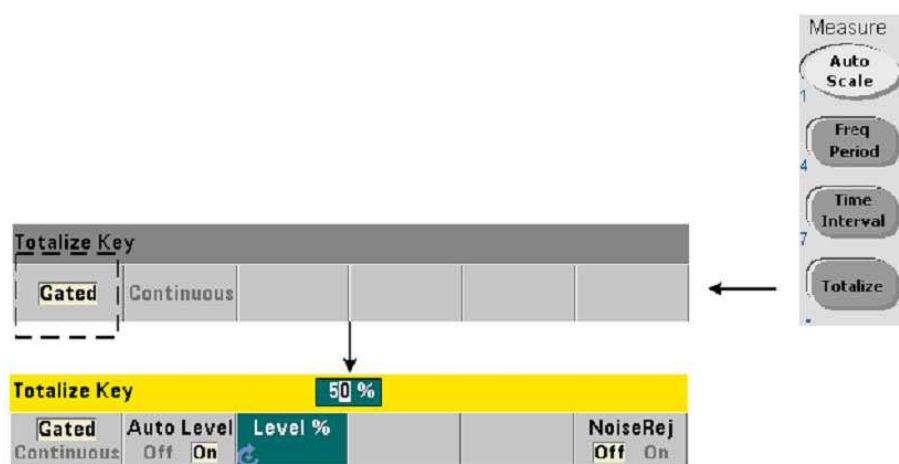
## 3.9 Суммирующие измерения

В этом разделе описаны суммирующие измерения в непрерывном режиме и в режиме стробирования.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные в дальнейших примерах команды SCPI представлены в качестве введения в процедуры выполнения суммирующих измерений. В этих примерах могут быть команды, которые задают принятые по умолчанию значения. Это необходимо учитывать при изменении этих команд для реального применения. За дополнительной информацией обращайтесь к Справочнику программиста ("Programmer's Reference") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

### 3.9.1 Суммирование со стробированием



При суммировании со стробированием производится счет событий (фронтов сигнала) в канале в течение определенного времени.

На рис. 3-11 показана временная диаграмма процесса суммирования периодических сигналов со стробированием и в непрерывном режиме.

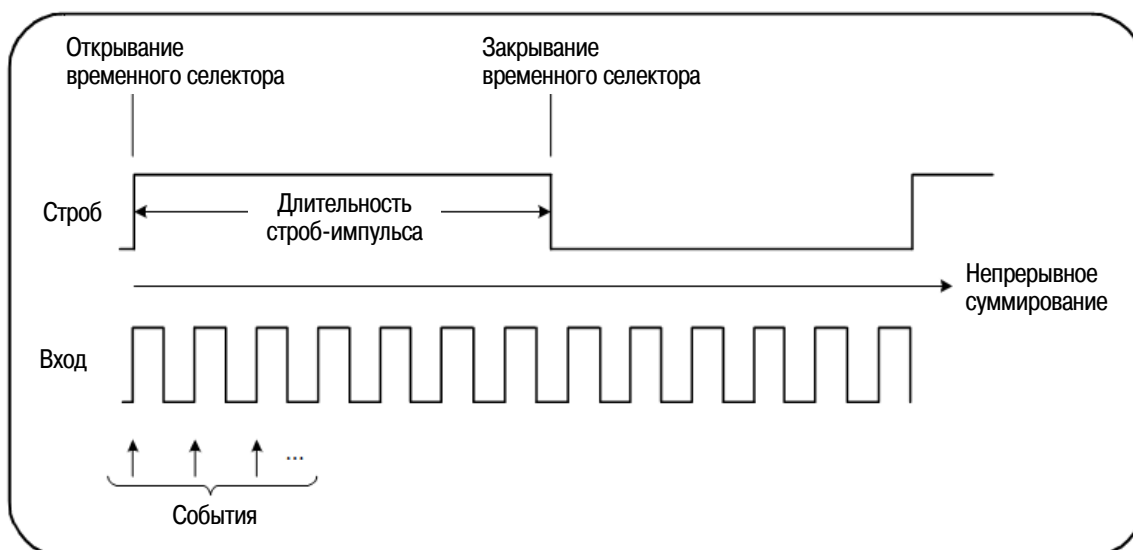


Рис. 3-11 Временная диаграмма процесса суммирования

Для выполнения суммирующих измерений со стробированием применяются следующие команды:

```
MEASure:TOTalize:TIMed? [{<gate_time>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

```
CONFigure:TOTalize:TIMed [{<gate_time>|MINimum|MAXimum|
DEFault}] [,<channel>]
```

- Параметр **gate\_time** задает длительность суммирования количества событий в канале частотомера. Диапазон значений этого параметра:

53220A: от 100 мкс до 1000 с (разрешение 10 мкс) или до  $+9.9E+37$  (бесконечность)

53230A: от 1 мкс до 1000 с (разрешение 1 мкс) или до  $+9.9E+37$  (бесконечность)

Для обоих приборов по умолчанию принято значение **gate\_time**, равное 0,100 с.

- Здесь **channel** – это канал частотомера 1 или 2, указанный как (@1) или (@2).

### Примеры суммирующих измерений со стробированием

```
// с помощью команды MEASure? выполнить суммирование в канале 1
// в течение 10 мкс
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:TOT:TIM? 10e-6, (@1)
```

```
-----
// с помощью команды CONFigure выполнить суммирование в канале 1
// в течение 1 с; использовать тот же сигнал для стробирования
// (подать его в канал 2)
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
SYST:TIM 3 // предельная длительность измерения 3 с
CONF:TOT:TIM (@1)
INP1:LEV 0.0 // установить порог счета на 0 В
INP1:SLOP POS // считать положительные фронты сигнала
INP2:LEV 0.0 // установить порог стробирования на 0 В
SENS:GATE:STAR:SOUR EXT // применять внешний строб-сигнал
SENS:GATE:EXT:SOUR INP2 // стробировать сигналом в канале 2
SENS:GATE:STAR:SLOP POS // начало строб-сигнала - положит. фронт
```

```

SENS:GATE:STOP:HOLD:SOUR TIME // ввести задержку закрывания
                                // временного селектора
SENS:GATE:STOP:HOLD:TIME 1.0 // задержка закрывания 1 с
SENS:TOT:GATE:SOUR ADV // ввести в действие установки параметров
                        // стробирования

INIT?

```

### Примечания

1. В представленной выше программе (с командой `CONFigure`) суммируются события (фронты) входного сигнала в канале 1, который подается также на канал 2 в качестве сигнала стробирования.

Суммирование количества положительных фронтов начинается с того же самого фронта, который открывает временной селектор. Для суммирующих измерений задержка закрывания временного селектора отсчитывается с момента его открывания. Таким образом, установка длительности задержки в 1 секунду практически задает длительность строб-импульса 1 с. Если не вводить задержку закрывания временного селектора, то он закроется после первого события.

2. За дополнительной информацией о запуске и стробировании обращайтесь к главе 5.

## 3.9.2 Непрерывное суммирование



При непрерывном суммировании производится счет событий (фронтов сигнала) в канале.

Как и в случае суммирования со стробированием, непрерывное суммирование начинается с момента открывания временного селектора (рис. 3-11). Однако вместо суммирования в течение заданного времени здесь производится суммирование в течение неопределенного времени до момента прерывания измерения или сброса и перезапуска с передней панели.

Для выполнения непрерывных суммирующих измерений применяется команда:

```
CONFigure:TOTALize:CONTinuous [<channel>]
```

– Здесь **channel** – это канал частотомера 1 или 2, указанный как (@1) или (@2). (Не существует эквивалентной команды `MEASure?` для выполнения непрерывных суммирующих измерений)

Для считывания текущего результата суммирования во время непрерывного суммирования или суммирования с большой длительностью строб-импульса можно применять команду:

```
[SENSe:]TOTALize:DATA?
```

Посылка команды

```
ABORt
```

прерывает (останавливает) измерение.



Авторское право компании Agilent Technologies, Inc. не распространяется на все содержание данного руководства по эксклюзивному авторскому праву. Национальным и международным законодательством охраняется. Воспроизведение, опубликовано, загружено, напечатано, передано или иным образом использовано без письменного разрешения от компании Agilent Technologies, Inc. Российское представительство Agilent Technologies, e-mail: tmo\_russia@agilent.com, Tel.: +7 495 7973900.

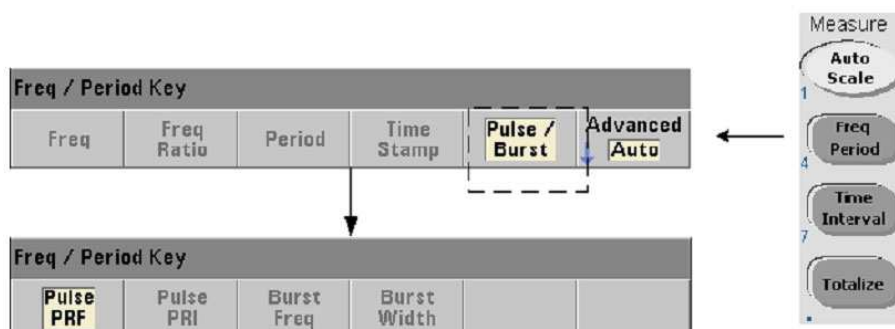
### Пример непрерывного суммирующего измерения

```
// установить непрерывное суммирование, запросить результат через
// 10 секунд, остановить измерение еще через 10 секунд
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:TOT:CONT (@1)
INP1:LEV 1.0 // установить пороговый уровень на 1 В
INP1:SLOP NEG // суммировать кол-во отрицательных фронтов
INIT // запустить измерение
// (подождать 10 секунд)
SENS:TOT:DATA? // запросить результат счета через 10 секунд
// (подождать 10 секунд)
SENS:TOT:DATA? // запросить результат счета через 20 секунд
ABOR // остановить измерение
FETC? // извлечь окончательный результат счета
```

### Примечания

1. Нажатие клавиши **Clear Count** на передней панели не сбрасывает и не останавливает непрерывные измерения, инициированные через интерфейс LAN, USB или GPIB. Однако нажатие клавиши **Back/Local** сбрасывает результат счета, когда прибор переходит из режима дистанционного управления в режим локального управления.
2. Непрерывное измерение необходимо остановить (прервать), чтобы можно было извлечь результат счета из буфера вывода с помощью команд FETCh?, DATA:LAST?, DATA:REMOve? или R?.
3. Посылка команды ABORt через интерфейс дистанционного управления или переключение функции прибора с передней панели останавливает непрерывное суммирование.

## 3.10 Измерение параметров пакетов импульсов



Измерения параметров пакетов СВЧ импульсов возможны в канале 3 (**опция 106** – СВЧ вход 6 ГГц или **опция 115** – СВЧ вход 15 ГГц) с **опцией 150** (импульсные измерения).

В этом разделе описаны измерения следующих параметров импульсов: несущая частота пакета, период повторения импульсов (PRI), частота повторения импульсов (PRF), длительность положительной части пакета импульсов и длительность отрицательной части пакета импульсов. Рис. 3-12 служит для пояснения измерений параметров пакетного сигнала.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные в дальнейших примерах команды SCPI представлены в качестве введения в процедуры измерения параметров СВЧ импульсов. В этих примерах могут быть команды, которые задают принятые по умолчанию значения. Это необходимо учитывать при изменении этих команд для реального применения. За дополнительной информацией обращайтесь к Справочнику программиста ("Programmer's Reference") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

За дополнительной информацией в отношении СВЧ измерений обращайтесь к документу Application Note 200-1 "Fundamentals of Microwave Frequency Counters", который также имеется на этом компакт-диске.

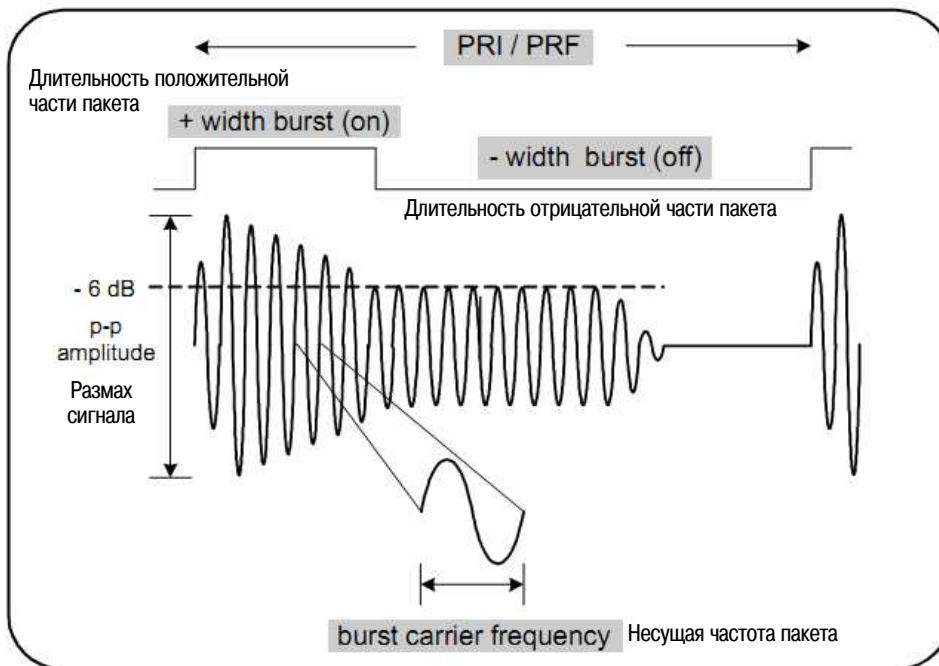
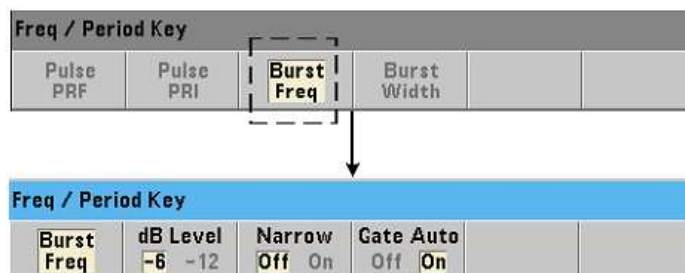


Рис. 3-12 Параметры пакетного сигнала

### 3.10.1 Измерение несущей частоты



Для измерения несущей частоты импульсного пакета применяются следующие команды:

```
MEASure:FREQuency:BURSt? [<channel>]
```

```
CONFigure:FREQuency:BURSt [<channel>]
```

– Здесь **channel** – это дополнительный канал 3, указанный как (@3).

#### Примеры измерений несущей частоты

```
// измерить несущую частоту с применением команды MEASure?
// и ее установок "по умолчанию"
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:FREQ:BURS? (@3)
```

```
.....

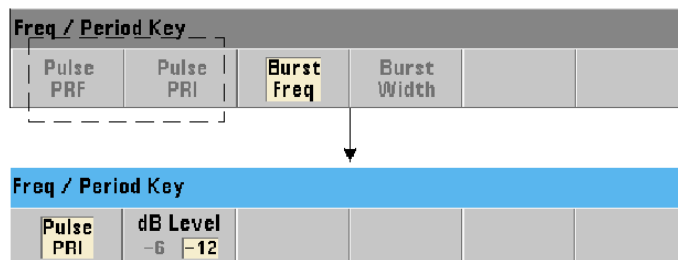
// измерить несущую частоту с применением команды CONFigure,
// установить автоматическое конфигурирование стробирования
CONF:FREQ:BURS (@3)
INP3:BURS:LEV -6 // установить порог детектора на -6 дБ
SENS:FREQ:BURS:GATE:NARR OFF // отключить режим коротких импульсов
SENS:FREQ:BURS:GATE:AUTO ON // авт. настройка стробирования
READ?
```



## Примечания

1. Обращайтесь к подразделу 4.2.6 на предмет установки порога для импульсных измерений.
2. Обращайтесь к подразделу 5.3.6 за информацией о режиме измерения коротких импульсов и о ручном или автоматическом управлении стробированием при измерении несущей частоты.

## 3.10.2 Измерение периода и частоты повторения импульсов



Для измерений периода повторения импульсов (PRI) и частоты повторения импульсов (PRF) пакетных сигналов применяются следующие команды:

```
MEASure:FREQuency:PRI? [{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFAult} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFAult}]] [, <channel>]
```

```
CONFigure:FREQuency:PRI [{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFAult} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFAult}]] [, <channel>]
```

- Здесь **expected** – ожидаемый период, **resolution** – желаемое разрешение индикации результатов измерений в секундах. Диапазоны значений параметров:

**expected**: от 1 мкс до 10 с (по умолчанию = 0,001 с)

**resolution**: от  $1.0E-15 \times \text{expected}$  до  $1.0E-5 \times \text{expected}$

(по умолчанию принято разрешение, соответствующее длительности строб-импульса 0,1 с)

- Здесь **channel** – это дополнительный канал 3, указанный как (@3).

```
MEASure:FREQuency:PRF? [{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFAult} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFAult}]] [, <channel>]
```

```
CONFigure:FREQuency:PRF [{<expected> | MINimum | MAXimum |
DEFAult} [, {<resolution> | MINimum | MAXimum | DEFAult}]] [, <channel>]
```

- Здесь **expected** – ожидаемая частота повторения импульсов, **resolution** – желаемое разрешение индикации результатов измерений в герцах. Диапазоны значений параметров:

**expected**: от 0,1 Гц до 1 МГц (по умолчанию = 1 кГц)

**resolution**: от  $1.0E-15 \times \text{expected}$  до  $1.0E-5 \times \text{expected}$

(по умолчанию принято разрешение, соответствующее длительности строб-импульса 0,1 с)

- Здесь **channel** – это дополнительный канал 3, указанный как (@3).

## Примеры измерений периода и частоты повторения импульсов

```
// измерить ожидаемый период повторения импульсов 1 мс
// с разрешением 6 разрядов (мкс)
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:FREQ:PRI? 1E-3, .001, (@3)
```

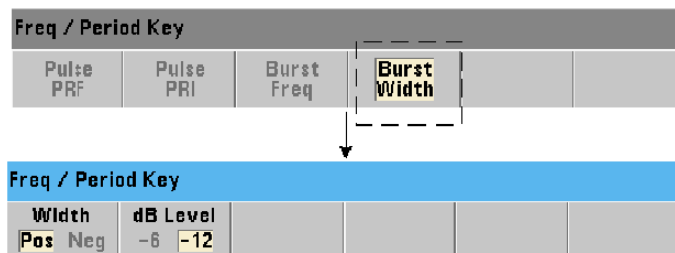
```
.....
// измерить период повторения импульсов с помощью команды CONFigure,
// установить порог детектора на -6 дБ
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:FREQ:PRI 1E-3, .001, (@3)
INP3:BURS:LEV -6 // установить порог детектора на -6 дБ
READ?
```

```
// измерить ожидаемую частоту повторения импульсов 1 кГц
// с разрешением 6 разрядов (мГц)
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:FREQ:PRF? 1E3, .001, (@3)
-----
// измерить частоту повторения импульсов с помощью команды CONFigure,
// установить порог детектора на -6 дБ
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:FREQ:PRI 1E3, .001, (@3)
INP3:BURSt:LEV -6 // установить порог детектора на -6 дБ
READ?
```

### Примечания

1. Обращайтесь к разделу 5.3 за информацией в отношении количества разрядов индикации в зависимости от ожидаемого значения и установки параметра `resolution`.
2. Обращайтесь к подразделу 4.2.6 за информацией по установке порога для импульсных измерений.

### 3.10.3 Измерение длительности положительной и отрицательной части пакета импульсов



Для измерения длительности положительной (on) и отрицательной (off) части пакета импульсов (см. рис. 3-12) применяются следующие команды:

```
MEASure:PWIDth:BURSt? [<channel>]
CONFigure:PWIDth:BURSt [<channel>]
MEASure:NWIDth:BURSt? [<channel>]
CONFigure:NWIDth:BURSt [<channel>]
```

– Здесь `channel` – это дополнительный канал 3, указанный как (@3).

### Примеры измерений длительности положительной и отрицательной части пакета импульсов

```
// измерить длительность положительной (on) части пакетного сигнала
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:PWID:BURSt? (@3)
-----
// измерить длительность положительной (on) части пакетного сигнала
// с помощью команды CONFigure, установить порог детектора -12 дБ
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:PWID:BURSt (@3)
INP3:BURSt:LEV -12 // установить порог детектора -12 дБ
READ?
```

```
// измерить длительность отрицательной (off) части пакетного сигнала
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
MEAS:NWID:BURS? (@3)

// измерить длительность отрицательной (off) части пакетного сигнала
// с помощью команды CONFigure, установить порог детектора -12 дБ
*RST // переустановка для запуска из известного состояния
CONF:NWID:BURS (@3)
INP3:BURS:LEV -12 // установить порог детектора -12 дБ
READ?
```

## 4 Формирование входных сигналов

В этой главе описано конфигурирование входных каналов применительно к характеристикам ожидаемых входных сигналов. Конфигурирование включает в себя установку таких параметров, как входной импеданс каналов, амплитудный диапазон и коэффициент ослабления пробника, характер связи в тракте, фильтрация, пороговый уровень и чувствительность.

### 4.1 Характеристики каналов

У частотомеров 53220A/53230A имеется два входных канала, а также третий дополнительный входной канал. **Опция 201** добавляет параллельные (дополнительные) соединители каналов 1 и 2 на задней панели. **Опции 106 и 115** добавляют третий канал на 6 ГГц или 15 ГГц. **Опция 202** помещает на переднюю панель третий канал (опция 106 / 115), а **опция 203** помещает на заднюю панель опцию 106 / 115.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Если параллельные входы каналов 1 и 2 имеются на задней панели (**опция 201**), то все характеристики входов относятся **только к соединителям на задней панели** и входному импедансу 50 Ом. В этом случае не нормируются характеристики входа на передней панели. Кроме того, при калибровке прибора используются входные соединители на задней панели.

При программировании приборов через интерфейс ввода-вывода конфигурирование осуществляется командами SCPI из подсистемы **INPut**. В синтаксисе этих команд обозначение **INPut[{1|2}]** относится к каналам 1 и 2. В сущности, эти команды **не применяются** к дополнительному третьему каналу (опция 106 или опция 115).

Каналы частотомера можно конфигурировать независимым образом, за исключением измерений отношения частот и выбранных измерений временных интервалов. Однако измерения в каналах не выполняются одновременно. Переключение с канала на канал сохраняет конфигурацию каналов, но прекращает текущее измерение. Вновь выбранный канал заново инициализируется, а измерения начинаются, когда будут выполнены запрограммированные условия запуска.

### 4.2 Тракт формирования сигналов

Тракт формирования сигналов показан на рис. 4-1.

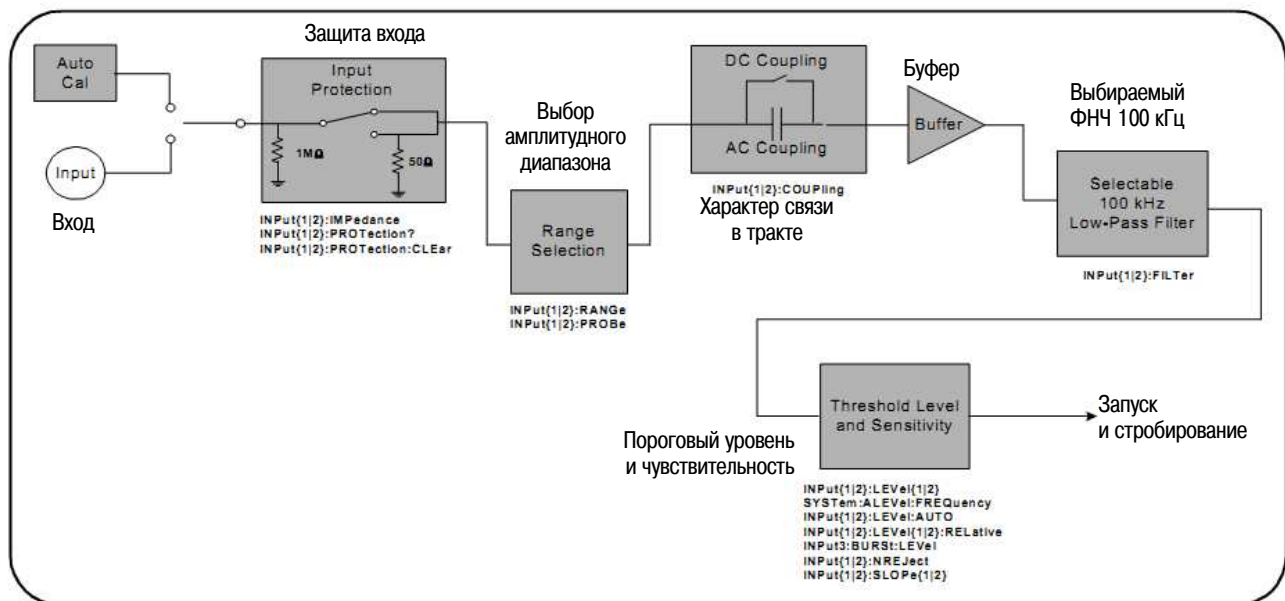


Рис. 4-1 Тракт формирования сигналов у частотомеров 53220A/53230A

В таблице 4-1 представлена сводка значений параметров для формирования сигналов, которые устанавливаются после включения питания или при переустановке (Reset).

**Таблица 4-1** Сводка предустановок параметров входных каналов

Параметр		Установка
Impedance	Импеданс	1 МΩ
Range (1:1 probe)	Амплитудный диапазон (пробник 1:1)	5V
Range (10:1 probe)	Амплитудный диапазон (пробник 10:1)	50 V
Probe factor	Коэффициент ослабления пробника	1:1
Coupling	Характер связи в тракте *	AC
Low pass filter	Фильтр нижних частот	Off
Auto-level	Автоматическая установка порогового уровня	Закреплено
Level (absolute)	Уровень (абсолютный)	0.0 V
Level (relative)	Уровень (относительный)	50%
Pulse Envelope (ch. 3)	Огибающая пакета импульсов (канал 3)	-6 дБ
Noise Rejection	Подавление шума	Отключено
Slope	Фронт сигнала	Положительный

\* AC = связь по переменной составляющей; DC = связь по постоянной составляющей

## 4.2.1 Входной импеданс



С помощью следующей команды можно установить входной импеданс частотомера 53220A/53230A на 50 Ом или на 1 МОм.

```
INP:IMP:1:IMPedance {<impedance>|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
INP:IMP:1:IMPedance? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

Значения импеданса 50 Ом и 1 МОм обеспечивают возможность согласования (оконечная нагрузка) и подстыковки, согласно необходимости.

### Применение пробников

При применении пробника 1:1 или 10:1 следует установить входной импеданс частотомера так, чтобы он обеспечивал совместимость с пробниками (например, 50 Ω, 1 МΩ, high Z). За дополнительной информацией обращайтесь к подразделу 4.2.2.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки с передней панели (Preset) устанавливается значение импеданса 1 МОм. Команды CONFIGure и MEASure не изменяют установку входного импеданса.

### Пример установки импеданса

```
//измерение периода ожидаемого сигнала 10 МГц,  
//максимальное разрешение, использовать канал 1  
CONF:FREQ 0.1E6,MAX, (@1)  
INP:IMP 1.0E6 //установить импеданс на 1 МОм
```

### Защита входа

Максимальное напряжение (включая постоянную составляющую) на входе **50 Ом** не должно превышать ± 5,125 Впик. Если входное напряжение превысит уровень ± 10,0 Впик, то **размыкается** реле защиты входа, переключающее входной импеданс на 1 МОм. (Однако на дисплее и на функциональной клавише **Impedance** продолжает индцироваться установка 50 Ω). Когда реле разомкнуто, мигает клавиша соответствующего канала, пока **не будет снято или снижено до безопасного уровня входное напряжение и будет нажата эта клавиша**. Тогда восстанавливается входной импеданс 50 Ом.

Чтобы определить программным путем, **разомкнуто ли** реле защиты, команда

```
INPut [{1|2}]:PROTection?
```

запрашивает состояние реле (0 = реле замкнуто, 1 = реле **разомкнуто**). Когда **будет снято или снижено до безопасного уровня входное напряжение**, реле защиты восстанавливается (замыкается) командой:

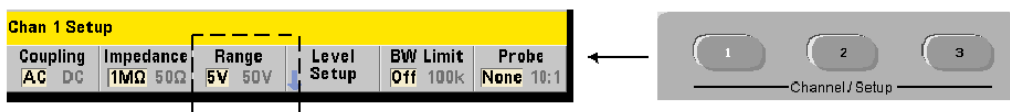
```
INPut [{1|2}]:PROTection:CLear
```

которая восстанавливает входной импеданс 50 Ом.

### Бит перегрузки по напряжению

Размыкание реле защиты входа соответствует установке в состояние лог. 1 бита "Voltage Overload" (бит 0) в группе Questionable Data Register частотомера. Этот бит в регистре Condition очищается командой `INPut:PROTection:CLear` или при переключении входного импеданса на 1 МОм. Этот бит в регистре Event очищается при считывании регистра.

## 4.2.2 Входной амплитудный диапазон



Входной амплитудный диапазон частотомера 53220A/53230A ( $\pm 5,0$  В,  $\pm 50$  В или  $\pm 500$  В) выбирается в зависимости от коэффициента ослабления пробника. Для установки входного амплитудного диапазона применяется команда:

```
INPut [{1|2}]:RANGe {<range>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut [{1|2}]:RANGe? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

Когда выбран пробник 1:1 (см. ниже "Выбор коэффициента ослабления пробника"), доступны диапазоны 5,0 В и 50,0 В. Когда выбран пробник 10:1, доступны диапазоны 50,0 В и 500,0 В.

Команды `CONFigure` и `MEASure` не изменяют установку входного амплитудного диапазона. После команды переустановки (\*RST) или предустановки с передней панели (**Preset**) устанавливается амплитудный диапазон 5,0 В.

### Автоматический выбор входного амплитудного диапазона

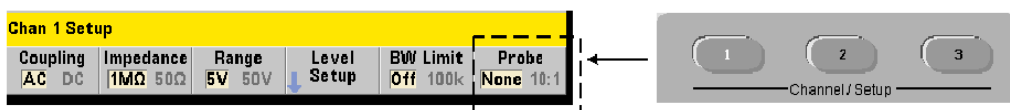


Для входных сигналов с частотой более 100 Гц функция **Auto Scale** контролирует сигнал на входном канале и устанавливает амплитудный диапазон на 5 В или 50 В в зависимости от амплитуды. Функция **Auto Scale** отличается от функции предустановки прибора (Preset), которая устанавливает принятое по умолчанию значение амплитудного диапазона 5 В.

### Пример установки амплитудного диапазона

```
//измерение периода ожидаемого сигнала 10 МГц,
//максимальное разрешение, использовать канал 1
CONF:PER 0.1E-6,MAX, (@1)
INP:IMP 1.0E6 //установить импеданс на 1 МОм
INP:RANG 50 //установить амплитудный диапазон 50 В
```

### Установка коэффициента ослабления пробника



Для облегчения доступа к контрольным точкам объекта измерений (DUT) рекомендуется применять с частотомером 53220A/53230A пассивные пробники **N2870A**, **N2873A** и **N2874A**. Пробник 1:1 N2870A (полоса пропускания 35 МГц) и пробники 10:1 N2873A (500 МГц) и N2874A (1,5 ГГц) являются популярными принадлежностями, которые обычно применяются с осциллографами Agilent.



При применении пробников с частотомером указание коэффициента ослабления пробника характеризует **пороговые уровни** и **междупиковые уровни** относительно реальных уровней в объекте измерений вместо уровня на входе канала. Коэффициент ослабления пробника устанавливается командой:

```
INPut[{1|2}]:PROBe {<factor>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:PROBe? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

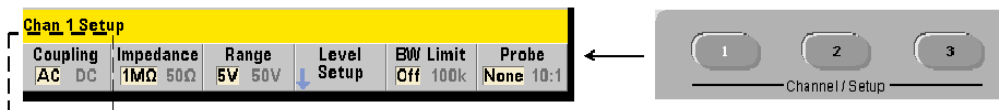
Коэффициент ослабления пробника (**factor**) устанавливается на 1 для пробника 1:1 (N2870A) и на 10 для пробника 10:1 (N2873A или N2874A). При установке на 1 обеспечиваются амплитудные диапазоны частотомера 5 В и 50 В. При установке на 10 обеспечиваются амплитудные диапазоны частотомера 50 В и 500 В.

#### Совместимость входа с пробником

Пробники N2870A и N2873A совместимы с входным сопротивлением 1 МОм. Пробник N2874A совместим с входным сопротивлением 50 Ом. Все эти пробники совместимы с входной емкостью частотомера 20 пФ. При применении пробника следует установить соответствующий входной импеданс частотомера (1 МОм или 50 Ом).

Команды CONFigure и MEASure не изменяют установку коэффициента ослабления пробника. После команды переустановки (\*RST), команды предустановки SYSTem:PRESet или предустановки с передней панели (**Preset**) устанавливается амплитудный диапазон 5,0 В.

### 4.2.3 Характер связи на входе

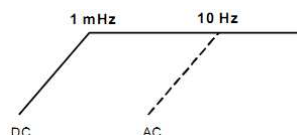


На входе частотомера 53220A/53230A можно установить связь по постоянному напряжению (DC, непосредственная связь) либо по переменному напряжению (AC, емкостная связь). Характер связи на входе устанавливается командой:

```
INPut[{1|2}]:COUPling {AC|DC}
INPut[{1|2}]:COUPling? (форма запроса)
```

Связь по переменному напряжению (AC) удаляет постоянную составляющую сигнала и центрирует сигнал относительно нулевой линии. Доступный для измерения частотный диапазон составляет:

- В режиме AC: 10 Гц ÷ 350 МГц
- В режиме DC: 1 мГц ÷ 350 МГц



Связь по постоянному напряжению (DC) расширяет частотный диапазон измерений вниз до 1 мГц. Команды CONFigure и MEASure не изменяют установку характера связи. После команды переустановки (\*RST) или нажатия клавиши **Preset** устанавливается связь по переменному напряжению (AC).

При выборе характера связи следует принимать в расчет также амплитуду входного сигнала. Связь DC приемлема для большинства измерений, в особенности для тех измерений, которые требуют определенного уровня запуска. Вместо уменьшения амплитуды сигнала путем переключения амплитудного диапазона можно использовать связь AC для приведения сигнала к окну гистерезиса, заданному уровнем запуска. Это продемонстрировано на рис. 4-2 (см. также подраздел 4.2.5).

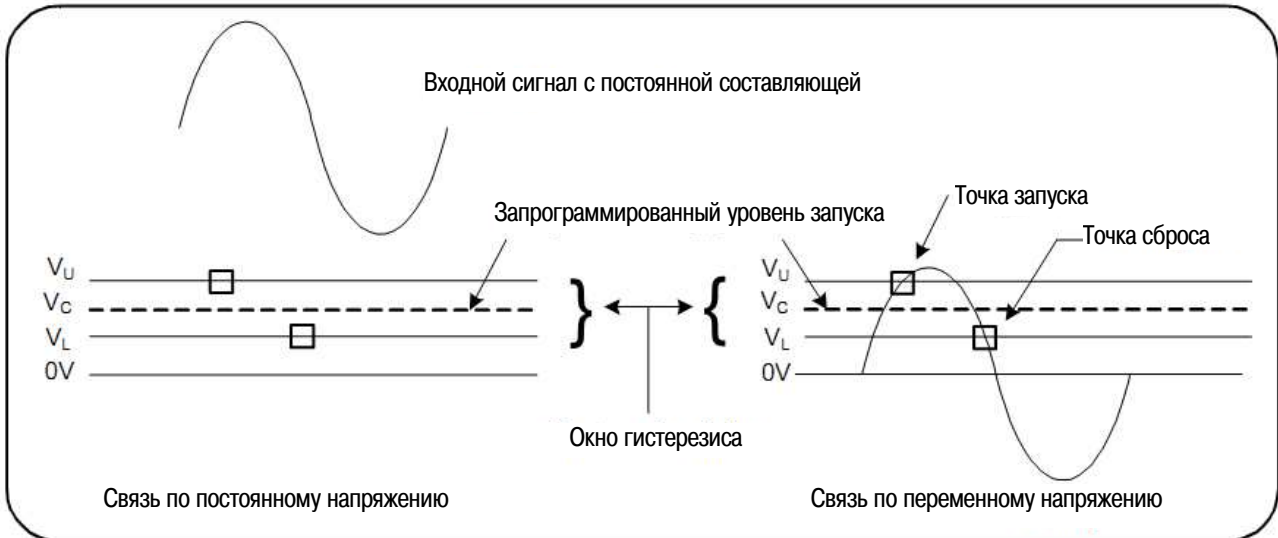


Рис. 4-2 Использование связи по переменному напряжению для согласования с точками запуска

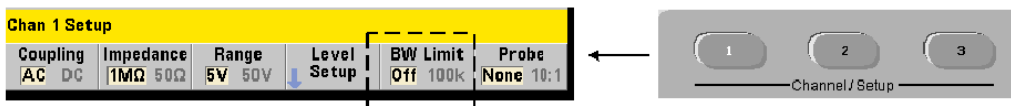
### Время установления переходного процесса при переключении характера связи

При переключении с DC на AC возникает переходной процесс, время установления которого составляет одну секунду для сигнала с постоянной составляющей 5 В.

### Пример установки характера связи на входе

```
//измерение периода ожидаемого сигнала 10 МГц,  
//максимальное разрешение, использовать канал 1  
CONF:PER 0.1E-6,MAX,(@1)  
INP:COUP AC //установить связь по переменному напряжению
```

## 4.2.4 Ограничение полосы частот с помощью фильтра нижних частот



При измерениях в частотном диапазоне ниже 100 кГц можно задействовать фильтр нижних частот в сигнальном тракте для устранения шумов, вносимых высокочастотными составляющими входного сигнала.

Для подключения в сигнальный тракт фильтра нижних частот применяется команда:

```
INPut[{1|2}]:FILTer[:LPASs][:STATe] {OFF|ON}  
INPut[{1|2}]:FILTer[:LPASs][:STATe]? (форма запроса)
```

Команда **ON** подключает фильтр, команда **OFF** отключает фильтр.

На рис. 4-3 показано влияние подключенного фильтра на доступный для измерений частотный диапазон.

Согласно этому рисунку измерительный диапазон составляет:

- В режиме DC: 1 мГц ÷ 100 кГц
- В режиме AC: 10 Гц ÷ 100 кГц

Команды **CONF**igure и **MEAS**ure не изменяют установку фильтра. После команды переустановки (\*RST) или предустановки с передней панели (**Preset**) фильтр нижних частот отключается (**OFF**).

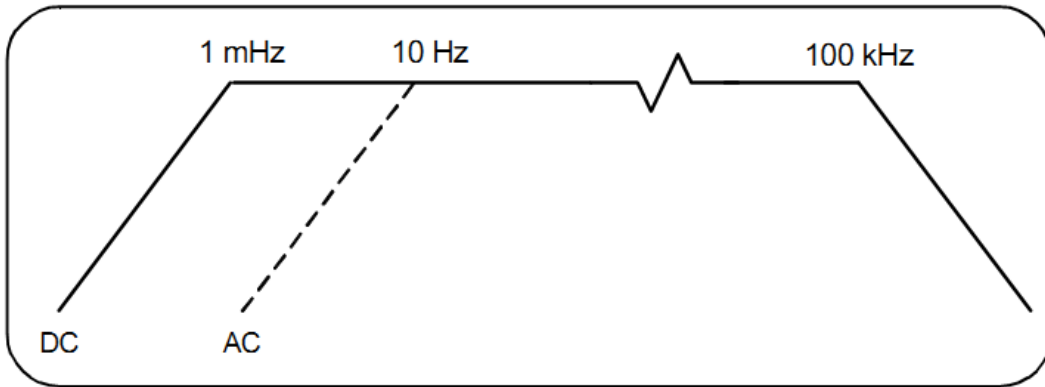
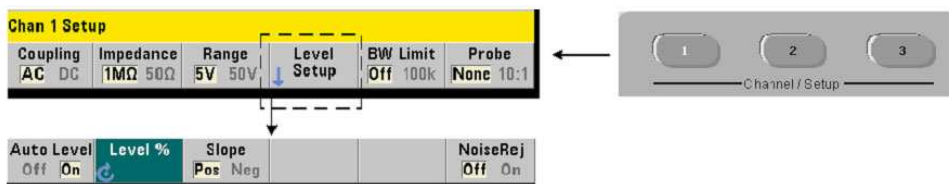


Рис. 4-3 Доступный для измерений частотный диапазон с подключенным ФНЧ

### 4.2.5 Пороговый уровень и чувствительность



Пороговым уровнем является уровень запуска, при котором частотомер начинает счет (т.е. измерение). Этот уровень находится в середине зоны гистерезиса (эта зона определяет чувствительность частотомера). Для измерений необходимо, чтобы сигнал пересекал верхний и нижний предел зоны гистерезиса в противоположных направлениях. На рис. 4-4 поясняются эти характеристики и состояния входного сигнала. Динамический диапазон входного сигнала индицируется на передней панели.

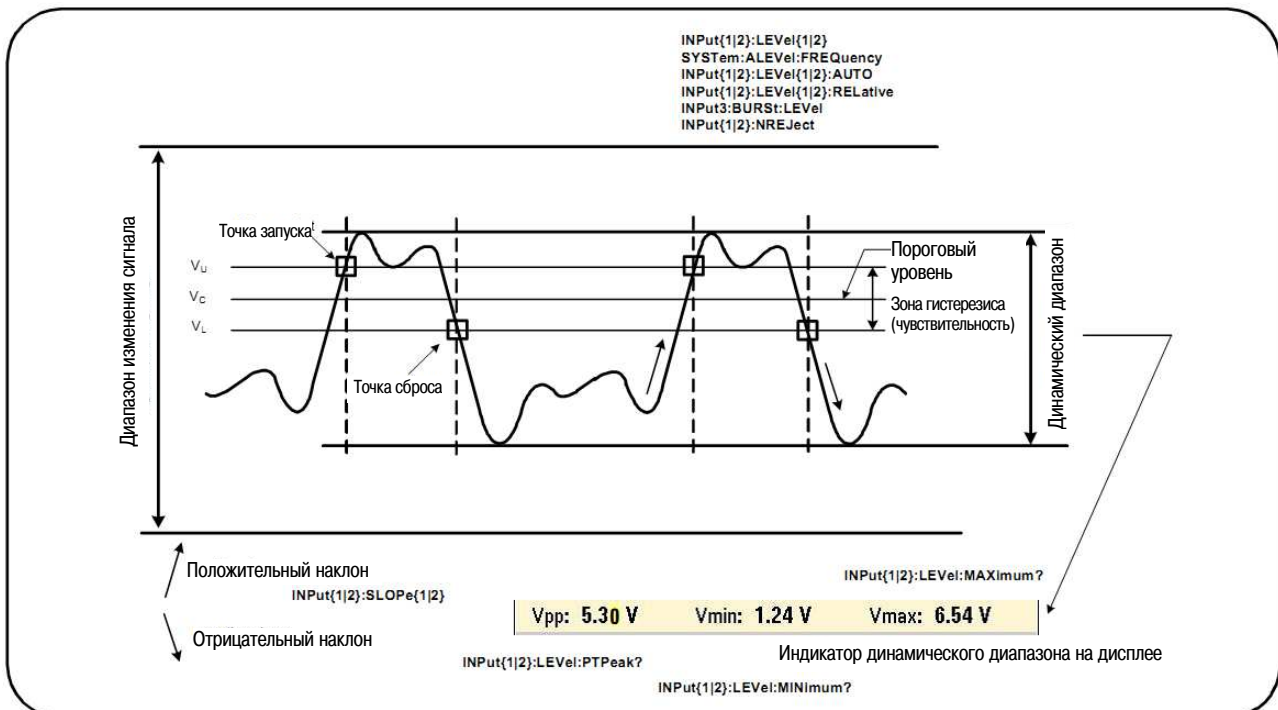


Рис. 4-4 Пороговый уровень входного сигнала и чувствительность

## Задание абсолютного порогового уровня



Входной пороговый уровень может быть задан в виде **абсолютного** значения. Для этого применяется команда:

```
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:ABSolute {<volts>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:ABSolute? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(форма запроса)

Ниже указаны пределы установки **абсолютных** пороговых уровней в разных амплитудных диапазонах.

- 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)

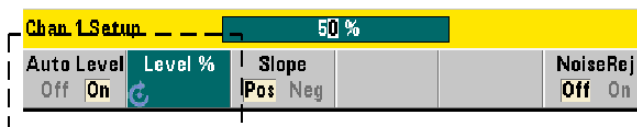
Команда `LEVel/LEVel1` устанавливает абсолютный порог для всех измерений, кроме измерений времени нарастания и спада, а также одноканальных измерений интервалов времени. При измерении времени нарастания и спада команда `LEVel/LEVel1` устанавливает **нижний** контрольный уровень, а команда `LEVel2` устанавливает **верхний** контрольный уровень. При одноканальных измерениях интервалов времени команда `LEVel/LEVel1` устанавливает абсолютный порог для события **пуска**, а команда `LEVel2` устанавливает порог для события **останова**.

Установка абсолютного уровня **отключает** функцию автоматической установки порогового уровня (Auto-Level). Команды `CONFigure` и `MEASure` подключают функцию автоматической установки порогового уровня и устанавливают порог на 50%. Команды переустановки (`*RST`) или предустановки с передней панели (**Preset**) также подключают функцию автоматической установки порогового уровня и устанавливают порог на 50%.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Когда задействована автоматическая установка порогового уровня, запрос значения абсолютного уровня в текущем измерительном канале выводит последнее измеренное значение входного порогового напряжения. Если этот канал не является измерительным каналом, то выводится значение  $9.91E+37$  (это не число). Значение `Level2` можно запрашивать только для измерений времени нарастания и спада, а также одноканальных измерений интервалов времени. Запрос значения `Level2` во время других измерений выводит результат  $9.91E+37$  (это не число).

## Применение автоматической установки порогового уровня



Автоматическая установка порогового уровня базируется на положительных и отрицательных пиках входного сигнала и вводится в действие командой:

```
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:AUTO {OFF|ON|ONCE}
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:AUTO?
```

(форма запроса)

Команда `OFF` отключает, а команда `ON` вводит в действие автоматическую установку порогового уровня; `ONCE` немедленно вводит в действие, затем отключает автоматическую установку порогового уровня.

Когда задействована автоматическая установка порогового уровня, пороговый уровень задается в процентах (%) от междупикового значения входного напряжения (см. ниже "Установка относительных пороговых уровней").

Команды `CONFigure` и `MEASure` подключают функцию автоматической установки порогового уровня и устанавливают пороговый уровень на 50%. Команды переустановки (`*RST`) или предустановки с передней панели (**Preset**) также подключают функцию автоматической установки порогового уровня и устанавливают пороговый уровень на 50%.

### Установка относительных пороговых уровней

Относительные пороговые уровни выражаются в процентах от междуциклового напряжения (размаха) входного сигнала. Относительные пороговые уровни устанавливаются командой:

```
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:RELative {<percent>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:RELative? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(форма запроса)

Пороговые значения устанавливаются в диапазоне от 10% до 90% с разрешением 5%. **Чтобы можно было задать относительный пороговый уровень, должна быть задействована автоматическая установка порогового уровня.**

Команда `LEVel/LEVel1` устанавливает относительный порог для всех измерений, кроме измерений времени нарастания и спада, а также одноканальных измерений интервалов времени. При измерении времени нарастания и спада команда `LEVel/LEVel1` устанавливает **нижний** контрольный уровень, а команда `LEVel2` устанавливает **верхний** контрольный уровень. При одноканальных измерениях интервалов времени команда `LEVel/LEVel1` устанавливает относительный порог для события **пуска**, а команда `LEVel2` устанавливает порог для события **останова**.

Команды `CONFigure` и `MEASure` устанавливают порог на 50% и **подключают** функцию автоматической установки порогового уровня. Команды переустановки (`*RST`) или предустановки с передней панели (**Preset**) также устанавливают порог на 50% и подключают функцию автоматической установки порогового уровня.

### Пример установки относительного порога

```
//установить относительный порог запуска
CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // измерить сигнал 1 МГц
INP:IMP 50 // установить импеданс 50 Ом
INP:RANG 5 // установить амплитудный диапазон на 5 В
INP:COUP AC // установить связь по переменному напряжению
INP:LEV:REL 30 // пороговый уровень на 30%
```

### Измерение низкочастотных сигналов

Для всех функций частотомера **не следует** применять автоматическую установку порогового уровня на частотах ниже 50 Гц. Следует установить пороговые уровни в виде абсолютных значений (см. выше "Задание абсолютного порогового уровня").

Не следует применять команду `MEASure` на частотах ниже 50 Гц, поскольку эта команда конфигурирует частотомер (в том числе вводит в действие автоматическую установку порогового уровня) и выполняет немедленное измерение.

Для измерения сигналов с частотой в этой области пользуйтесь командой `CONFigure` и отключите автоматическую установку порогового уровня путем задания абсолютного порогового уровня. Например:

```
//измерить сигнал 10 Гц
CONF:FREQ 10, (@1) // измерить сигнал 10 Гц
INP:IMP 50 // установить импеданс 50 Ом
INP:RANG 5 // установить амплитудный диапазон на 5 В
INP:COUP AC // установить связь по переменному напряжению
INP:LEV 1 // порог 1 В, отключает авт. установку
INIT // снять показание
```

### Связь на входе и пороговые уровни

На рис. 4-5 показан пример применения относительных порогов к входному сигналу. Когда сигнал содержит постоянную составляющую, абсолютное значение относительного порога зависит от режима связи на входе (AC или DC).

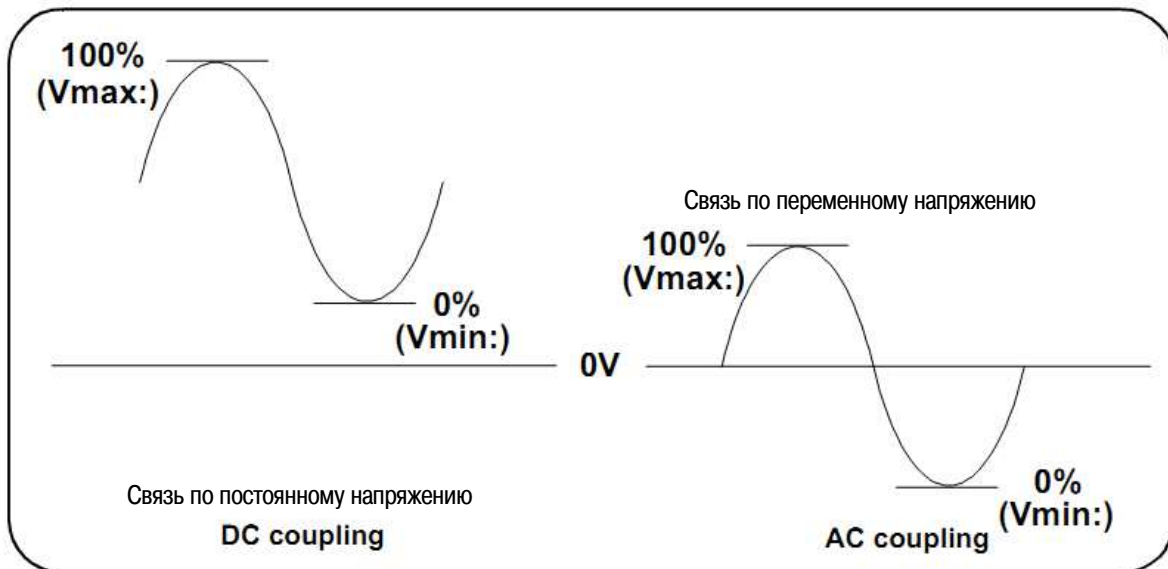


Рис. 4-5 Характер связи на входе и относительные пороговые уровни

Например, входной сигнал с размахом 3 В и с постоянной составляющей 2 В в режиме связи DC будет иметь значение  $V_{max} = 3,5$  В и значение  $V_{min} = 0,5$  В (значения  $V_{max}$ ,  $V_{min}$  и  $V_{pp}$  индицируются на дисплее прибора). В режиме связи AC получается  $V_{max} = +1,5$  В и  $V_{min} = -1,5$  В.

Если задан относительный порог 30% для указанного сигнала в режиме связи DC, то соответствующее абсолютное значение порога составляет 1,4 В. Такой же относительный порог применительно к сигналу в режиме связи AC означает абсолютное значение порога  $-0,6$  В.

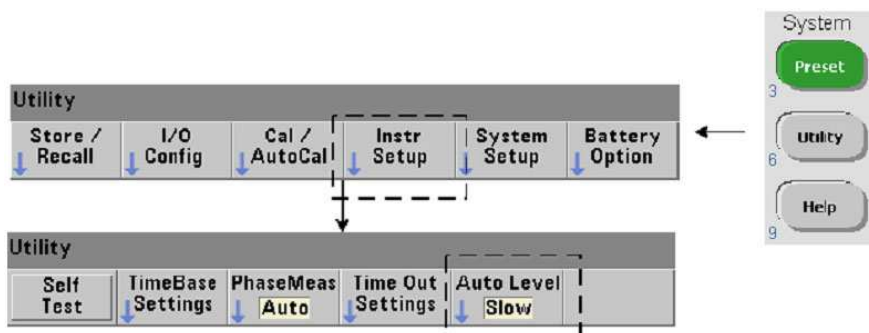
**Абсолютное** значение относительного порогового уровня можно запросить командой:

```
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}] [:ABSolute]?
```

или вычислить следующим образом:

```
Vmin + (% threshold x Vpp)
level w/DC coupling: 0.5 + (0.30 x 3) = 1.4V
level w/AC coupling: -1.5 + (0.30 x 3) = -0.6V
```

### Частотный диапазон функции автоматической установки порогового уровня системы



Автоматическая установка порогового уровня возможна в двух частотных диапазонах: от 50 Гц до  $<10$  кГц и свыше 10 кГц. Для частот  $\geq 10$  кГц достигается более короткий период автоматической установки порогового уровня, когда частотный диапазон задан с передней панели или командой:



**SYSTem:ALEVel:FREQuency** {<frequency>|MINimum|MAXimum|DEFault}  
**SYSTem:ALEVel:FREQuency?** [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

Параметр **frequency** имеет следующие значения:

Интерфейс	Частота $\geq 10$ кГц	Частота 50 Гц $\div <10$ кГц
Передняя панель	Fast	Slow
SCPI	10.0E3 Maximum	50.0 MINimum

Установка параметра **frequency** на 10 кГц уменьшает период автоматической установки порогового уровня на частотах  $\geq 10$  кГц. Установка параметра **frequency** на 50 Гц обеспечивает автоматическую установку порогового уровня на низких частотах до 50 Гц. Выбор значения параметра **frequency** должен базироваться на **самой низкой** ожидаемой частоте измеряемого сигнала.

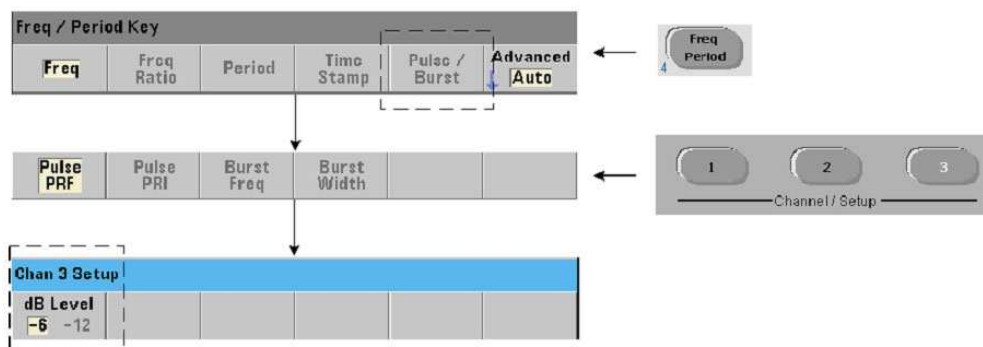
Частота для автоматической установки порогового уровня является **системной** установкой, которая применяется на всех каналах частотомера и должна учитываться при выполнении двухканальных измерений.

По умолчанию принята установка 50 Гц. Это значение хранится в энергонезависимой памяти и не изменяется при выключении питания, после команды переустановки (\*RST) и после нажатия клавиши **Preset** на передней панели. Команды **CONFigure** и **MEASure** подключают функцию автоматической установки порогового уровня и устанавливают порог на 50%, но не изменяют частоту для автоматической установки порогового уровня.

#### Пример задания частотного диапазона функции автоматической установки порогового уровня

```
CONF:FREQ 100E6, (@1) // измерить сигнал 100 МГц
SYST:ALEV:FREQ 10.0E3 // установить частоту для авт. установки
INP:IMP 50 // установить импеданс на 50 Ом
INP:RANG 5 // установить амплитудный диапазон на 5 В
INP:COUP AC // установить связь по перем. напряжению
INP:LEV:REL 65 // установить относительный порог 65%
```

#### 4.2.6 Порог детектора при измерениях пакетных сигналов



Все измерения пакетных сигналов с прибором **53230A** выполняются относительно длительности импульсов. Часть импульсов "on" определяется порогами детектора  $-6$  дБ и  $-12$  дБ. На рис. 4-6 показан пример пакетного сигнала относительно этих пороговых уровней.

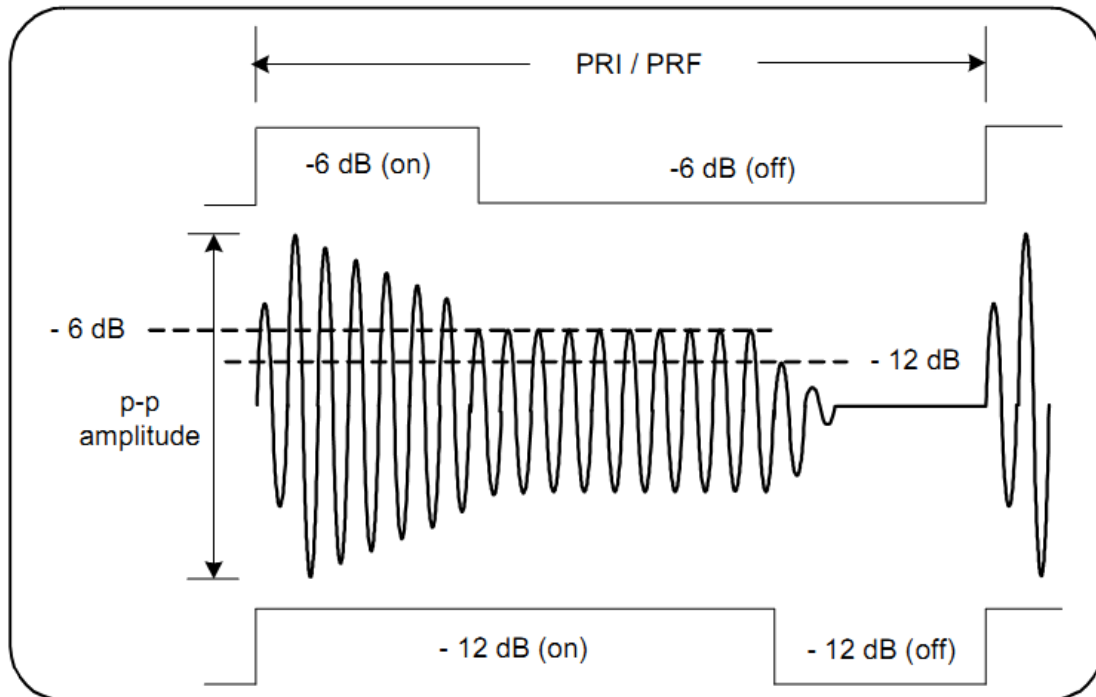


Рис. 4-6 Пороги детектора –6 дБ и –12 дБ относительно пакетного сигнала

При измерениях длительности положительной и отрицательной части пакета импульсов должен учитываться порог детектора. Этот порог устанавливается командой:

```
INPut3: BURSt: LEVel {<dB>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut3: BURSt: LEVel? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

Уровни **dB** представляют собой номинальные (фиксированные) значения –6 и –12.

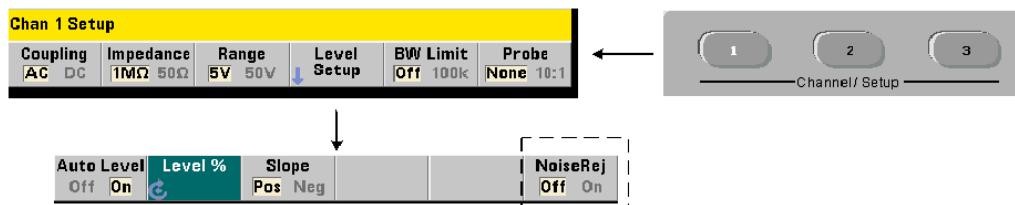
Команды **CONFigure** и **MEASure** не изменяют установку порога детектора. После команды переустановки (\*RST) или предустановки с передней панели (**Preset**) устанавливается порог детектора –6 дБ.

Эту команду можно применять только с частотомером **53230A** с опцией **106** или **115** канала **3** (СВЧ вход 6 ГГц или 15 ГГц, соответственно) и опцией **150** (измерение СВЧ импульсов).

### Пример установки порога детектора

```
// сконфигурировать измерение длительности положительной (on) части
// пакетного сигнала в канале 3
CONFigure: PWIDth: BURSt (@3)
INP3: BURS: LEV -12 // установить порог детектора -12 дБ
```

### 4.2.7 Подавление шумов (гистерезис)



Пороговая чувствительность (рис. 4-4) к сигналу зависит от степени подавления шумов или от гистерезиса. Для изменения степени подавления шумов (зоны гистерезиса) применяется команда:

```
INPut[{1|2}]: NREJection {OFF|ON}
INPut[{1|2}]: NREJection? (форма запроса)
```

Команда **ON** вводит в действие подавление шумов; при этом гистерезис **увеличивается**, а чувствительность **уменьшается** на 50%. Эту установку следует применять при измерении зашумленных сигналов. Однако если пороговый уровень близок к пиковому значению сигнала (положительному или отрицательному), то сигнал не будет зарегистрирован, когда не будет достигнуто пересечение обоих уровней зоны гистерезиса, ввиду расширения зоны гистерезиса. Команда **OFF** отключает подавление шумов; при этом **уменьшается** гистерезис и **увеличивается** чувствительность.

Команды **CONFigure** и **MEASure** не изменяют установку подавления шумов. После команды переустановки (**\*RST**) и после нажатия клавиши **Preset** на передней панели подавление шумов отключается (**OFF**).

#### Подавление шумов за счет ограничения ширины полосы частот

Подавление шумов достигается также за счет уменьшения верхней границы частотного диапазона частотомера с 350 МГц до 100 кГц при измерении сигналов с частотой до 100 кГц (см. подраздел 4.2.4). Дополнительное подавление шумов в этом частотном диапазоне достигается командой **INPut:NREJection ON**.

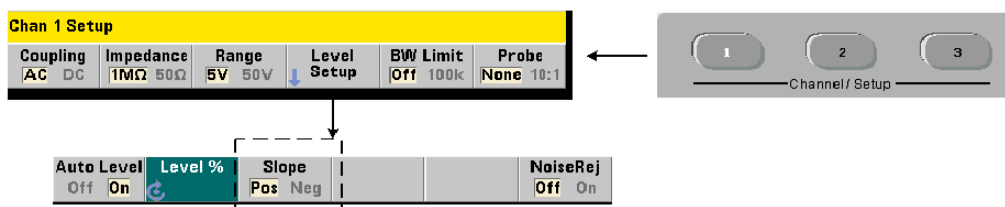
#### Погрешности измерений временных параметров

Применение подавления шумов при измерениях временных параметров вызывает погрешности измерения временных интервалов вследствие погрешностей установки порогового уровня и влияния гистерезиса на точки переключения запуска и сброса (рис. 4-4). Эти погрешности зависят от скорости изменения сигнала в каждой точке пересечения порога.

#### Пример подавления шумов

```
// измерение периода сигнала с ожидаемой частотой 10 МГц,
// использовать канал 1
CONF:PER 0.1E-6, .001, (@1)
INP:IMP 1.0E6 // установить импеданс на 1 МОм
INP:RANG 50 // установить амплитудный диапазон на 50 В
INP:COUP AC // установить связь по переменному напряжению
INP:LEV 3 // установить абсолютный пороговый уровень 3 В
INP:NREJ ON // задействовать подавление шумов
```

### 4.2.8 Установка фронта входного сигнала для пересечения порога



Фронт сигнала (положительный или отрицательный), при котором возникает пересечение порогового уровня, задается командой:

```
INPut[{1|2}]:SLOPe[{1|2}] {POSitive|NEGative}
INPut[{1|2}]:SLOPe{1|2}]? (форма запроса)
```

**POSitive** – запуск происходит на положительном (нарастающем) фронте сигнала. Сброс происходит на отрицательном (спадающем) фронте сигнала (рис. 4-4).

**NEGative** – запуск происходит на отрицательном фронте, а сброс – на положительном фронте.

Эта установка запускающего фронта не применяется в измерениях длительности импульсов, коэффициента заполнения и времени нарастания-спада, т.е. в тех измерениях, которые выполняются с заданной установкой фронта сигнала.

При одноканальных измерениях интервалов времени параметр **SLOPe/SLOPe1** задает фронт сигнала для события **пуска**, а параметр **SLOPe2** – фронт сигнала для события **останова**.

Команды `CONFigure` и `MEASure` не изменяют установку фронта сигнала. После команды переустановки (`*RST`) и после нажатия клавиши **Preset** на передней панели выбирается положительный (нарастающий) фронт.

### Пример установки фронта входного сигнала

```
//установить фронт сигнала для пересечения порога
CONF:FREQ 1E6, 0.1, (@1) // измерить сигнал 1 МГц
SYST:ALEV:FREQ 10E3 // установить мин. частоту авт. установки порога
INP:IMP 50 // установить импеданс на 50 Ом
INP:RANG 5 // установить амплитудный диапазон на 5 В
INP:COUP AC // установить связь по переменному напряжению
INP:LEV:REL 70 // пороговый уровень 70%
INP:SLOP POS // запуск на положительном фронте
```

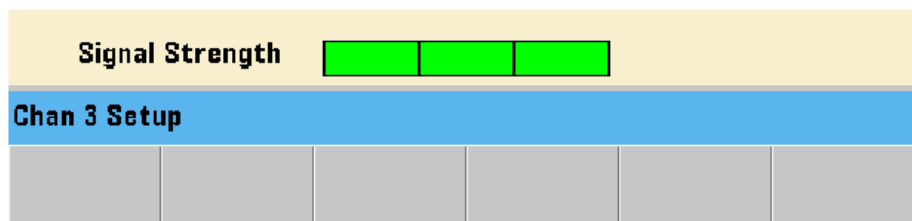
## 4.3 Измерение уровней входных сигналов

Минимальное, максимальное и междупиковое значение входного сигнала индицируется в нижней части основного измерительного дисплея. Эти значения показаны также для примера на рис. 4-4. Эти характеристики размаха сигнала можно также измерить с помощью следующих команд:

```
INPut [{1|2}]:LEVel:MINimum? (минимальное пиковое значение сигнала)
INPut [{1|2}]:LEVel:MAXimum? (максимальное пиковое значение сигнала)
INPut [{1|2}]:LEVel:PTPeak? (междупиковое значение (размах) сигнала)
```

Минимальные и максимальные значения включают в себя постоянную составляющую сигнала. Амплитуда сигнала на входе зависит от входного импеданса частотомера.

### Относительный уровень сигнала в канале 3



На дисплее частотомера индицируется относительный уровень сигнала (Strength) в канале 3 (опция 106 или 115, СВЧ вход 6 ГГц или 15 ГГц). Этот относительный уровень можно также измерить командой:

```
INPut3:STrength?
```

Эта команда выводит результат измерения относительного уровня согласно следующей таблице.

Цвет	Strength	Описание
Нет	0	Слишком слабый сигнал, не обеспечивающий возможность уверенных измерений. Мощность сигнала должна быть не менее $-27$ дБм.
Желтый	1	Слабый, но приемлемый сигнал.
Зеленый	2, 3	Хороший сигнал.
Красный	4	Сигнал может превышать уровень, при котором возможно выполнение точных измерений ( $> +19$ дБм). При уровне сигнала $\geq +27$ дБм возможно повреждение прибора.

## 5 Запуск и стробирование

Частотомер 53220A/53230A реализует принцип измерений, который заключается в запуске прибора и стробировании входного сигнала для формирования временного интервала, в течение которого измеряется входной сигнал. В этой главе рассмотрены циклы запуска и стробирования (временной селекции), необходимые для выполнения измерений.

### 5.1 Сводка установок параметров

В таблице 5-1 представлена сводка значений параметров запуска и стробирования, которые устанавливаются после включения питания или переустановки (Reset).

**Таблица 5-1** Сводка предустановок параметров запуска и стробирования

Параметр		Установка
<b>Trigger</b>	<b>Запуск</b>	
Trigger source	Источник запуска	Immediate
Trigger slope	Фронт сигнала запуска	Negative
Trigger delay	Задержка запуска	0.0 s
Trigger count	Количество событий запуска	1
Sample count	Количество выборок	1
<b>Frequency</b>	<b>Частота</b>	
Frequency gate source	Источник стробирования при измерении частоты	Time
Frequency gate time	Длительность стробирующего импульса	0.1 s
Frequency gate polarity	Полярность стробирующего импульса	Negative
Frequency mode	Режим измерения частоты	Auto
Frequency burst gate auto	Автоматическое управление стробированием при измерении несущей частоты пакетных сигналов	On
Frequency burst gate delay	Задержка строб-импульса при измерении пакетов	0.0 s
Frequency burst gate narrow	Режим измерения коротких импульсов	Off
Frequency burst gate time	Длительность строб-импульса при измерении пакетов	1 us
<b>Time Interval</b>	<b>Временной интервал</b>	
Time interval gate source	Источник стробирования при измерении инт. времени	Immediate
Time interval gate polarity	Полярность стробирующего импульса	Negative
<b>Totalize</b>	<b>Суммирование</b>	
Totalize gate source	Источник стробирования при суммировании	Time
Totalize gate time	Длительность стробирующего импульса	0.1 s
Totalize gate polarity	Полярность стробирующего импульса	Negative
<b>Gate</b>	<b>Стробирование</b>	
Gate start source	Источник пуска стробирования	External
Gate external source	Внешний источник стробирования	External
Gate start slope	Фронт сигнала пуска стробирования	Negative
Gate start delay source	Источник задержки пуска стробирования	Immediate
Gate start delay events	События задержки пуска стробирования	1
Gate start delay time	Длительность задержки пуска стробирования	0.0 s
Gate stop source	Источник останова стробирования	External
Gate stop slope	Фронт сигнала останова стробирования	Positive
Gate stop holdoff source	Источник задержки останова стробирования	Immediate
Gate stop holdoff events	События задержки останова стробирования	1
Gate stop holdoff time	Длительность задержки останова стробирования	0.0 s

## Временная диаграмма сигналов запуска и стробирования

Запуск и стробирование являются элементами каждого измерения, выполняемого частотомером. Связь между этими действиями в процессе измерения иллюстрируется временной диаграммой на рис. 5-1.

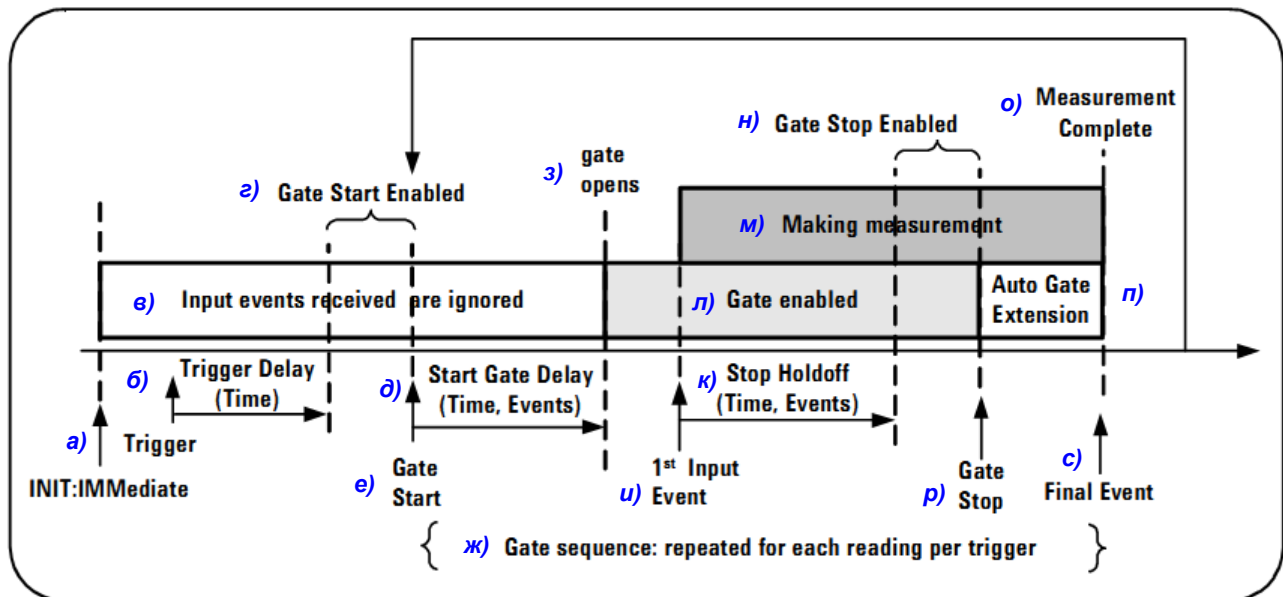


Рис. 5-1 Временная диаграмма сигналов запуска и стробирования

- |  |  |
|--|--|
| а) Запуск  | и) Первое входное событие                  |
| б) Задержка запуска (время)  | к) Задержка останова (время, события)      |
| в) Принимаемые входные события игнорируются  | л) Задействован временной селектор         |
| г) Разрешен пуск стробирования   | м) Выполнение измерения                    |
| д) Задержка пуска стробирования (время, события)                                       | н) Разрешен останов стробирования          |
| е) Пуск стробирования  | о) Завершение измерения                    |
| ж) Последовательность стробирования (повторяется для каждого отсчета на каждый запуск) | п) Автоматическое продление строб-импульса |
| з) Открывается временной селектор  | р) Останов стробирования                   |
|  | с) Последнее событие                       |

## 5.2 Цикл запуска и стробирования

Элементы запуска и стробирования, показанные в **общем** на рис. 5-1, подробно представлены в цикле программирования на рис. 5-2. В этом разделе содержится описание каждого этапа цикла и приведены соответствующие примеры.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные в этом разделе команды SCPI и параметры служат для демонстрации возможностей управления частотомером программным путем. Подробное описание команд содержится в разделе "Programmer's Reference" ("Справочник программиста") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

Авторское право компании Agilent Technologies Inc. охраняется на все содержание данного руководства по эксплуатации. Любое использование, национальным и международным законодательством, без письменного разрешения от компании Agilent Technologies, воспроизведено, опубликовано, загружено, напечатано, или иным образом распространено, является нарушением. Для получения дополнительной информации, пожалуйста, обратитесь к представителю Agilent Technologies в вашем регионе. Российское представительство Agilent Technologies: Тел.: +7 495 7973900, e-mail: tmo\_russia@agilent.com





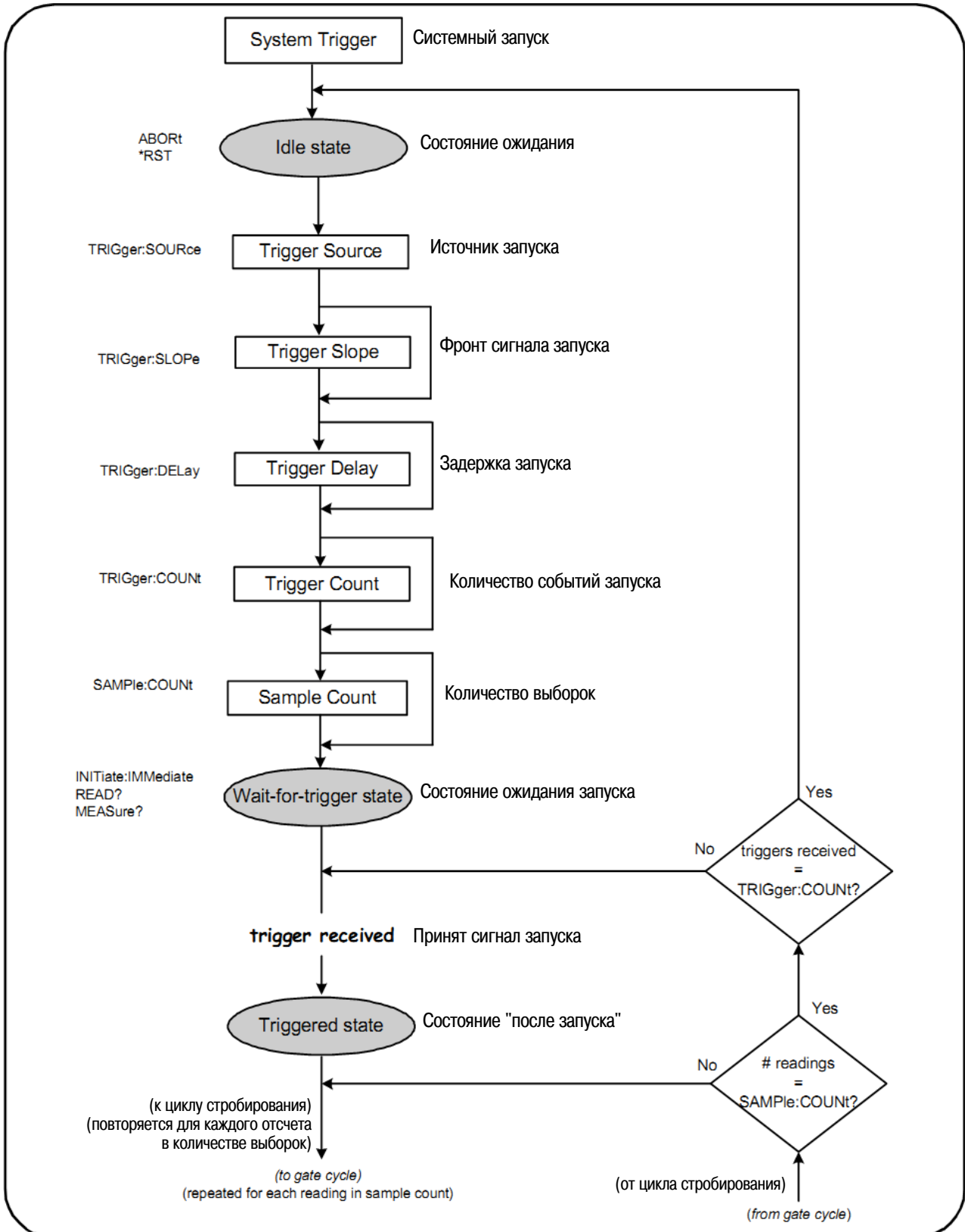


Рис. 5-2 Цикл запуска и стробирования – запуск

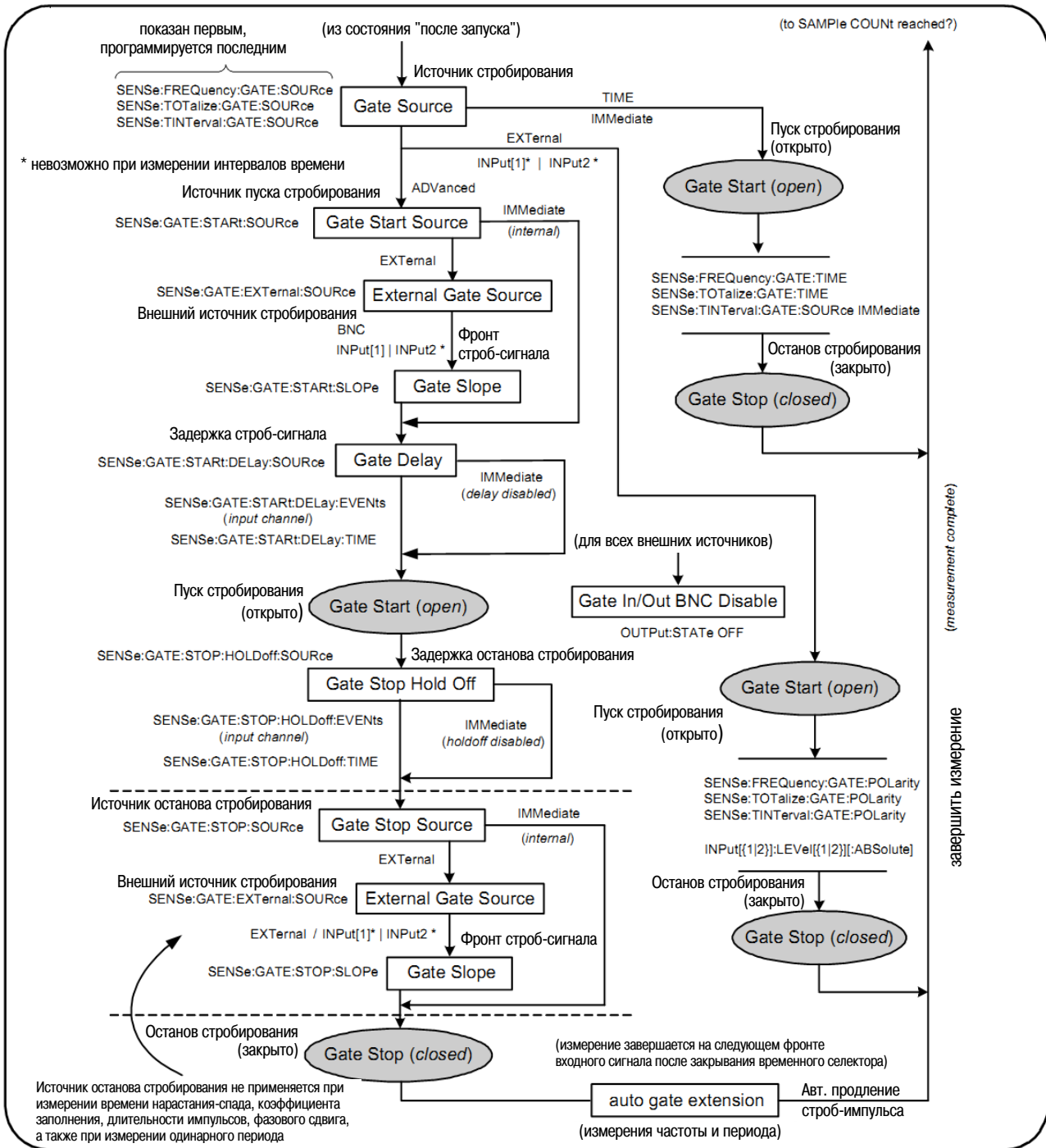


Рис. 5-2 (продолжение) Цикл запуска и стробирования – стробирование

### 5.2.1 Системный запуск

Частотомер работает в одном из трех состояний в зависимости от статуса системного запуска: *состояние ожидания (idle)*, *состояние ожидания запуска (wait for trigger)* и *состояние "после запуска" (triggered)*.

#### Состояние ожидания (Idle)

Конфигурирование частотомера в принципе производится, когда он находится в состоянии *ожидания* (рис. 5-2). Это включает в себя конфигурирование **системного запуска**.

Как показано на рис. 5-2, частотомер устанавливается в *состояние ожидания* одной из следующих команд:

**ABORt** – прерывание текущего измерения

**\*RST** – установка частотомера в состояние принятых по умолчанию (заводских) значений параметров

Частотомер возвращается **также** в *состояние ожидания* после достижения общего количества измерений, заданного установками `TRIGger:COUNT` и `SAMPle:COUNT` (т.е. когда количество измерений станет равным произведению  $TRIGger:COUNT \times SAMPle:COUNT$ ).

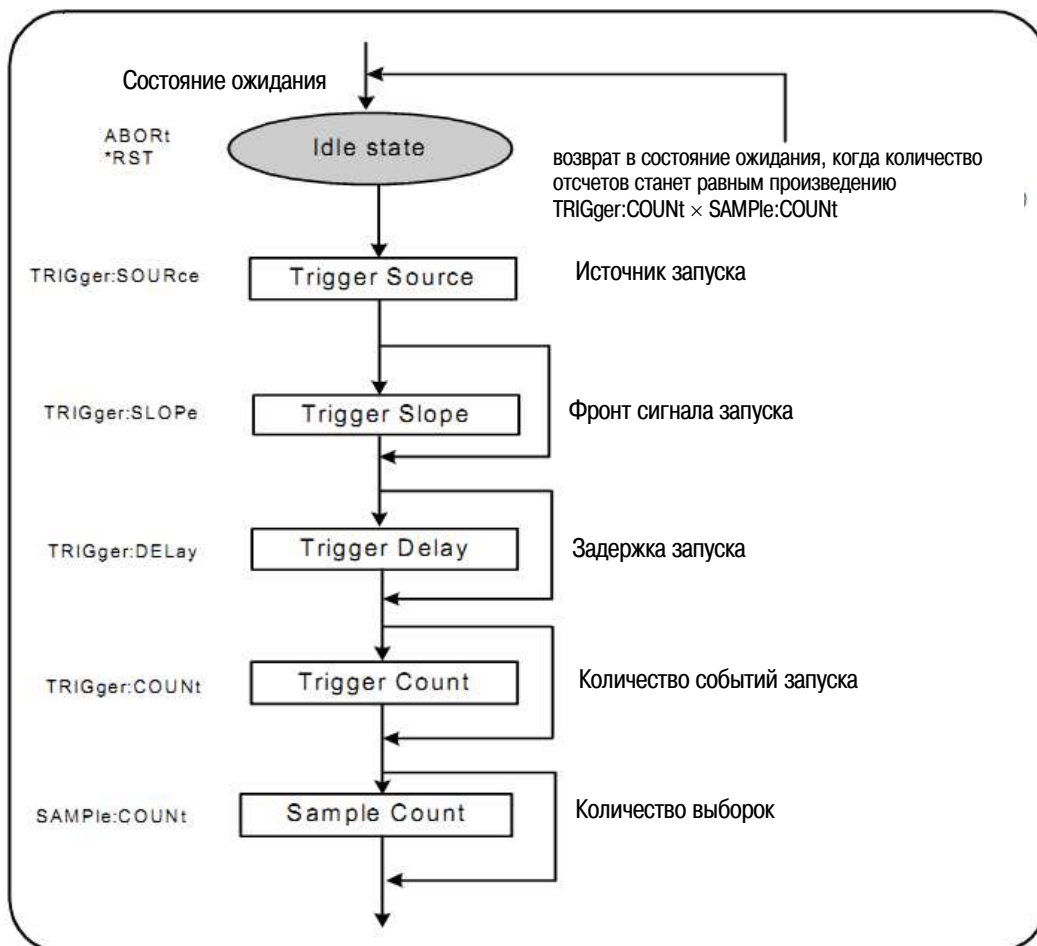
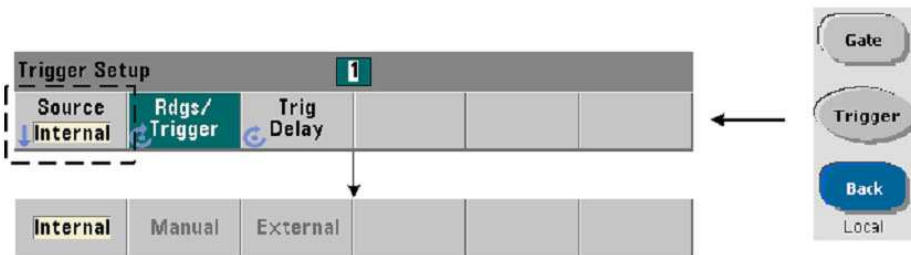


Рис. 5-3 Последовательность системного запуска

## Источник системного запуска



Системный запуск конфигурируют с применением команд, принадлежащих к подсистемам TRIGger и SAMPlе. На рис. 5-2 показана последовательность, в которой обычно применяются эти команды.

Источник системного запуска, который начинает цикл запуска и стробирования, устанавливается командой:

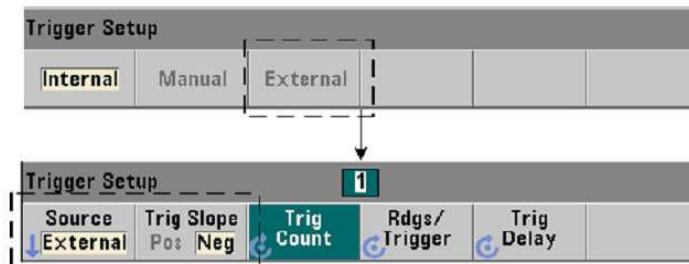
```
TRIGger:SOURce {IMMediate|EXTErnal|BUS}
TRIGger:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник запуска **IMMediate** устанавливает непрерывный (периодический) сигнал запуска. Команда **CONFIgure** по умолчанию устанавливает источник запуска на **IMMediate**.
- Источник запуска **EXTErnal** устанавливает внешний источник запуска, сигнал которого подается на соединитель BNC "Trig In" на задней панели.
- Источник запуска **BUS** означает запуск прибора командой \*TRG, принимаемой через интерфейс ввода-вывода.

## Пример установки источника запуска

```
// сконфигурировать прибор на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT //внешний источник запуска
```

## Фронт сигнала системного запуска



Когда источник системного запуска установлен на **EXTErnal**, фронт сигнала запуска устанавливают командой:

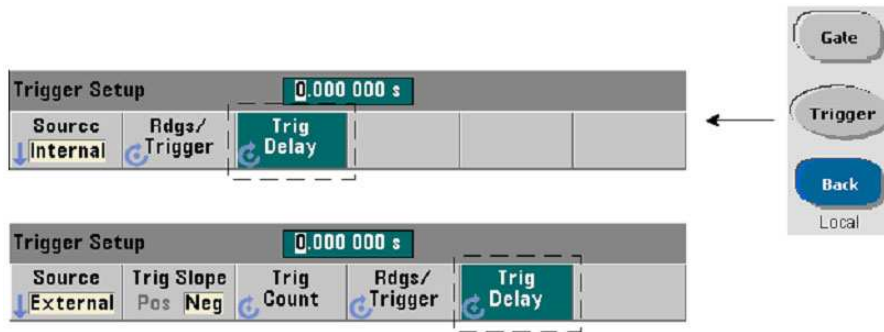
```
TRIGger:SLOPe {POSitive|NEGative}
TRIGger:SLOPe? (форма запроса)
```

- Параметр **POSitive** выбирает нарастающий фронт сигнала, а параметр **NEGative** выбирает спадающий фронт сигнала. Сигнал подается на соединитель BNC "Trig In". Команда **CONFIgure** по умолчанию устанавливает фронт сигнала запуска на **NEGative**.

## Пример установки фронта сигнала запуска

```
// сконфигурировать на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT // внешний источник запуска
TRIG:SLOP POS // положительный фронт сигнала запуска
```

## Задержка системного запуска



Следующая команда устанавливает задержку между моментом получения сигнала внутреннего или внешнего запуска и началом **первого** измерения (см. рис. 5-1).

```
TRIGger:DElay {<time>|MINimum|MAXimum|DEFault}
TRIGger:DElay? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(форма запроса)

- Эта команда задает задержку в секундах. Задержка между отдельными измерениями (несколько отсчетов на событие запуска – см. `SAMple:COUNT`) задается командами `SENSe:GATE:START:DElay`. Команды `CONFigure` и `MEASure` устанавливают принятую по умолчанию задержку 0,0 с.

### Пример установки задержки запуска

```
// сконфигурировать на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT // внешний источник запуска
TRIG:SLOP POS // положительный фронт сигнала запуска
TRIG:DEL 1 // задержка 1 с после приема сигнала запуска
```

### Количество событий системного запуска



Количество событий системного запуска, которое должен принять частотомер перед возвратом в *состояние ожидания* из *состояния ожидания запуска*, задается командой:

```
TRIGger:COUNT {<count>|MINimum|MAXimum|DEFault}
TRIGger:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

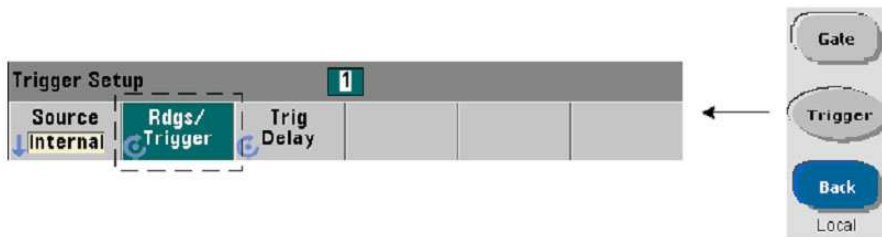
(форма запроса)

Значения `count` находятся в диапазоне 1 ÷ 1000000. Команды `CONFigure` и `MEASure` устанавливают принятое по умолчанию количество событий запуска "1".

### Пример установки количества событий запуска

```
// сконфигурировать прибор на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT // внешний источник запуска
TRIG:SLOP POS // положительный фронт сигнала запуска
TRIG:DEL 1 // задержка 1 с после приема сигнала запуска
TRIG:COUN 2 // принять 2 события системного запуска
```

## Количество выборок



Произведение количества событий запуска на количество выборок ( $\text{TRIG:COUN} \times \text{SAMP:COUN}$ ) определяет количество отсчетов, снятых до возврата частотомера в *состояние ожидания*. Количество выборок задается командой:

```
SAMPle:COUNT {<count>| MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
SAMPle:COUNT? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

Значения **count** находятся в диапазоне  $1 \div 1000000$ . Команды **CONF**igure и **MEAS**ure устанавливают принятое по умолчанию количество выборок "1".

Память отсчетов может хранить до 1000000 отсчетов. Если произведение количества событий запуска на количество выборок превысит 1000000 отсчетов, то возникает необходимость в быстром считывании данных из памяти отсчетов для предотвращения переполнения памяти. В случае переполнения памяти первые (самые давние) отсчеты перезаписываются новыми. Всегда сохраняются последние отсчеты.

### Пример установки количества выборок

```
// сконфигурировать прибор на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT // внешний источник запуска
TRIG:SLOP POS // положительный фронт сигнала запуска
TRIG:DEL 1 // задержка 1 с после приема сигнала запуска
TRIG:COUN 2 // принять 2 события системного запуска
SAMP:COUN 100 // снять 100 отсчетов на каждое событие запуска
```

#### ПРИМЕЧАНИЕ

При выполнении непрерывных суммирующих измерений игнорируются такие параметры, как количество событий запуска и количество выборок. Количество событий запуска игнорируется также при выполнении непрерывных (без промежутков) измерений частоты и периода. При применении этих функций воспринимается только одно событие запуска. За дополнительной информацией обращайтесь к разделу "Programmer's Reference" ("Справочник программиста") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.



## 5.2.2 Состояния ожидания запуска и "после запуска"

Чтобы частотомер **воспринимал** события запуска, которые запускают цикл запуска и стробирования, необходимо, чтобы частотомер был **инициализирован**. Инициализация частотомера переводит его в состояние *ожидания запуска* (рис. 5-3).

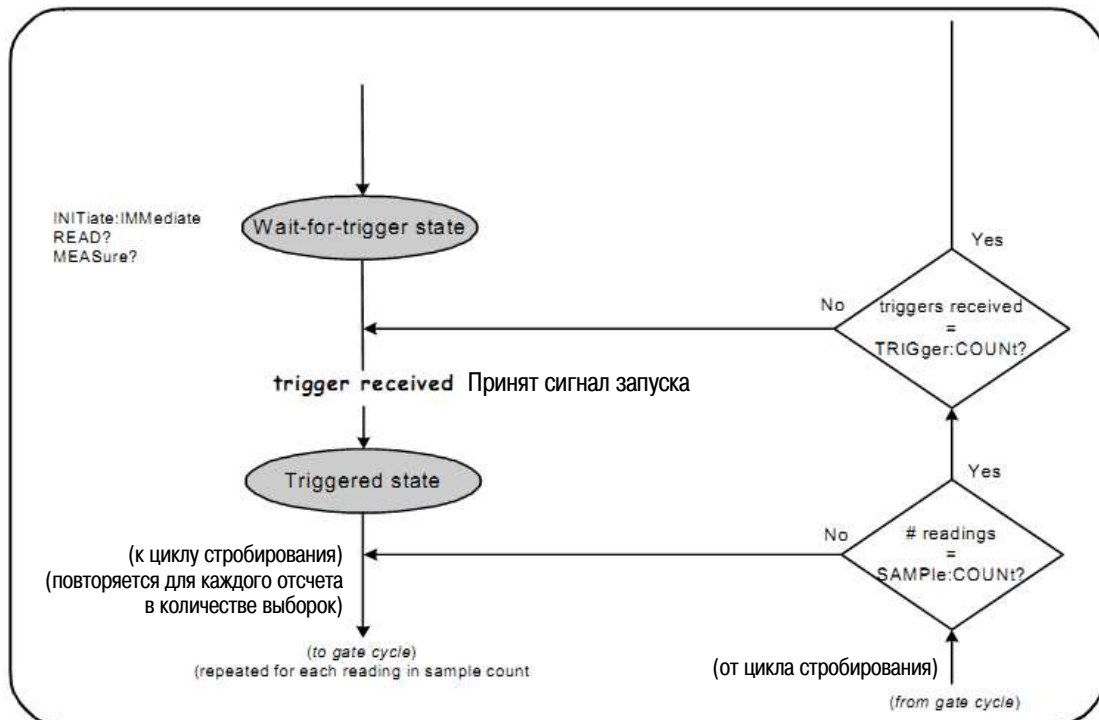


Рис. 5-3 Состояние частотомера "ожидание запуска"

Частотомер можно инициализировать следующими командами:

```
INITiate[:IMMediate]
```

Это переводит частотомер в состояние ожидания запуска. В этом состоянии распознаются и воспринимаются сигналы запуска.

После инициализации частотомера командами `INITiate[:IMMediate]` снимаются отсчеты, которые индицируются и заносятся в память частотомера.

### Пример инициализации

```
// сконфигурировать прибор на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT // внешний источник запуска
TRIG:SLOP POS // положительный фронт сигнала запуска
TRIG:DEL 1 // задержка 1 с после приема сигнала запуска
TRIG:COUN 2 // принять 2 события системного запуска
SAMP:COUN 100 // снять 100 отсчетов на каждое событие запуска
INIT // инициализировать частотомер - состояние ожидания запуска
GETs? // извлечь результаты измерений из памяти отсчетов
```

## Команда READ?

Команда READ? эквивалентна исполнению команды INITiate:IMMediate, сразу за которой следует команда FETCh?. С помощью команды READ? индицируются отсчеты, которые заносятся в память отсчетов и мгновенно считываются в буфер вывода.

## Пример применения команды READ?

```
// сконфигурировать прибор на измерение частоты,
// установить параметры системного запуска
CONF:FREQ 5E6,0.1,(@2)
TRIG:SOUR EXT // внешний источник запуска
TRIG:SLOP POS // положительный фронт сигнала запуска
TRIG:DEL 1 // задержка 1 с после приема сигнала запуска
TRIG:COUN 2 // принять 2 события системного запуска
SAMP:COUN 100 // снять 100 отсчетов на каждое событие запуска
READ? // инициализировать частотомер - извлечь отсчеты из памяти
```

Как только частотомер будет инициализирован, действительный сигнал запуска и приемлемый период задержки (если он задан) переводят прибор в состояние "после запуска" и начала цикла стробирования. Частотомер остается в состоянии "после запуска" до момента достижения заданного количества выборок (отсчетов на каждое событие запуска). Затем частотомер возвращается в состояние *ожидания запуска* до момента приема следующего сигнала системного запуска. Частотомер возвращается в состояние *ожидания*, как только будет достигнуто заданное произведение количества событий запуска на количество выборок.

## 5.3 Стробирование измерений

Управление стробированием измерений позволяет вам выбирать длительность измерений. Последовательность стробирования в цикле запуска и стробирования начинается после приема сигнала системного запуска и повторяется для **каждого** измерения при заданном количестве выборок.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Последовательность стробирования начинается, когда частотомер находится в состоянии "после запуска" (рис. 5-2). Несмотря на то, что это показано на рисунке после инициализации частотомера, **конфигурирование** стробирования, как и **конфигурирование** системного запуска, производится, когда частотомер находится в состоянии *ожидания*.

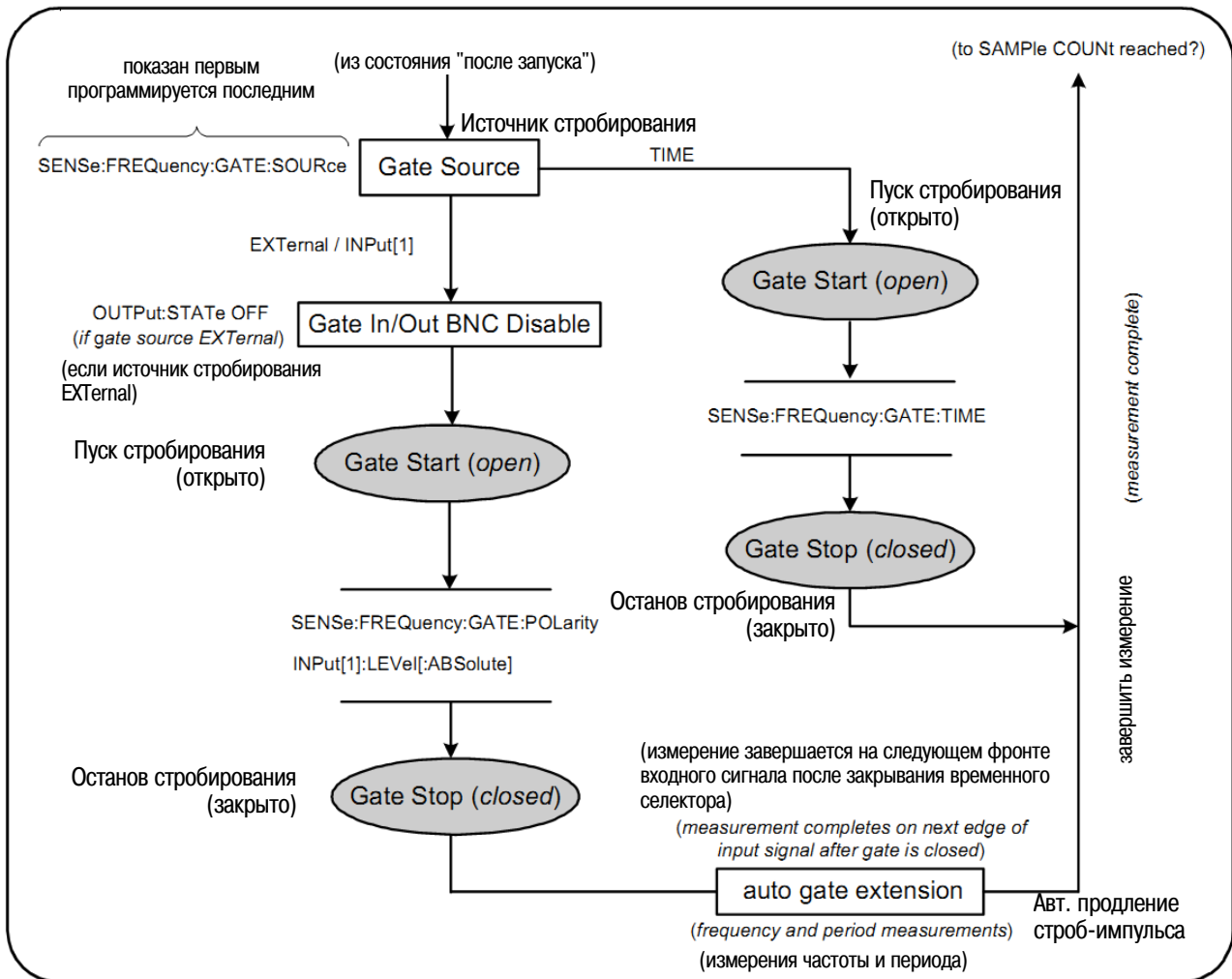
### ПРИМЕЧАНИЕ

Выполняемые частотомером измерения базируются на конфигурациях, состоящих из множества параметров. **Самым простым** и наиболее распространенным исходным пунктом для установки этих параметров **программным путем** является применение команд из подсистем CONFigure и MEASure (глава 3). Команды из этих подсистем считаются командами "верхнего" уровня, поскольку одной командой производится установка (или установка "по умолчанию") множества параметров частотомера. Команды "нижнего" уровня (например, команды стробирования) позволяют вам изменять выбранные параметры стробирования, не затрагивая других областей конфигурации частотомера.

### 5.3.1 Установка параметров стробирования

**Источник стробирования** частотомера определяет прохождение через цикл стробирования и связанные с этим параметры, которые должны учитываться. Источник стробирования требуется для всех частотных измерений, суммирования и измерений интервалов времени.

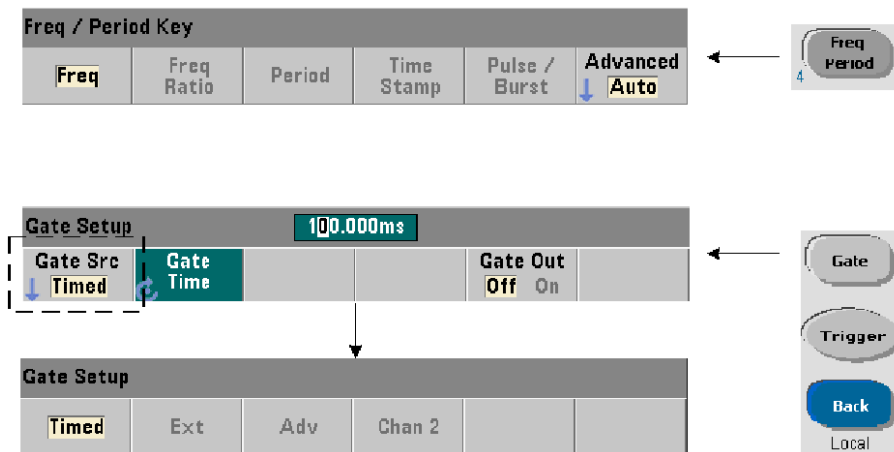
Несмотря на то, что выбор источника стробирования показан в начале цикла (рис. 5-3 и 5-4), с точки зрения программирования это должно происходить после того, как будут установлены все остальные параметры стробирования. Это предотвращает потенциальные ошибки "конфликта установок" между командами подсистемы `SENSe`, что иллюстрируется в примерах и сегментах программ, использующих эти команды.



**Рис. 5-4** Последовательность операций источника стробирования

Типичные измерения с помощью частотомера и большинство применений используют внутренний сигнал в качестве источника стробирования для управления временным селектором в течение заданного (или принятого по умолчанию) периода времени. Для применений, требующих синхронизации внешними событиями или более точного управления временным селектором, применяется внешний стробирующий сигнал или расширенное управление стробированием. Внешние стробирующие сигналы подаются на соединитель BNC "Gate In/Out" на задней панели частотомера либо на вход канала 1 или канала 2.

### 5.3.2 Измерение частоты

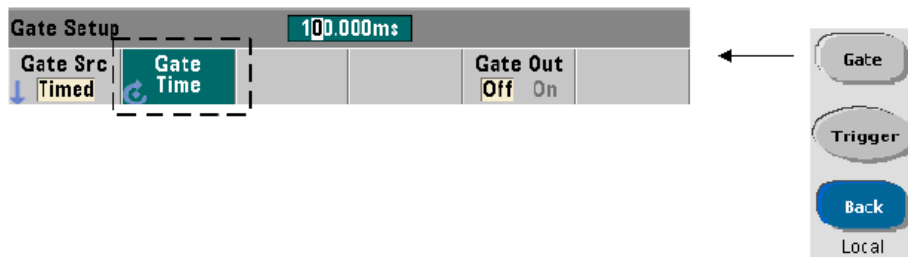


При измерениях частоты и периода для установки или изменения источника стробирования применяется команда:

```
[SENSe:] FREQuency: GATE: SOURce {TIME|EXtErnal|INPut [1]|INPut2|ADVanced}
[SENSe:] FREQuency: GATE: SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **TIME** используется для достижения желаемого разрешения в **количестве разрядов индикации**. Он использует внутренний стробирующий сигнал и является *принятым по умолчанию* источником стробирования. Он поддерживает открытое состояние временного селектора в течение заданного периода времени, когда измеряется входной сигнал. Чем больше длительность строб-импульса, тем больше разрешение.

#### Установка длительности строб-импульсов



Длительность строб-импульсов, определяющая время измерения, непосредственно задается командой:

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

Команды **CONFigure** и **MEASure** автоматически устанавливают источник стробирования на **TIME** и длительность строб-импульсов согласно дополнительным параметрам *expected value* и *resolution*. Указание этих параметров или использование с этими командами установок "по умолчанию" **упрощает** программирование частотомера.

#### Разрешение < 1 Гц

Для получения разрешения отсчетов лучше 1 Гц можно задать разрешение следующим образом. Например, измерение частотомером **53230A** частоты 5 МГц с разрешением в 1 миллигерц (10 разрядов) можно сконфигурировать так:

```
CONF:FREQ 5e6, .001, (@1) // ожидаемая частота, разрешение
```

Если после передачи этой команды запросить длительность строб-импульса, получим следующее значение:

```
SENS:FREQ:GATE:TIME?
+1.0000000000000000E-002 (10 ms)
```

Чтобы получить такое же разрешение, задавая *непосредственно* длительность строб-импульса, следует **просуммировать логарифм** ожидаемой частоты входного сигнала (в герцах) с разрешением, выраженным в количестве разрядов справа от десятичной точки:

$\log_{10}$  (ожидаемое значение (Гц)) + количество разрядов справа от десятичной точки

Таким образом:

$\log_{10} 5E6 + 3$  (т.е. .001) = 6.698 + 3  $\cong$  **9.698** разрядов

Теперь следует сопоставить это значение с данными следующей таблицы. В данном случае значение 9,698 находится в интервале

от > 1.1E-10 до < 1.1E-9

Отсюда получаем длительность строб-импульса **10 мс**.

Относительное разрешение (разряды)	Длительность строб-импульсов (53220A)	Длительность строб-импульсов (53230A)
< 1.1E-14	1000 с	1000 с
от > 1.1E-14 до $\leq$ 1.1E-13	1000 с	100 с
от > 1.1E-13 до $\leq$ 1.1E-12	100 с	10 с
от > 1.1E-12 до $\leq$ 1.1E-11	10 с	1 с
от > 1.1E-11 до $\leq$ 1.1E-10	1 с	100 мс
от > 1.1E-10 до $\leq$ 1.1E-9	100 мс	10 мс
от > 1.1E-9 до $\leq$ 1.1E-8	10 мс	1 мс
от > 1.1E-8 до $\leq$ 1.1E-7	1 мс	100 мкс
от > 1.1E-7 до $\leq$ 1.1E-6	100 мкс	10 мкс
> 1.1E-6	100 мкс	1 мкс

Таким образом:

```
// установить длительность строб-импульса и источник
SENS:FREQ:GATE:TIME 10e-3 // установить длительность строб-имп. 10 мс
SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME // установить источник стробирования
```

Аналогичным образом можно сконфигурировать частотомер **53230A** на измерение периода 5 нс (частота сигнала 200 МГц) с разрешением 15 разрядов:

```
CONF:PER 5E-9, 1E-15, (@1) // измерить период сигнала частотой 200 МГц
SENS:FREQ:GATE:TIME? // запросить длительность строб-импульса после
// установки
+1.0000000000000000E-005
```

Воспользуемся тем же алгоритмом для определения и непосредственного задания длительности строб-импульса:

$\log_{10} 5E-9 + 15$  (разрядов) = -8.3 + 15  $\cong$  **6.69**

Согласно таблице, значение 6,69 находится в интервале от > 1.1E-7 до  $\leq$  1.1E-6 для длительности строб-импульса **10 мкс**. Ожидаемое значение и разрешение для этого измерения отображается как 0.000000005000000.

### Разрешение > 1 Гц

При разрешении отсчетов > 1 Гц можно воспользоваться алгоритмом для непосредственного определения длительности строб-импульса с небольшими изменениями:

$\log_{10}$  (ожидаемое значение (Гц)) – количество ограничивающих разрядов

Например, измерение частоты 275 МГц с разрешением 10 Гц (8 разрядов) можно сконфигурировать следующим образом:

```
CONF:FREQ 275e6, 10, (@1) // ожидаемая частота, разрешение
```

Если запросить длительность строб-импульса, получим следующее значение:

```
SENS:FREQ:GATE:TIME?
+1.000000000000000E-004 (100 us)
```

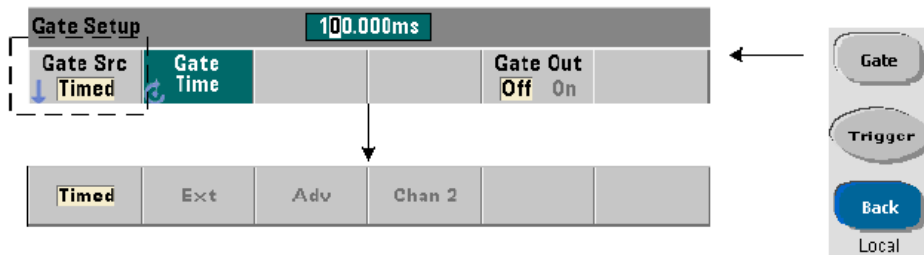
Частота 275 МГц выражается в герцах как 275000000. Чтобы получить разрешение 10 Гц при *непосредственном* задании длительности строб-импульса, следует вычесть из **логарифма** ожидаемой частоты количество разрядов, необходимых для *ограничения* разрешения:

$$\log_{10} 275E6 - 1 = 8.439 - 1 \cong 7.439 \text{ разрядов}$$

Согласно таблице, значение 7,439 находится в интервале от  $> 1.1E-8$  до  $\leq 1.1E-7$  для длительности строб-импульса **100 мкс**.

Вычитание значения 1 практически убирает индикацию единиц герц (т.е. 275,000,000), в результате чего получается разрешение в 8 разрядов индикации (10 Гц).

## Внешние источники стробирования

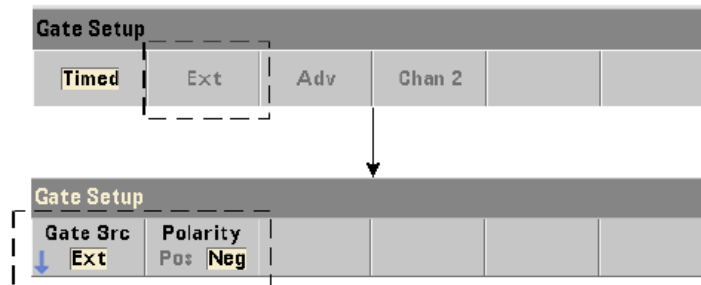


Источники стробирования **EXTernal**, **INPut[1]** и **INPut2** являются внешними источниками. Сигнал **EXTernal** подается на соединитель BNC "Gate In/Out" на задней панели частотомера, а сигналы **INPut[1]** и **INPut2** (им соответствуют функциональные клавиши **Chan 1** и **Chan 2**) подаются на вход канала 1 и канала 2.

### ПРИМЕЧАНИЕ

При применении внешнего (**EXTernal**) источника стробирования необходимо установить **OUTput:STATE OFF**. За дополнительной информацией о применении сигналов стробирования для синхронизации других приборов обращайтесь к подразделу 5.3.5.

## Полярность внешнего сигнала стробирования



При использовании внешнего источника стробирования можно установить или изменить полярность сигнала стробирования и его длительность с помощью команды:

```
[SENSe:]FREQuency:GATE:POLarity {POSitive|NEGative}
[SENSe:]FREQuency:GATE:POLarity? (форма запроса)
```

Команда с параметром **POSitive** начинает измерение на положительном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2 и останавливает измерение на **следующем** отрицательном фронте. Команда с параметром **NEGative** начинает измерение на отрицательном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2 и останавливает измерение на **следующем** положительном фронте.

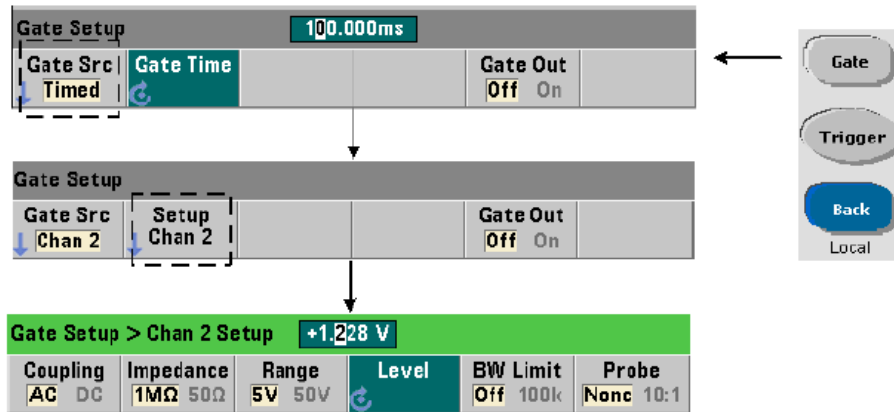


Команды `CONFIgure` и `MEASure` не изменяют установку полярности. После команды переустановки (`*RST`) или предустановки частотомера (`SYSTem:PRESet`) выбирается отрицательный фронт.

Чтобы установить полярность внешнего сигнала стробирования:

```
// выбрать полярность и источник сигнала стробирования
CONF:PER
SENS:FREQ:GATE:POL POS // установить полярность
SENS:FREQ:GATE:SOUR EXT // установить источник
```

### Порог внешнего сигнала стробирования



Для внешних источников `INPut[1]` и `INPut2` (функциональные клавиши **Chan 1** и **Chan 2**) дополнительно к полярности сигнала стробирования необходимо задать **фиксированное** пороговое напряжение. Для этого применяется команда:

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:ABSolute{<volts>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:ABSolute?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
(форма запроса)
```

Временной селектор открывается сигналом стробирования с заданным фронтом (полярностью), пересекающим порог. Временной селектор закрывается при пересечении порога противоположным фронтом сигнала. (Подробная информация о подсистеме `INPut` изложена в главе 4).

При использовании внешних источников `INPut[1]` и `INPut2` выбранный в качестве источника стробирования канал не может быть тем же самым каналом, на который подается **измеряемый** сигнал. Другими словами, канал источника стробирования не может быть задействован для измерения.

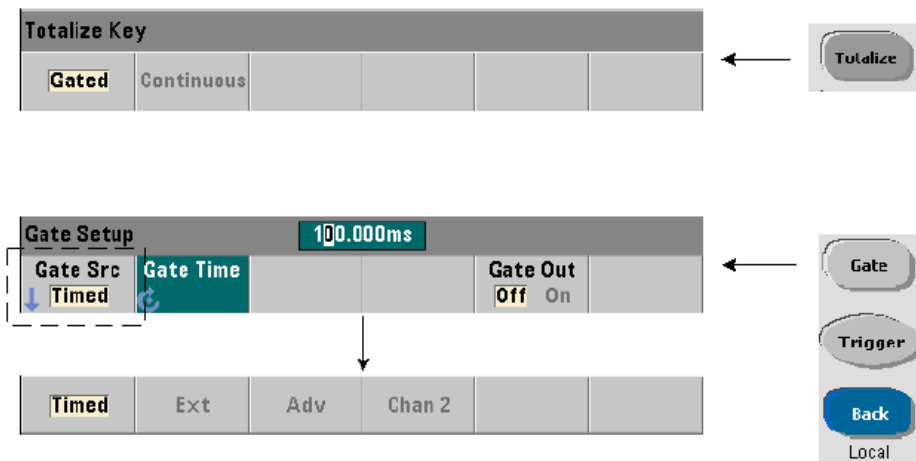
Чтобы установить полярность и пороговый уровень для внешнего источника стробирования:

```
// выбрать полярность, источник и пороговый уровень строб-сигнала
CONF:FREQ
SENS:FREQ:GATE:POL POS // установить полярность
SENS:FREQ:GATE:SOUR INP // установить источник - канал 1
INP:LEV 4 // установить порог 4 В
```

### Источник стробирования **ADVanced**

Источник стробирования **ADVanced** обеспечивает расширенные возможности управления сигналом стробирования через команды `SENSe:GATE` (см. подразделы 5.3.7 и 5.3.8).

### 5.3.3 Суммирование



#### Установка источника стробирования

Для суммирования событий (фронтов) со стробированием входные каналы конфигурируют командой:

```
CONFigure:TOTalize:TIMed
```

Для установки или изменения источника стробирования применяется команда:

```
[SENSe:]TOTalize:GATE:SOURce {TIME|EXTErnal|INPut[1]|INPut2|ADVanced}
[SENSe:]TOTalize:GATE:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **TIME** обеспечивает суммирование событий во входных каналах в течение заданного времени.

#### Установка длительности строб-импульса

Длительность строб-импульса задается командой:

```
[SENSe:]TOTalize:GATE:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|INFinity|DEFault}
[SENSe:]TOTalize:GATE:TIME? {MINimum|MAXimum|DEFault} (форма запроса)
```

Команды **CONFigure** и **MEASure** автоматически устанавливают источник стробирования на **TIME** и длительность строб-импульсов согласно параметру *gate\_time*.

Установка длительности строб-импульса и источника непосредственно для суммирования:

```
// установить длительность строб-импульса и источник
SENS:TOT:GATE:TIME 10 // установить длительность строб-импульса 10 с
SENS:TOT:GATE:SOUR TIME // установить источник стробирования
```

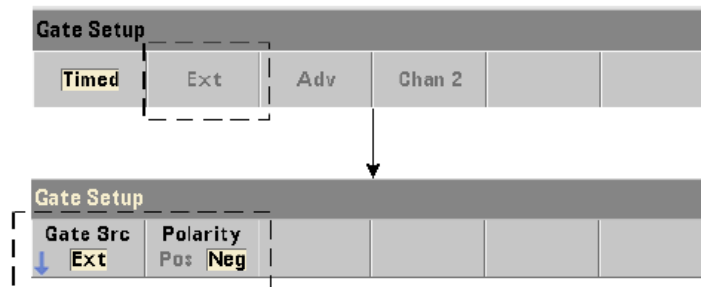
#### Внешние источники стробирования

Источники стробирования **EXTErnal**, **INPut[1]** и **INPut2** являются внешними источниками. Сигнал **EXTErnal** подается на соединитель BNC "Gate In/Out" на задней панели частотомера, а сигналы **INPut[1]** и **INPut2** (им соответствуют функциональные клавиши **Chan 1** и **Chan 2**) подаются на вход канала 1 и канала 2.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

При применении внешнего (**EXTErnal**) источника стробирования необходимо установить **OUTput:STATE OFF**. За дополнительной информацией о применении сигналов стробирования для синхронизации других приборов обращайтесь к подразделу 5.3.5.

## Полярность внешнего сигнала стробирования



При использовании внешнего источника стробирования можно установить или изменить полярность сигнала стробирования и его длительность с помощью команды:

```
[SENSe:]TOTALize:GATE:POLarity {POSitive|NEGative}
[SENSe:]TOTALize:GATE:POLarity? (форма запроса)
```

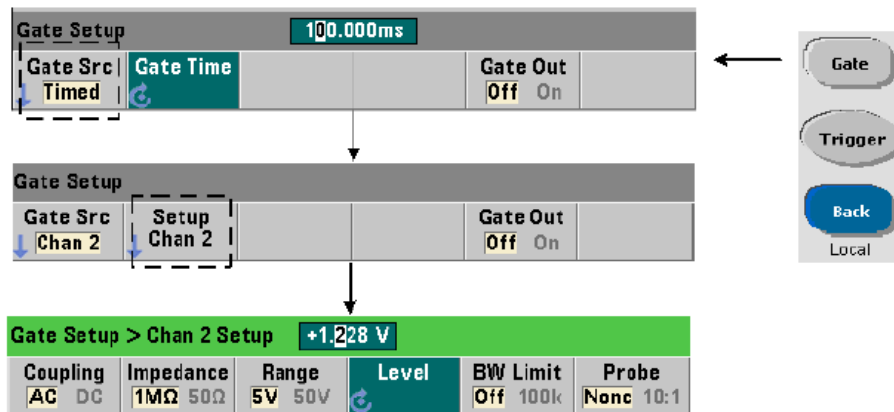
Команда с параметром POSitive начинает суммирование на положительном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2 и останавливает измерение на **следующем** отрицательном фронте. Команда с параметром NEGative начинает измерение на отрицательном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2 и останавливает измерение на **следующем** положительном фронте.

Команды CONFigure и MEASure не изменяют установку полярности. После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTem:PRESet) выбирается отрицательный фронт.

Чтобы установить полярность внешнего сигнала стробирования:

```
// выбрать полярность и источник сигнала стробирования
CONF:PER
SENS:FREQ:GATE:POL POS // установить полярность
SENS:FREQ:GATE:SOUR EXT // установить источник
```

## Порог внешнего сигнала стробирования



Для внешних источников INPut[1] и INPut2 (функциональные клавиши Chan 1 и Chan 2) дополнительно к полярности сигнала стробирования необходимо задать **фиксированное** пороговое напряжение. Для этого применяется команда:

```
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:ABSolute{<volts>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut[{1|2}]:LEVel[{1|2}]:ABSolute?[{MINimum|MAXimum|DEFault}]
(форма запроса)
```

Временной селектор открывается сигналом стробирования с заданным фронтом (полярностью), пересекающим порог. Временной селектор закрывается при пересечении порога противоположным фронтом сигнала.

При использовании внешних источников INPut[1] и INPut2 выбранный в качестве источника стробирования канал не может быть тем же самым каналом, на который подается **измеряемый** сигнал. Другими словами, канал источника стробирования не может быть задействован для измерения.

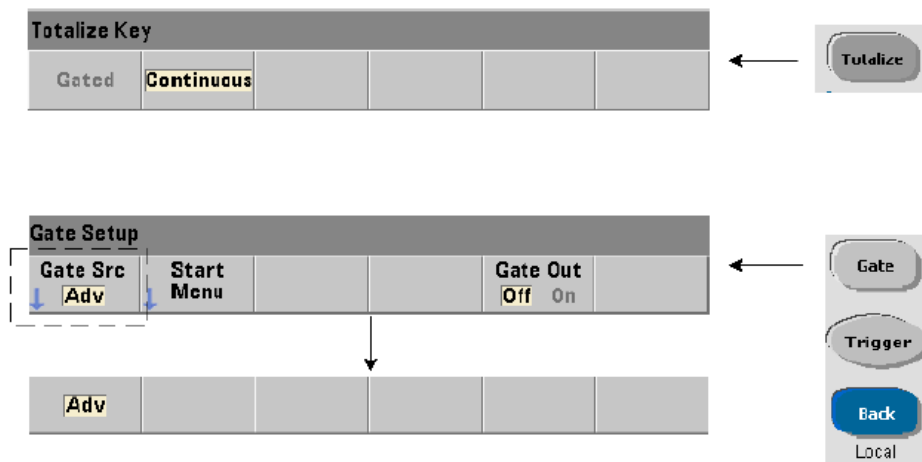
Чтобы установить полярность и пороговый уровень для внешнего источника стробирования:

```
// выбрать полярность, источник и пороговый уровень строб-сигнала
CONF:TOT:TIM
SENS:TOT:GATE:POL POS // установить полярность
SENS:TOT:GATE:SOUR INP1 // установить источник - канал 1
INP1:LEV 4 // установить порог 4 В
```

### Источник стробирования ADVanced

Источник стробирования **ADVanced** обеспечивает расширенные возможности управления сигналом стробирования через команды SENSE:GATE (см. подразделы 5.3.7 и 5.3.8).

### Непрерывное суммирование



Непрерывное суммирование задается командой

```
CONF:TOTAlize:CONTInuous
```

которая устанавливает источник стробирования на TIME и длительность стробирующего импульса на INFINITY. Эта команда устанавливает также входной порог 0,0 В и положительный фронт подлежащих суммированию событий. Обратитесь к главе 4 за описанием команд подсистемы INPut, которые применяются для изменения этих параметров.

### Считывание текущего результата суммирования

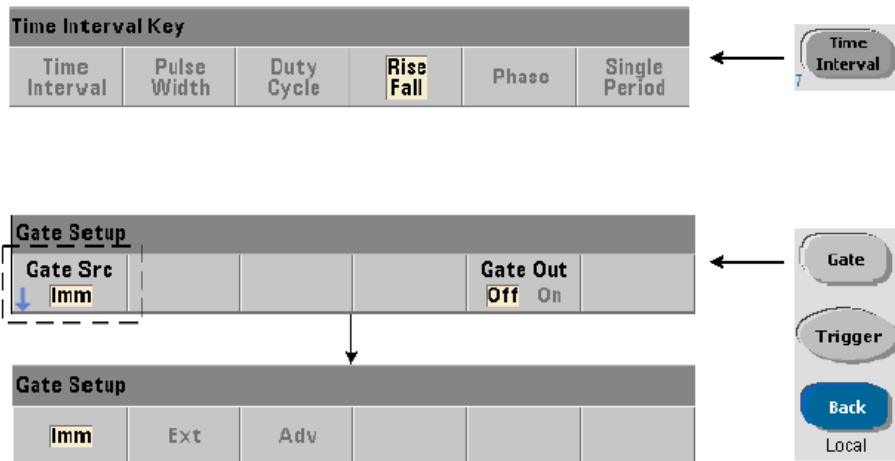
Во время непрерывного суммирования или суммирования со стробированием в течение длительного времени для считывания текущего результата можно применять команду:

```
[SENSe:]TOTAlize:DATA?
```

Например:

```
CONF:TOT:CONT // сконфигурировать непрерывное суммирование
INIT // начать измерение
.
SENS:TOT:DATA? // запросить текущий результат
.
ABOR // завершить измерение
```

### 5.3.4 Измерения интервалов времени



При измерениях интервалов времени для установки или изменения источника стробирования применяется команда:

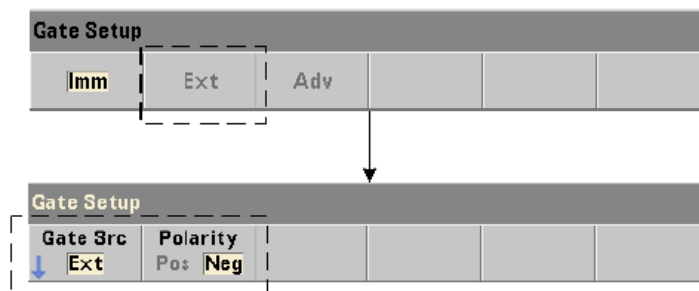
```
[SENSe:]TINteRval:GATE:SOURce {IMMediate|EXTernal|ADVanced}
[SENSe:]TINteRval:GATE:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **IMMediate** использует внутренний строб-сигнал, который начинает измерение на первом событии (фронт/уровень), заданном подсистемой INPut, и останавливает измерение на следующем заданном событии. Команды CONFIGure устанавливают источник стробирования на IMMediate.
- Источником стробирования **EXTernal** является внешний сигнал, подаваемый на соединитель "Gate In/Out" на задней панели прибора. При применении внешнего стробирования измерение начинается на первом событии пуска **после** приема внешнего стробирующего сигнала. Измерение завершается после события останова. События пуска и останова (фронт/уровень) задаются подсистемой INPut.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

При применении внешнего (**EXTernal**) источника стробирования необходимо установить OUTPUT:STATE **OFF**. За дополнительной информацией о применении сигналов стробирования для синхронизации других приборов обращайтесь к подразделу 5.3.5.

### Полярность внешнего сигнала стробирования



При использовании внешнего источника стробирования можно изменить полярность сигнала стробирования с помощью команды:

```
[SENSe:]TINteRval:GATE:POLarity {POSitive|NEGative}
[SENSe:]TINteRval:GATE:POLarity? (форма запроса)
```

Команда с параметром POSitive **разрешает** измерение временного интервала после положительного фронта сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out". Команда с параметром NEGative **разрешает** измерение временного интервала после отрицательном фронта сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out".

В любом случае измерение **начинается** на первом событии пуска после фронта строб-сигнала.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTem:PRESet) выбирается отрицательный фронт (полярность).

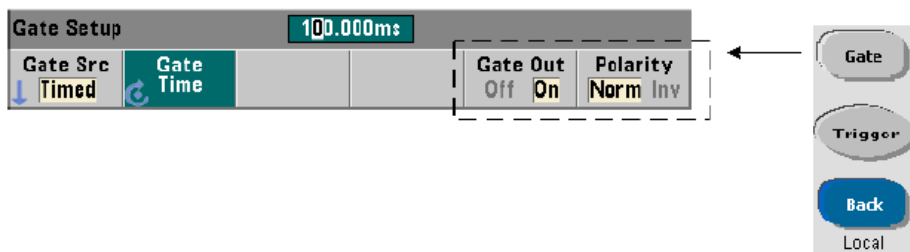
### Источник стробирования ADVanced

Источник стробирования **ADVanced** обеспечивает расширенные возможности управления сигналом стробирования через команды SENSE:GATE (см. подразделы 5.3.7 и 5.3.8).

На следующем примере показано конфигурирование измерения временного интервала, начиная с конфигурирования прибора на высоком уровне, установка событий пуска и останова, а также изменение полярности и источника стробирования.

```
// сконфигурировать прибор на измерение интервала времени
// с применением внешнего стробирования для пуска измерения
CONF:TINT (@1), (@2) // временной интервал между каналами 1 и 2
INP1:LEV1 2 // установить уровень (событие) пуска
INP1:SLOP1 POS // установить полярность события пуска
INP2:LEV1 2 // установить уровень (событие) останова
INP2:SLOP1 NEG // установить полярность события останова
SENS:TINT:GATE:POL POS // установить полярность строб-сигнала
SENS:TINT:GATE:SOUR EXT // внешний источник стробирования
```

### 5.3.5 Вывод сигналов стробирования на соединитель BNC "Gate In/Out"



Для синхронизации с другими приборами можно вывести на соединитель BNC "Gate IN/Out" на задней панели сигналы стробирования от источников TIME (внутренний), IMMEDIATE (внутренний) и INPut[1]/INPut2 (функциональные клавиши Chan 1 и Chan 2), а также задать их полярность с помощью команд:

```
OUTPut[:STATe] {OFF|ON}
OUTPut[:STATe]? (форма запроса)
```

```
OUTPut:POLarity {NORMal|INVerted}
OUTPut:POLarity? (форма запроса)
```

Команда с параметром **ON** разрешает "Gate Out" – сигналы стробирования выводятся на соединитель BNC на задней панели. Команда с параметром **OFF** отменяет "Gate Out" – соединитель BNC служит в качестве входа внешнего ("Gate In") источника стробирования. Таким образом, должно быть установлено состояние `OUTPut[:STATe] OFF`, когда используется внешний (EXternal) источник стробирования.

Параметр **NORMal** выбирает нарастающий (положительный) фронт сигнала на соединителе BNC "Gate Out", а параметр **INVerted** выбирает убывающий (отрицательный) фронт сигнала.



### 5.3.6 Измерение несущей частоты пакетных сигналов

Частотомер 53230А с опцией 106 или 115 канала 3 (СВЧ вход 6 ГГц или 15 ГГц) и опцией 150 (измерение СВЧ импульсов) обеспечивает измерение несущей частоты пакетных сигналов. Интерпретация несущей частоты пакетного сигнала показана на рис. 5-6.

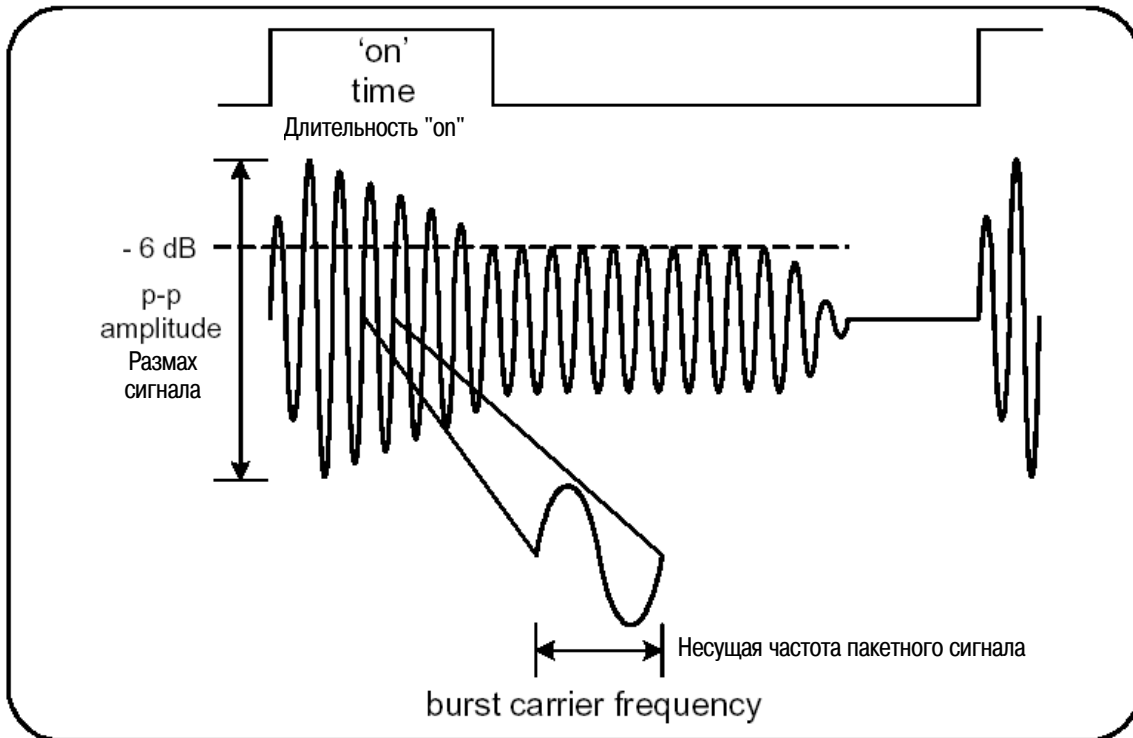
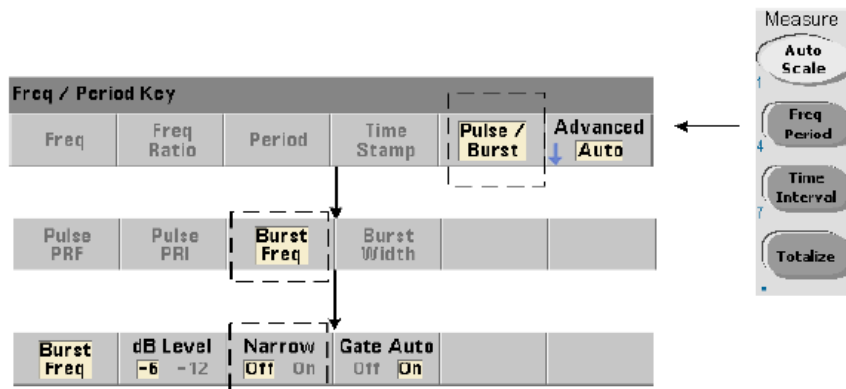


Рис. 5-6 Несущая частота пакетного сигнала (порог –6 дБ)

#### ПРИМЕЧАНИЕ

За дополнительной информацией о характеристиках пакета импульсов обращайтесь к подразделу 4.2.6.

#### Установка режима измерения коротких импульсов



Для измерения несущей частоты при длительности "on" < 10 мкс следует установить режим измерения коротких импульсов с помощью команды:

```
[SENSe:] FREQuency: BURSt: GATE: NARRow {OFF|ON}
```

```
[SENSe:] FREQuency: BURSt: GATE: NARRow?
```

(форма запроса)

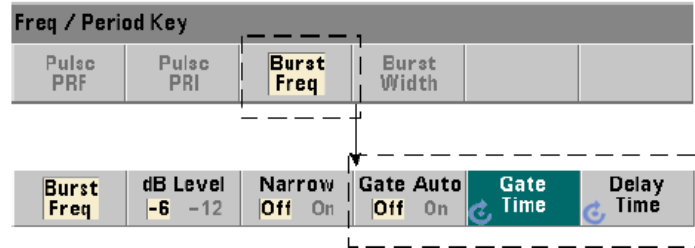
ON вводит в действие режим измерения коротких импульсов при длительности "on" < 10 мкс. Когда задействован этот режим, **всегда** применяется автоматическая установка стробирования:

```
(SENSe: FREQuency: BURSt: GATE: AUTO ON)
```

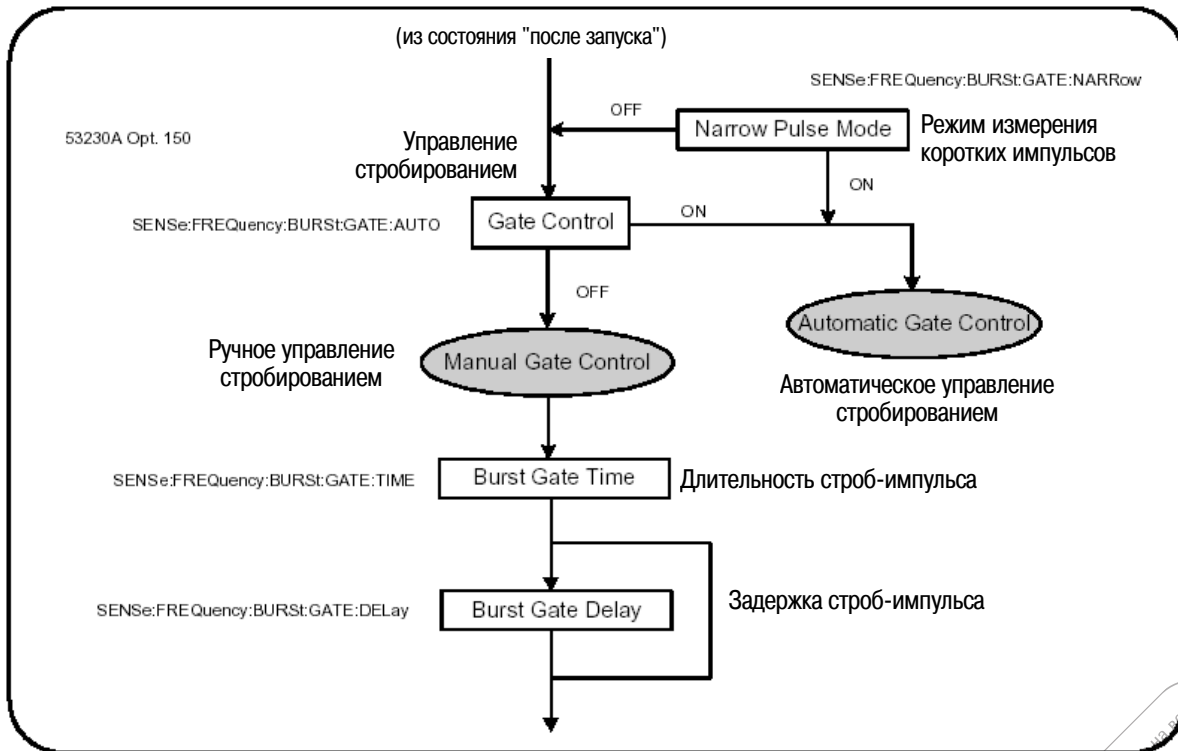
OFF отключает режим измерения коротких импульсов. При длительности "on" > 20 мкс этот режим **должен быть** отключен.

После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem:PREset или клавишей **Preset** отключается режим измерения коротких импульсов.

**Управление стробированием при измерении несущей частоты**



Управление стробированием при измерении несущей частоты может осуществляться автоматически во время измерения или вручную, как показано на рис. 5-7.



**Рис. 5-7** Управление стробированием при измерении несущей частоты

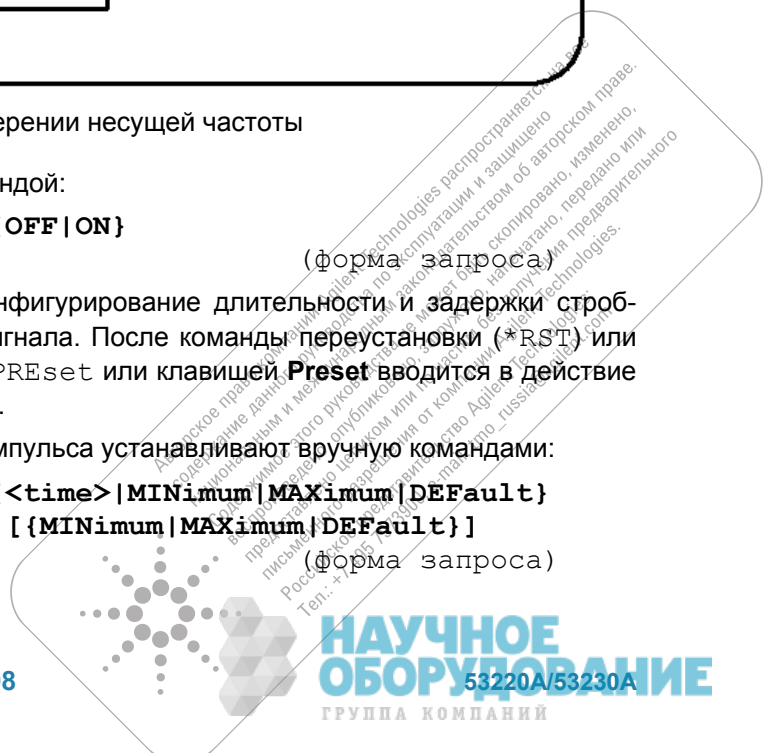
Способ управления стробированием задается командой:

```
[SENSe:] FREQuency: BURSt: GATE: AUTO {OFF|ON}
[SENSe:] FREQuency: BURSt: GATE: AUTO? (форма запроса)
```

В состоянии ON производится автоматическое конфигурирование длительности и задержки строб-импульса на основе характеристик импульсного сигнала. После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem:PREset или клавишей **Preset** вводится в действие (ON) автоматическое управление стробированием.

В состоянии OFF длительность и задержку строб-импульса устанавливают вручную командами:

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



```
[SENSe:] FREQuency: BURSt: GATE: DELay {<delay>|MINimum|MAXimum DEFault}
[SENSe:] FREQuency: BURSt: GATE: DELay? [{MINimum|MAXimum|DEFault}]
```

(форма запроса)

- Параметр **time** задает длительность строб-импульсов для измерений несущей частоты импульсных пакетов. Для получения точных результатов необходимо, чтобы окно строб-импульсов (открыто-закрыто) находилось в пределах диапазона порогов детектора (–6 дБ, –12 дБ). Диапазон значений **time**: 1 мкс ÷ 100 мкс с разрешением 10 нс.

После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem: PREset или клавишей **Preset** устанавливается длительность строб-импульсов 1 мкс.

- Параметр **delay** задает задержку строб-импульса в начале измерения. Задержка отсчитывается с момента достижения входным сигналом порога детектора (–6 дБ, –12 дБ), установленного командой INPut3: BURSt: LEVel. Диапазон значений **delay**: 0 ÷ 10 секунд с разрешением 10 нс.

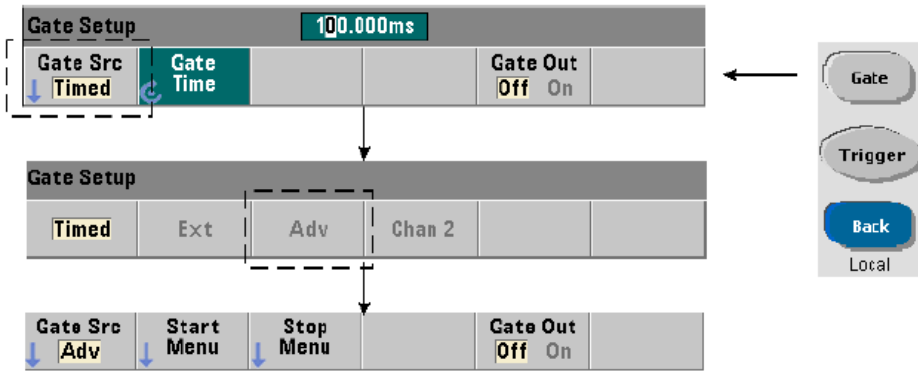
После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTem: PREset или клавишей **Preset** устанавливается длительность задержки 0,0 с.

### Пример конфигурирования измерений несущей частоты

Следующий пример иллюстрирует типичную конфигурацию для измерения несущей частоты пакетных сигналов. В этом примере производится ручная установка значений задержки и длительности строб-импульса. Если характеристики импульсов неизвестны, то можно отдельно измерить длительность "on", чтобы обеспечить установку задержки и длительности строб-импульса в пределах диапазона порогов детектора (за примерами импульсных измерений обращайтесь к главе 3).

```
// измерить длительность пакета для определения подходящих значений
// задержки и длительности строб-импульса
CONF:PWID:BURS (@3)
  INP3:BURS:LEV -6
READ?
.
.
// измерить несущую частоту пакета
CONF:FREQ:BURS (@3)
  INP3:BURS:LEV -6 // установить пороговый уровень детектора
  SENS:FREQ:BURS:GATE:NARR OFF // отключить режим коротких импульсов
  SENS:FREQ:BURS:GATE:AUTO OFF // вручную установить задержку
  // и длительность строб-импульса
  SENS:FREQ:BURS:GATE:DEL 5E-6 // установить задержку строба
  SENS:FREQ:BURS:GATE:TIME 10E-6 // установить длительность строба
READ?
```

### 5.3.7 Расширенное управление стробированием – пуск стробирования



Установка источника стробирования на ADVanced при конфигурировании измерений частоты, суммирования и измерений интервалов времени вводит в действие **дополнительное** управление (пуск/останов) стробированием измерений. Рис. 5-8 воспроизводит часть цикла запуска и стробирования, показанного на рис. 5-2, связанную с источником пуска стробирования.

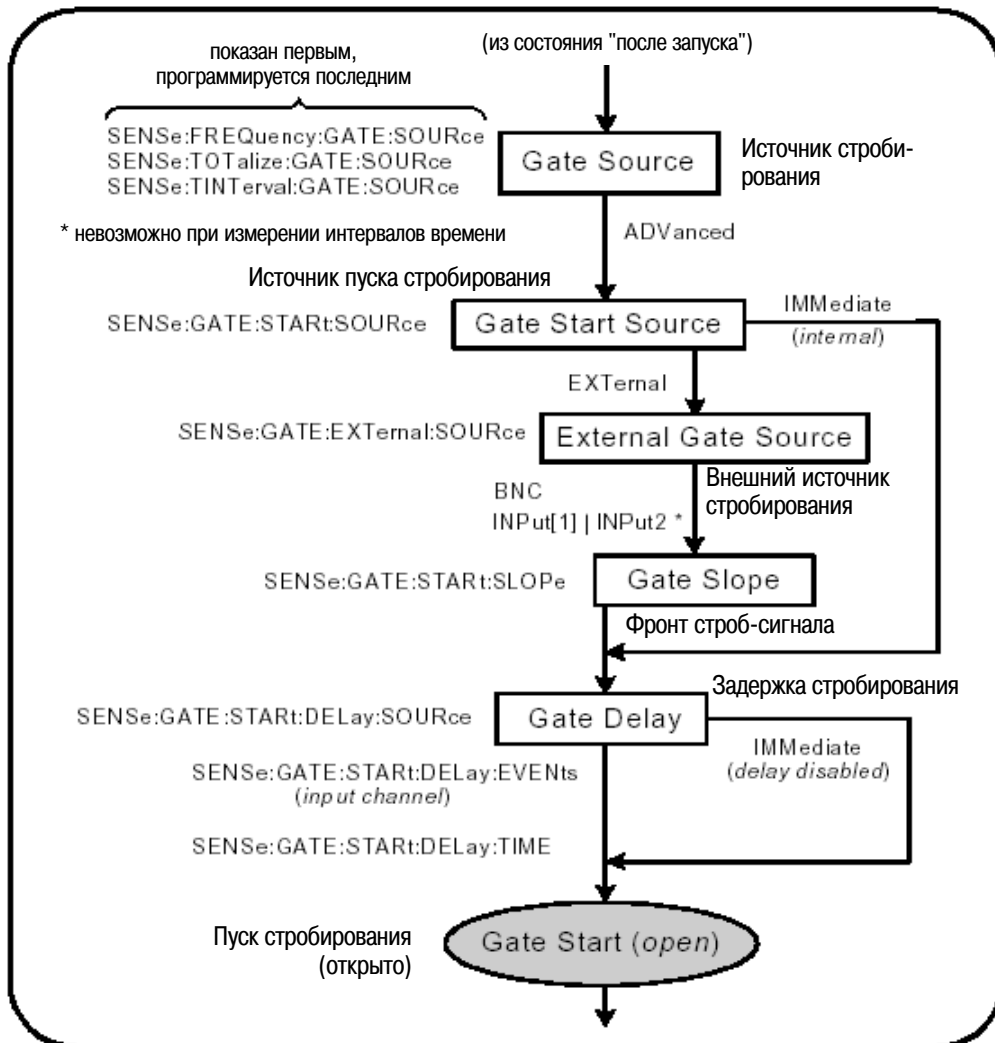
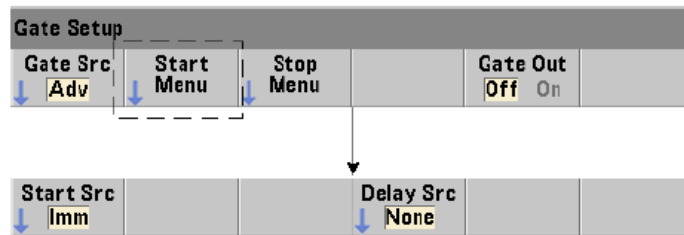


Рис. 5-8 Последовательность пуска стробирования

## Источник пуска стробирования



Для установки источника пуска стробирования (открывания временного селектора) применяется специальная команда:

```
[SENSe:]GATE:START:SOURce {IMMEdiate|EXTernal}
[SENSe:]GATE:START:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **IMMEdiate** открывает временной селектор измерений сразу же после приема сигнала системного запуска и после запрограммированной задержки системного запуска и пуска стробирования.
- Источник стробирования **EXTernal** позволяет задать источник стробирования командой:

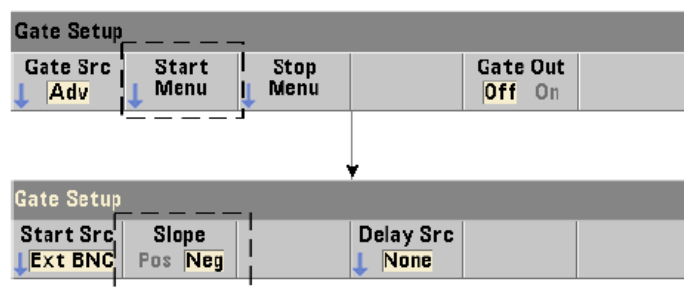
```
[SENSe:]GATE:EXTernal:SOURce {BNC|INPut[1]|INPut2}
[SENSe:]GATE:EXTernal:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **BNC** – это соединитель BNC "Gate In/Out" на задней панели частотомера.
- Источники стробирования **INPut[1]** и **INPut2** – это входы каналов 1 и 2 частотомера (им соответствуют функциональные клавиши **Chan 1** и **Chan 2**). **Эти источники недоступны при изменениях интервалов времени, длительности импульсов, коэффициента заполнения, времени нарастания-спада и фазового сдвига.**

### ПРИМЕЧАНИЕ

При применении внешнего (**EXTernal**) источника стробирования необходимо установить **OUTput:STATE OFF**. За дополнительной информацией о применении сигналов стробирования для синхронизации других приборов обращайтесь к подразделу 5.3.5.

## Полярность внешнего сигнала пуска стробирования



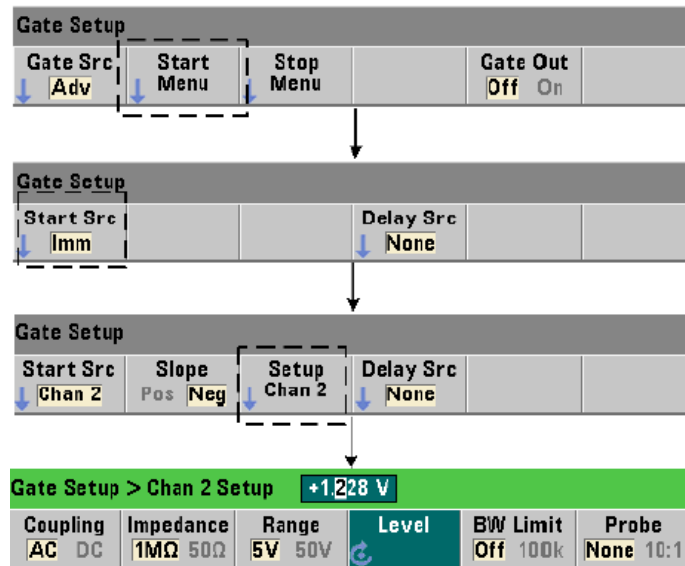
При применении перечисленных выше источников внешнего стробирования применяется следующая команда для установки (изменения) полярности сигнала пуска стробирования:

```
[SENSe:]GATE:START:SLOPe {POSitive|NEGative}
[SENSe:]GATE:START:SLOPe? (форма запроса)
```

Команда с параметром **POSitive** открывает временной селектор на положительном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2. Команда с параметром **NEGative** начинает измерение на отрицательном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2. Временной селектор закрывается на основе соответствующих установок параметров останова стробирования.

После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой **SYSTEM:PREset** или клавишей **Preset** выбирается отрицательный фронт.

## Пороговое значение внешнего сигнала пуска стробирования



Дополнительно к установке фронта сигнала стробирования для внешних источников INPut[1] и INPut2 (функциональные клавиши Chan 1 и Chan 2) можно также задать **фиксированное** входное пороговое напряжение. Для этого применяется следующая команда:

```
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:ABSolute {<volts>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut [{1|2}]:LEVel [{1|2}]:ABSolute ? [ {MINimum|MAXimum|DEFault}
(форма запроса)
```

Временной селектор открывается сигналом стробирования с заданным фронтом (полярностью), пересекающим порог. (Подробная информация о подсистеме INPut изложена в главе 4).

При использовании внешних источников INPut[1] и INPut2 выбранный в качестве источника стробирования канал не может быть тем же самым каналом, на который подается **измеряемый** сигнал. Другими словами, канал источника стробирования не может быть задействован для измерения.

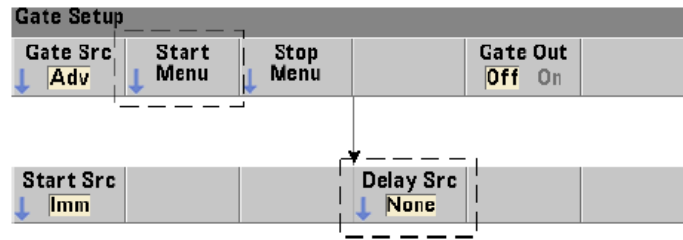
## Пример конфигурирования пуска стробирования

Следующий пример иллюстрирует управление пуском стробирования с применением команд нижнего уровня для установки нескольких параметров.

```
// сконфигурировать частотомер на измерение частоты с внешним
// стробированием. Сигнал пуска стробирования подается на соединитель
// BNC "Gate IN" на задней панели.
CONF:FREQ (@2) // измерение частоты в канале 2
TRIG:SOUR INT // применять внутренний источник запуска
SAMP:COUN 3 // задать 3 отсчета (цикла стробирования)
SENS:GATE:STAR:SOUR EXT // установить внешний источник стробирования
SENS:GATE:EXT:SOUR EXT // выбрать соединитель BNC "Gate IN"
OUTP:STAT OFF // отключить BNC как выход
SENS:GATE:STAR:SLOP POS // установить положительный фронт
// сигнала пуска стробирования
SENS:FREQ:GATE SOUR ADV //управление стробированием на нижнем уровне
```



## Установка задержки пуска стробирования



При использовании внутреннего (IMMediate) или внешнего сигнала для пуска стробирования (открывания временного селектора) можно задать задержку с момента приема сигнала до открывания временного селектора. Источник задержки и его параметры устанавливаются командой:

```
[SENSe:]GATE:START:DELAy:SOURCE {IMMediate|EVENTs|TIME}
[SENSe:]GATE:START:DELAy:SOURCE? (форма запроса)
```

- Источник задержки **IMMediate** отменяет установки параметров задержки; при этом отсутствует задержка стробирования. Команды **CONFIgure** и **MEASure** не изменяют установку источника задержки. После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой **SYSTem:PREset** или клавишей **Preset** выбирается источник задержки **IMMediate**.
- Источник задержки **EVENTs** задерживает пуск стробирования (открывание временного селектора) до момента возникновения **во входном канале** заданного количества событий (фронтов), как это сконфигурировано командами подсистемы **INPut**. При двухканальных измерениях временных интервалов производится счет событий задержки в пусковом ("start") канале. При измерениях отношения частот производится счет событий задержки в канале знаменателя.

Количество событий задается командой:

```
[SENSe:]GATE:START:DELAy:EVENTs {<count>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[SENSe:]GATE:START:DELAy:EVENTs? (форма запроса)
```

- Источник задержки **TIME** задерживает пуск стробирования (открывание временного селектора) на время, заданное командой:

```
[SENSe:]GATE:START:DELAy:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[SENSe:]GATE:START:DELAy:TIME?
```

### 5.3.8 Расширенное управление стробированием – останов стробирования и задержка останова стробирования

Расширенное управление стробированием включает в себя также (дополнительно) ввод в действие задержки останова стробирования и установку параметров останова стробирования (закрывания временного селектора). Рис. 5-9 воспроизводит часть цикла запуска и стробирования, показанного на рис. 5-2, связанную с задержкой останова стробирования и остановом стробирования.

#### Задержка останова стробирования

Здесь вносится задержка закрывания временного селектора на определенное время или до момента возникновения заданного количества событий (фронтов) **во входном канале**.

При суммирующих измерениях или при указании времени задержки отсчет задержки начинается с момента **открывания** временного селектора. При всех прочих измерениях или при указании задержки на определенное количество входных событий отсчет задержки начинается с *первого* события *после открывания* временного селектора (рис. 5-1).

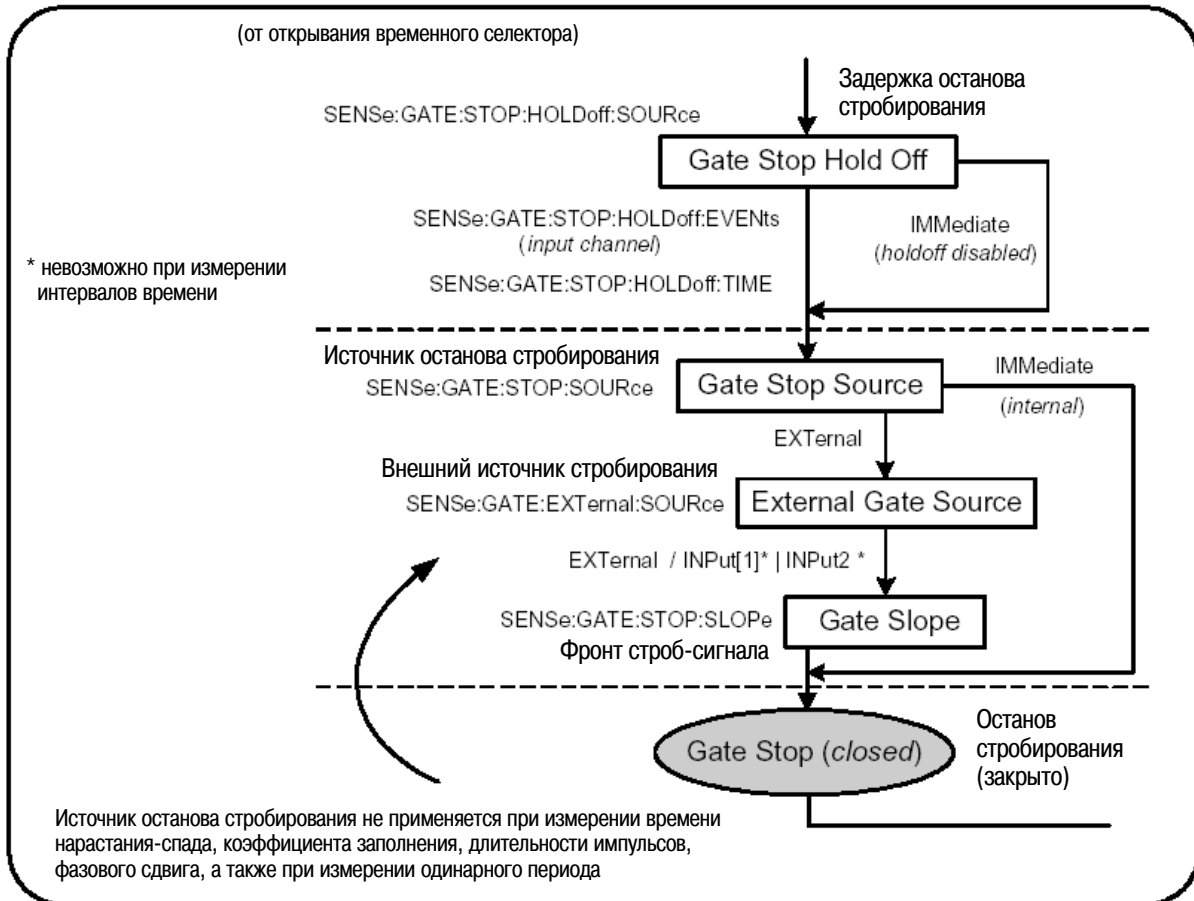
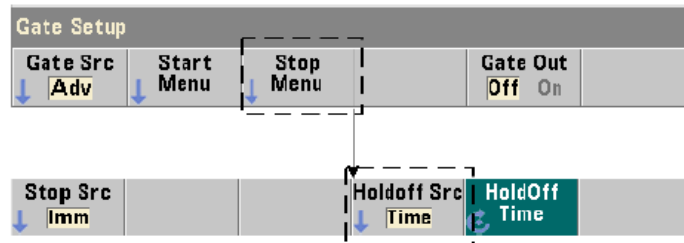


Рис. 5-9 Последовательность задержки останова стробирования и останова стробирования

### Источник задержки останова стробирования



Источник задержки останова стробирования и его параметры устанавливают командами:

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:SOURce {IMMediate|EVENTs|TIME}
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник задержки **IMMediate** отменяет установки параметров задержки; при этом отсутствует **задержка** останова стробирования. Временной селектор закрывается сразу же, когда будет выполнено условие, определенное параметрами останова стробирования.

Команды **CONFIgure** и **MEASure** не изменяют установку источника задержки. После команды переустановки (**\*RST**) или после предустановки прибора командой **SYSTem:PREset** или клавишей **Preset** выбирается источник задержки **IMMediate** (т.е. отменяется задержка).

- Источник задержки **EVENTs** задерживает останов стробирования (закрывание временного селектора) до момента возникновения **во входном канале** заданного количества событий (фронтов), как это сконфигурировано командами подсистемы **INPut**. При двухканальных измерениях временных интервалов производится счет событий задержки в канале останова ("stop"). При измерениях отношения частот производится счет событий задержки в канале знаменателя.

Количество событий задается командой:

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:EVENTs {<count>|MINimum|MAXimum|DEFault}
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:EVENTs? (форма запроса)
```

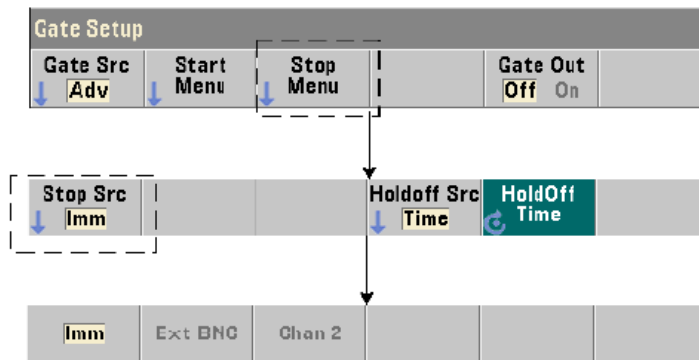
- Источник задержки **TIME** задерживает останов стробирования (закрывание временного селектора) на время, заданное командой:

```
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:TIME {<time>|MINimum|MAXimum|INFINITY| DEFault}
[SENSe:]GATE:STOP:HOLDoff:TIME? (форма запроса)
```

Имейте в виду, что при измерении частоты, отношения частот, среднего периода, частоты и периода повторения импульсов минимальная задержка останова стробирования (закрывания временного селектора) составляет 100 мкс у прибора 53220A и 1 мкс у прибора 53230A.

Значение **INFINITY** или **+9.9E+37** приемлемо **только** для измерительной функции суммирования (TOTALize). Когда выбрано это значение, временной селектор остается открытым, пока не будет получена команда ABORT, \*RST или "device clear".

### Источник останова стробирования



Источник останова стробирования определяет, когда закрывается временной селектор **после** задержки останова стробирования.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Установка источника останова стробирования не применяется к измерениям времени нарастания и спада, коэффициента заполнения, длительности импульсов, фазового сдвига и одинарного периода. Эти измерения автоматически завершаются на следующем приемлемом фронте сигнала во входном канале.

Для установки источника останова стробирования применяется специальная команда:

```
[SENSe:]GATE:STOP:SOURce {IMMEDIATE|EXTERNAL}
[SENSe:]GATE:STOP:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **IMMEDIATE** закрывает временной селектор измерений сразу же после задержки останова стробирования.
- Источник стробирования **EXTERNAL** позволяет задать источник останова стробирования командой:

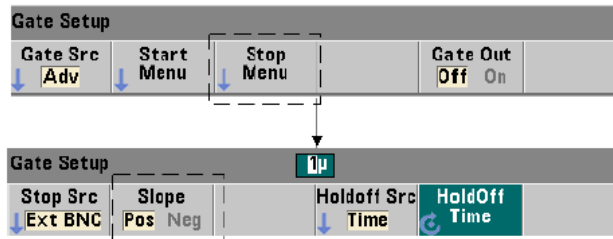
```
[SENSe:]GATE:EXTERNAL:SOURce {EXTERNAL|INPUT[1]|INPUT2}
[SENSe:]GATE:EXTERNAL:SOURce? (форма запроса)
```

- Источник стробирования **EXTERNAL** – это соединитель BNC "Gate IN/Out" на задней панели частотомера.
- Источники стробирования **INPUT[1]** и **INPUT2** – это входы каналов 1 и 2 частотомера (на передней или задней панели – опция 201). Эти источники недоступны при измерениях интервалов времени.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

При применении внешнего (EXTERNAL) источника стробирования необходимо установить OUTPUT:STATE OFF. За дополнительной информацией о применении сигналов стробирования для синхронизации других приборов обращайтесь к подразделу 5.3.5.

Команды CONFIGure и MEASure не изменяют установку источника **останова стробирования**. После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTEM:PREset или клавишей **Preset** выбирается внешний (EXTERNAL) источник **останова стробирования**.

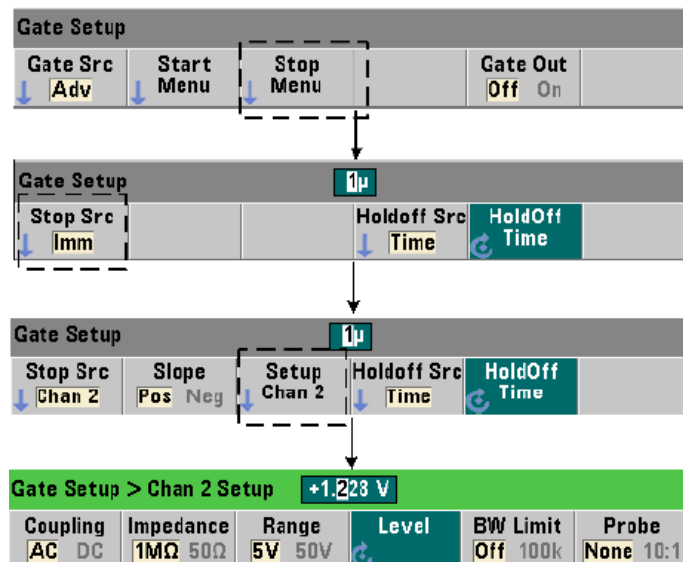
**Полярность внешнего сигнала останова стробирования**

При применении перечисленных выше источников внешнего стробирования применяется следующая команда для установки (изменения) полярности сигнала **останова стробирования**:

[SENSe:]GATE:STOP:SLOPe {POSitive|NEGative}  
[SENSe:]GATE:STOP:SLOPe? (форма запроса)

Команда с параметром **POSitive** закрывает временной селектор на положительном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2. Команда с параметром **NEGative** останавливает измерение на отрицательном фронте сигнала на соединителе BNC "Gate In/Out" или на входе канала 1 / канала 2.

Команды CONFIGure и MEASure не изменяют установку полярности (фронта сигнала). После команды переустановки (\*RST) или после предустановки прибора командой SYSTEM:PREset или клавишей **Preset** выбирается положительный фронт.

**Пороговое значение внешнего сигнала останова стробирования**

Дополнительно к установке фронта сигнала стробирования для внешних источников INPut [1] и INPut2 (функциональные клавиши **Chan 1** и **Chan 2**) можно также задать **фиксированное** входное пороговое напряжение.

Для этого применяется следующая команда:

```
INPut [{1|2}] :LEVel [{1|2}] [:ABSolute] {<volts>|MINimum|MAXimum|DEFault}
INPut [{1|2}] :LEVel [{1|2}] [:ABSolute] ? [ {MINimum|MAXimum|DEFault}
                                         (форма запроса)
```

Временной селектор закрывается сигналом стробирования с заданным фронтом (полярностью), пересекающим порог. (Подробная информация о подсистеме INPut изложена в главе 4).

При использовании внешних источников INPut[1] и INPut2 выбранный в качестве источника стробирования канал не может быть тем же самым каналом, на который подается **измеряемый** сигнал. Другими словами, канал источника стробирования не может быть задействован для измерения.

### Пример конфигурирования задержки останова и останова стробирования

Следующий пример показывает последовательность, которая обычно применяется для конфигурирования задержки останова и останова стробирования с применением команд нижнего уровня.

```
// сконфигурировать частотомер на измерение интервала времени
// с внешним стробированием. Сигналы пуска и останова стробирования
// подаются на соединитель BNC 'Gate In' на задней панели. Закрывание
// временного селектора задерживается на 1 секунду после приема
// сигнала останова стробирования.
//
CONF:TINT (@1), (@2) // измерение интервала времени канал 1 - канал 2
TRIG:SOUR INT      // использовать внутренний источник запуска
TRIG:COUN 1        // задать одно событие запуска
SAMP:COUN 2        // задать 2 отсчета (цикла стробирования)
SENS:GATE:STAR:SOUR EXT // установить внешний источник стробирования
SENS:GATE:EXT:SOUR EXT // выбрать соединитель BNC 'Gate In'
SENS:GATE:STAR:SLOP POS // установить положительный фронт сигнала
                        // пуска стробирования
OUTP:STAT OFF      // отключить BNC как выход
//
//
// сконфигурировать задержку останова и останов стробирования
//
SENS:GATE:STOP:HOLD:SOUR TIME // источник задержки
SENS:GATE:STOP:HOLD:TIME 1 //задержка закрывания врем. селектора 1 с
SENS:GATE:STOP:SOUR EXT // внеш. источник останова стробирования
SENS:GATE:EXT:SOUR EXT // выбрать BNC 'Gate In' на задней панели
SENS:GATE:STOP:SLOP POS // выбрать положит. полярность источника
                        // останова стробирования
SENS:TINT:GATE SOUR ADV // управление стробированием на ниж. уровне
READ? // инициировать частотомер и снять отсчет
```

### 5.3.9 Автоматическое продление строб-импульсов

При измерениях **частоты** и **периода** в приборах 53220A/53230A реализуется автоматическое продление строб-импульсов, при котором измерение завершается через *одно* событие (фронт **входного сигнала**) *после* останова стробирования (закрывания временного селектора). Таким образом, количество отсчетов (SAMPle:COUNt) не увеличивается и не вызывает потенциального изменения в цикле запуска и стробирования (рис. 5.2), пока не закончится продление строб-импульса.

## 6 Математические функции, графики и регистрация данных

Математические функции позволяют вам масштабировать показания, производить допусковый контроль и выполнять статистический анализ данных. Графические функции позволяют вычислять и выводить на дисплей гистограммы и графики тренда результатов измерений **в реальном масштабе времени**.

В этой главе описано применение этих функций с помощью команд SCPI из подсистемы CALCulate и клавиш **Math**, **Graph** и **Data Log**.

### 6.1 Математические функции

Математические функции частотомера 53220A/53230A включают в себя сглаживание, обнуление/масштабирование и допусковый контроль. На рис. 6-1 показана функциональная схема операций с этими функциями.

Математические функции вводятся в действие на двух уровнях:

- 1) Вводится в действие подсистема CALCulate[1] в целом;
- 2) Вводятся в действие отдельные математические операции.

Математические операции начинаются, как только будет инициировано измерение командой INITiate:IMMediate или READ? или когда будет выбрана операция на передней панели (с внутренним запуском). Отсчеты обрабатываются в реальном масштабе времени, выводятся на индикацию, записываются в память отсчетов и посылаются в буфер вывода (без дополнительной обработки данных из памяти отсчетов).

Количество отсчетов, обрабатываемых при данном цикле запуска (см. главу 5), определяется количеством событий запуска (TRIGger:COUNT) и количеством отсчетов для каждого события запуска (SAMPle:COUNT). **По умолчанию каждой командой устанавливается равное 1 количество событий запуска и количество отсчетов для каждого события запуска.** Всякий раз при инициализации частотомера очищается память отсчетов и генерируется новый набор математически обработанных данных. При управлении прибором с передней панели производится непрерывная обработка отсчетов, если сохраняется принятая по умолчанию установка внутреннего (INTernal) источника запуска.

Описанные в этой главе математические и графические функции вводятся в действие (подключаются) индивидуально (рис. 6-1). Тем не менее можно подключать несколько операций одновременно на одном и том же наборе отсчетов.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Перечисленные в этом разделе команды SCPI и параметры служат для демонстрации возможностей управления частотомером программным путем. Подробное описание команд содержится в разделе "Programmer's Reference" ("Справочник программиста") на компакт-диске Agilent 53210A/53220A/ 53230A Product Reference.

Авторское право компании Agilent Technologies распространяется на все содержание данного руководства по эксплуатации и защищено национальным и международным законодательством об авторском праве. Содержание этого руководства не может быть скопировано, изменено, воспроизведено, опубликовано, загружено, напечатано, передано или предоставлено целиком или по частям без получения предварительного письменного разрешения от компании Agilent Technologies. Российское представительство Agilent Technologies, e-mail: tmo\_russia@agilent.com, Тел.: +7 495 7973900.



**НАУЧНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

53220A/53230A



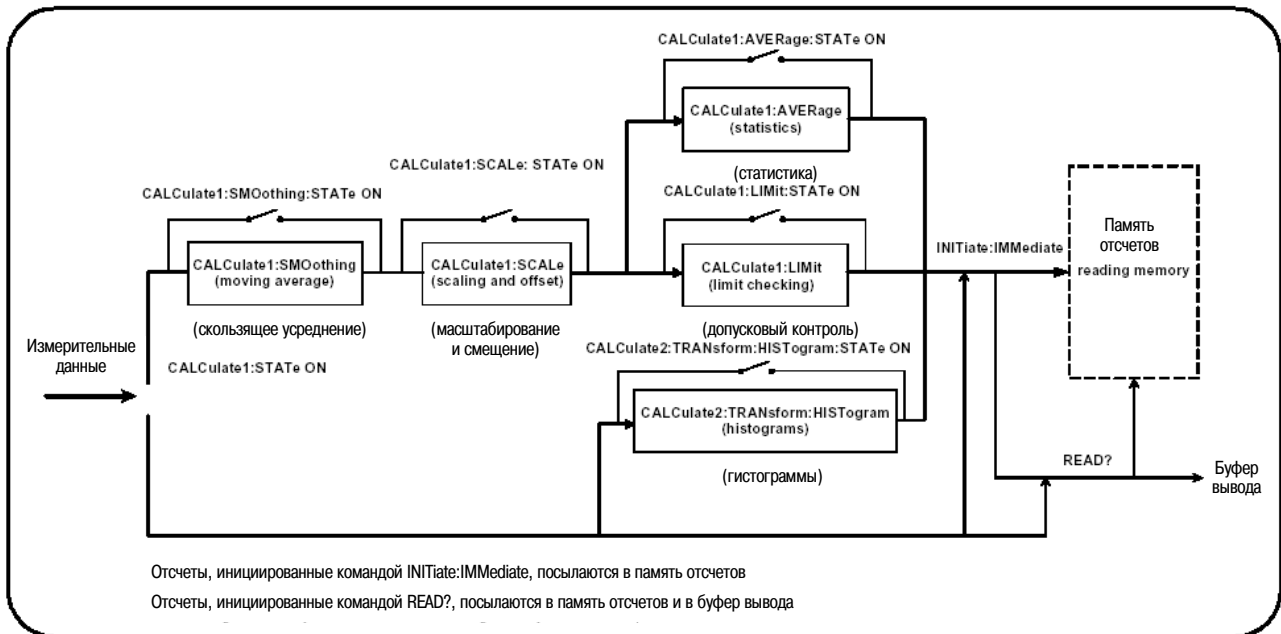


Рис. 6-1 Подключение математических операций

### 6.1.1 Подключение подсистемы CALCulate1

Отдельные математические операции требуют подключения подсистемы `CALCulate1` и определенной математической операции до выполнения операции. Для подключения подсистемы `CALCulate1` применяется команда:

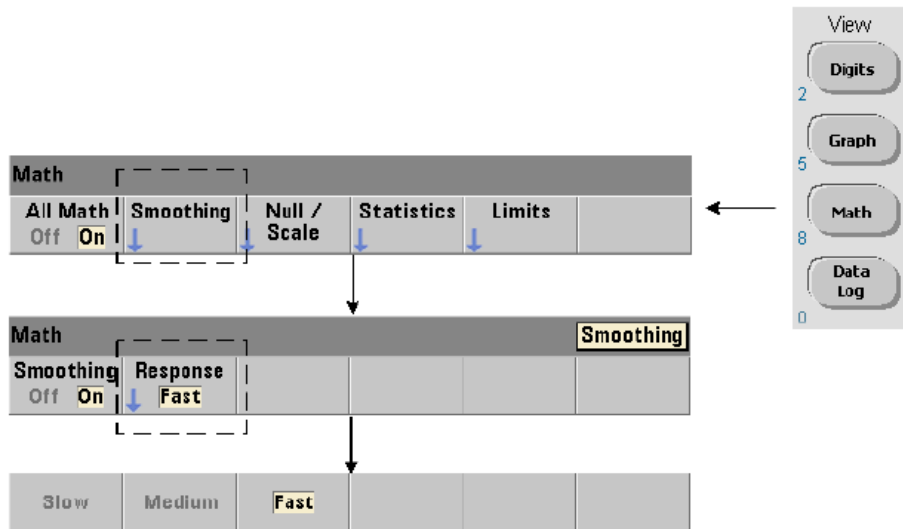
```
CALCulate[1][:STATE] {OFF|ON}
CALCulate[1][:STATE]?
```

(форма запроса)

Команда `ON` подключает подсистему, а `OFF` отключает подсистему. Когда подсистема отключена, измерительные данные посылаются непосредственно в буфер вывода и/или в память отсчетов без выполнения математических операций **независимо от подключенных математических операций**.

Команда переустановки (`*RST`), предустановки частотомера (`SYSTem:PRESet`) или изменение измерительной функции приводит к отключению подсистемы `CALCulate1`.

## 6.1.2 Сглаживание данных



Перед выполнением математических операций с поступающими данными они могут быть подвергнуты сглаживанию (smoothing) и масштабированию (scaling).

Для **снижения случайных шумов** можно ввести в тракт обработки данных полосовой фильтр для скользящего усреднения (рис. 6-1). Чтобы подключить этот фильтр и задать кратность усреднения (реакцию фильтра), применяются 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)
```

Команда **ON** подключает (вводит в тракт обработки данных) усредняющий фильтр; команда **OFF** отключает этот фильтр. Команды переустановки (\*RST) и предустановки (SYSTEM:PRESet) отключают этот фильтр.

Кратность усреднения (количество усредняемых отсчетов) задается как реакция фильтра:

**SLOW** – 100 отсчетов: с изменением  $\pm 100$  ppm, необходимым для перезапуска фильтра  
**MEDIum** – 50 отсчетов: с изменением  $\pm 300$  ppm, необходимым для перезапуска фильтра  
**FAST** – 10 отсчетов: с разрешением  $\pm 1000$  ppm, необходимым для перезапуска фильтра

Фильтр перезапускается, когда переключается измерительная функция или канал, когда иницируется другой набор отсчетов или когда результат измерения выходит за пределы диапазона, соответствующего заданной кратности усреднения (SLOW, MEDIum, FAST).

После перезапуска фильтра отсчет представляет собой результат усреднения всех отсчетов до заданной реакции фильтра (10, 50 или 100 отсчетов). С этого момента отсчет будет представлять собой скользящее среднее значение последних 10, 50 или 100 измерений. Здесь применяется равномерное взвешивание для всех отсчетов в усредняемом наборе данных.

Команда переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) устанавливает реакцию фильтра FAST.

### Пример сглаживания данных

```
// измерение частоты ожидаемого сигнал 1 кГц - канал 1
// снизить шум у 5000 отсчетов
CONF:FREQ 1E3, (@1)
SAMP:COUN 5000           // снять 5000 отсчетов
CALC:STAT ON            // подключить подсистему CALCulate1
CALC:SMO:STAT ON       // подключить усредняющий фильтр
CALC:SMO:RESP SLOW     // усреднять 100 отсчетов
INIT
```

### 6.1.3 Функции масштабирования

Когда **подключено** масштабирование (scaling), то статистический анализ, допусковый контроль, гистограммы и графики тренда используют **масштабированные** данные. На рис. 6-2 показан вид дисплея при подключенных функциях масштабирования.

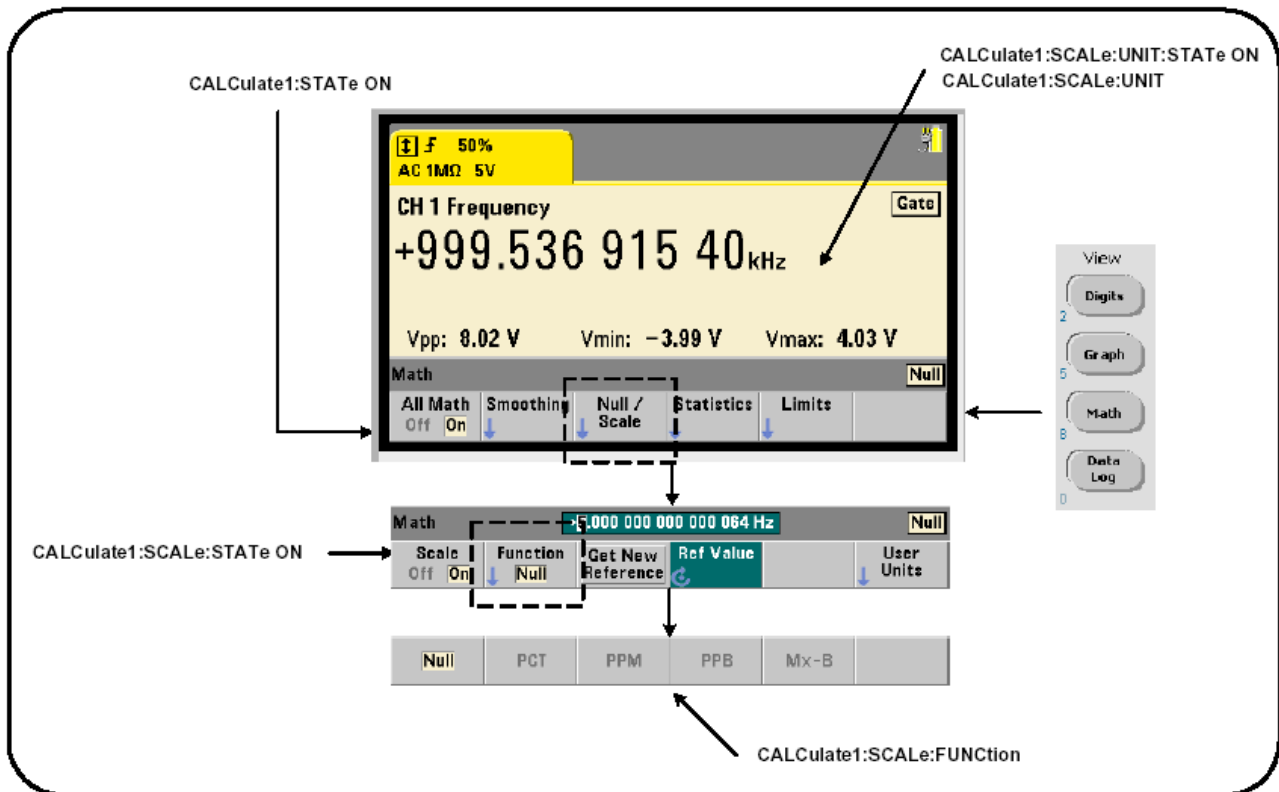


Рис. 6-2 Дисплей прибора 53220A/53230A при подключенных функциях масштабирования

#### Подключение функций масштабирования

Все функции масштабирования у прибора 53220A/53230A подключаются командой:

```
CALCulate[1]:SCALE[:STATE] {OFF|ON}
```

```
CALCulate[1]:SCALE[:STATE]?
```

(форма запроса)

Команда **ON** подключает масштабирование, **OFF** отключает масштабирование.

Команда переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) отключает масштабирование.

#### Применение функций масштабирования

У частотомера имеются следующие функции масштабирования: обнуление, вычисление разностного процентного значения (**PCT**), вычисление разностного промилевого значения (**PPM**), вычисление разностного пробильного значения (**PPB**) и операция **Mx-B**. Функцию масштабирования выбирают командой:

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

```
CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION?
```

(форма запроса)

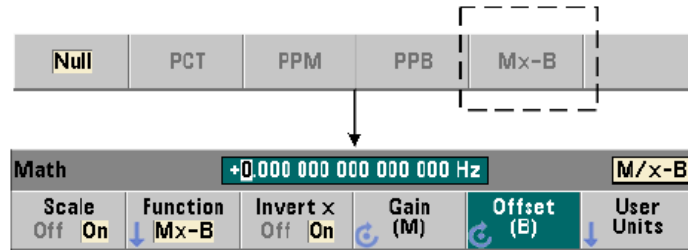
**NULL** – операция обнуления (вычитания начального значения). Результатом является измеренное значение минус опорное (начальное) значение (см. ниже описание под заголовком "Установка опорного значения").

**PCT** – операция вычисления разностного процентного значения. Результатом является выраженная в процентах разность между измеренным и опорным значением.

**PPM** – операция вычисления разностного промилевого значения. Результатом является выраженная в промиллях (1 промилль =  $10^{-6}$ ) разность между измеренным и опорным значением.

**PPB** – операция вычисления разностного пробильного значения. Результатом является выраженная в пробиях ( $1 \text{ пробиль} = 10^{-9}$ ) разность между измеренным и опорным значением.

**SCALE** – операция  $M \times B$ . Результатом является разность между произведением измеренного значения ( $x$ ) на значение усиления  $M$  (команда `CALCulate1:SCALE:GAIN`) и значением смещения  $B$  (`CALCulate1:SCALE:OFFSET`). Если подключена (On) функция `CALCulate1:SCALE:INVERT`, то сначала вычисляется значение, обратное измеренному значению ( $1/x$ ), и в итоге выполняется операция  $M/x-B$ .



Результаты операции масштабирования должны находиться в диапазоне от  $-1.E+24$  до  $-1.E-24$ ,  $0.0$  или от  $+1.0E-24$  до  $1.0E+24$ . Результаты, выходящие за эти пределы, заменяются отрицательной бесконечностью ( $-9.9E+37$ ),  $0$  или положительной бесконечностью ( $+9.9E+37$ ).

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) функция масштабирования устанавливается на NULL.

### Установка опорного значения



Функции масштабирования NULL, PCT, PPM и PPB требуют наличия опорного значения. Это значение не может быть нулем для функций PCT, PPM и PPB. Опорное значение может быть получено автоматически или непосредственно задано командами:

```
CALCulate[1]:SCALE:REFERENCE:AUTO {OFF|ON}
CALCulate[1]:SCALE:REFERENCE:AUTO? (форма запроса)
```

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

(форма запроса)

**ON** – автоматически выбирает результат первого измерения в качестве опорного значения для всех последующих отсчетов в группе (количество событий запуска  $\times$  количество выборок).

**OFF** – отменяет автоматический выбор и требует непосредственного задания опорного значения.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) вводится в действие (ON) автоматический выбор опорного значения.

**<reference>** – непосредственно задает опорное значение, которое используется для всех отсчетов в группе.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) устанавливается опорное значение  $0.0$  и вводится в действие автоматический выбор опорного значения.

При управлении прибором с передней панели нажатием клавиши **Get New Reference** выполняется измерение опорного значения при первом событии запуска после нажатия клавиши. Можно также ввести опорное значение вручную путем нажатия функциональной клавиши **Ref Value** и применения поворотной ручки или цифровых клавиш с клавишей **SHIFT**.

**Пример установки опорного значения**

```
// определить процентное значение разности 100 измерений частоты
// относительно опорного значения 50000.000
CONF:FREQ 50E3, (@1)
SAMP:COUN 100 // снять 100 отсчетов
CALC:STAT ON // подключить подсистему CALCulate1
CALC:SCAL:STAT ON // задействовать масштабирование
CALC:SCAL:FUNC PCT // выбрать функцию масштабирования (PCT)
CALC:SCAL:REF 50.000E3 // установить опорное значение
INIT
```

**Усиление при масштабировании и смещение**

Функция CALCulate[1]:SCALE:FUNCTION SCALE выполняет операцию  $Mx-B$  с каждым отсчетом, где  $M$  – это значение усиления,  $x$  – это отсчет, а  $B$  – это смещение. Значение усиления в этом выражении устанавливается командой:

```
CALCulate[1]:SCALE:GAIN {<gain>|MINimum|MAXimum|DEFault}
CALCulate[1]:SCALE:GAIN? [{MINimum|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)
```

Значения **gain** могут находиться в диапазоне:

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

Принятым по умолчанию значением **gain** является 1.0. Это значение устанавливается после команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet).

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

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

Значения **offset** могут находиться в диапазоне:

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

Принятым по умолчанию значением **offset** является 0.0. Это значение устанавливается после команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet).

**Вычисление обратного значения отсчета (1/x)**

Для каждого отсчета может быть вычислено обратное значение **до** подстановки его в выражение  $Mx-B$ , которое превращается при этом в выражение  $M/x-B$ . Вычисление обратного значения реализуется командой:

```
CALCulate[1]:SCALE:INVert {OFF|ON}
CALCulate[1]:SCALE:INVert? (форма запроса)
```

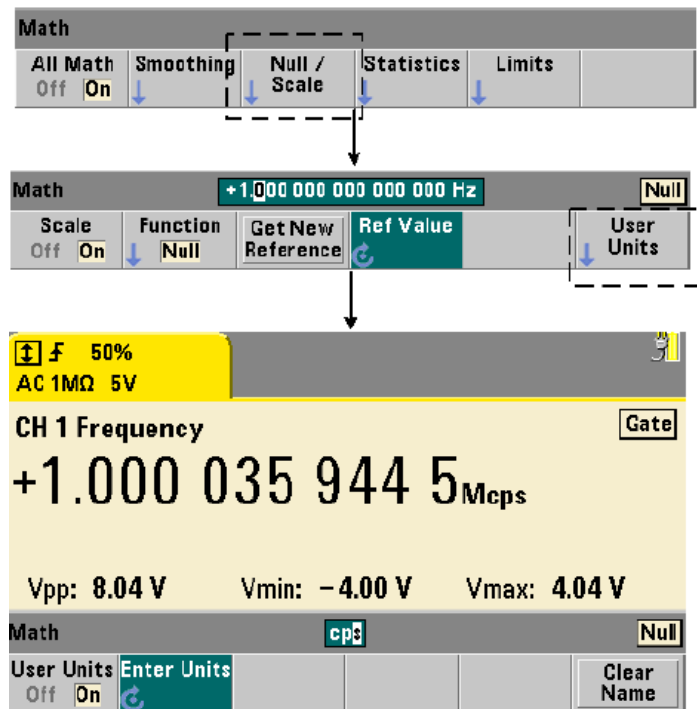
**ON** – вычисление обратного значения; **OFF** – отмена вычисления обратного значения.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) отменяется вычисление обратного значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ**

Когда задействовано (ON) вычисление обратного значения, выключается индикация единицы измерения (Hz, s) на дисплее частотомера. Если необходима индикация единицы измерения, обратитесь к описанию "Назначение единицы измерения" на следующей странице.

## Назначение единицы измерения



Для облегчения идентификации показаний на дисплее можно назначить любой функции масштабирования заданную пользователем "строку единицы измерения". Эта пользовательская строка заменяет назначенную прибором единицу измерения (Hz, pct, ppm и т.д.). При этом сохраняется префикс ( $\mu$ , m, k, M).

Строка единицы измерения выводится на дисплей и задается командами:

`CALCulate[1]:SCALE:UNIT:STATE {OFF|ON}`  
`CALCulate[1]:SCALE:UNIT:STATE?` (форма запроса)

`CALCulate[1]:SCALE:UNIT "<units>"`  
`CALCulate[1]:SCALE:UNIT?` (форма запроса)

**ON** – выводит на индикацию заданную пользователем единицу измерения; **OFF** – отключает заданную пользователем единицу измерения.

Строка **units** может содержать от одного до четырех символов. В команду включаются двойные кавычки в начале и в конце этой строки. Назначенная единица измерений индицируется **только на дисплее частотомера**.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) отменяется заданная пользователем единица измерения.

На передней панели для ввода единицы измерения следует нажать функциональную клавишу **User Units**, задействовать (On) пользовательскую единицу измерения и воспользоваться поворотной ручкой и клавишами ◀ и ▶ для ввода и выбора позиции символа.



### Пример масштабирования

В этом примере показана типичная последовательность команд масштабирования из подсистемы SCPI CALCulate[1].

```
// масштабировать 500 отсчетов (М/х-В) и назначить единицу измерения
CONF:FREQ (@1) // измерение частоты
SAMP:COUN 500 // 500 отсчетов на событие запуска
SENS:FREQ:GATE:TIME .010 // установить мин. длительность строб-имп.
CALC:STAT ON // подключить подсистему CALCulate1
CALC:SCAL:STAT ON // подключить операцию масштабирования
CALC:SCAL:FUNC SCAL // установить функцию масштабирования = Мх-В
CALC:SCAL:INV ON // вычислить обратное значение (М/х-В)
CALC:SCAL:GAIN 100 // установить усиление (М)
CALC:SCAL:OFFS 0 // установить смещение (В)
CALC:SCAL:UNIT:STAT ON // задействовать пользовательскую единицу
CALC:SCAL:UNIT "sec" // назначить единицу измерения
INIT // инициировать измерения
```

При частоте входного сигнала 1 МГц должны индцироваться показания около +100.00... usec.

### 6.1.4 Статистика

Статистические вычисления производятся непрерывно по мере получения отсчетов или до момента достижения заданного общего количества отсчетов (TRIGger:COUNT x SAMPLe:COUNT). В этом подразделе описаны команды, применяемые для генерирования статистических данных.

Как сказано выше, одновременно можно подключить несколько операций. На рис. 6-3 показан в качестве примера дисплей при подключенных функциях статистики и допускового контроля.

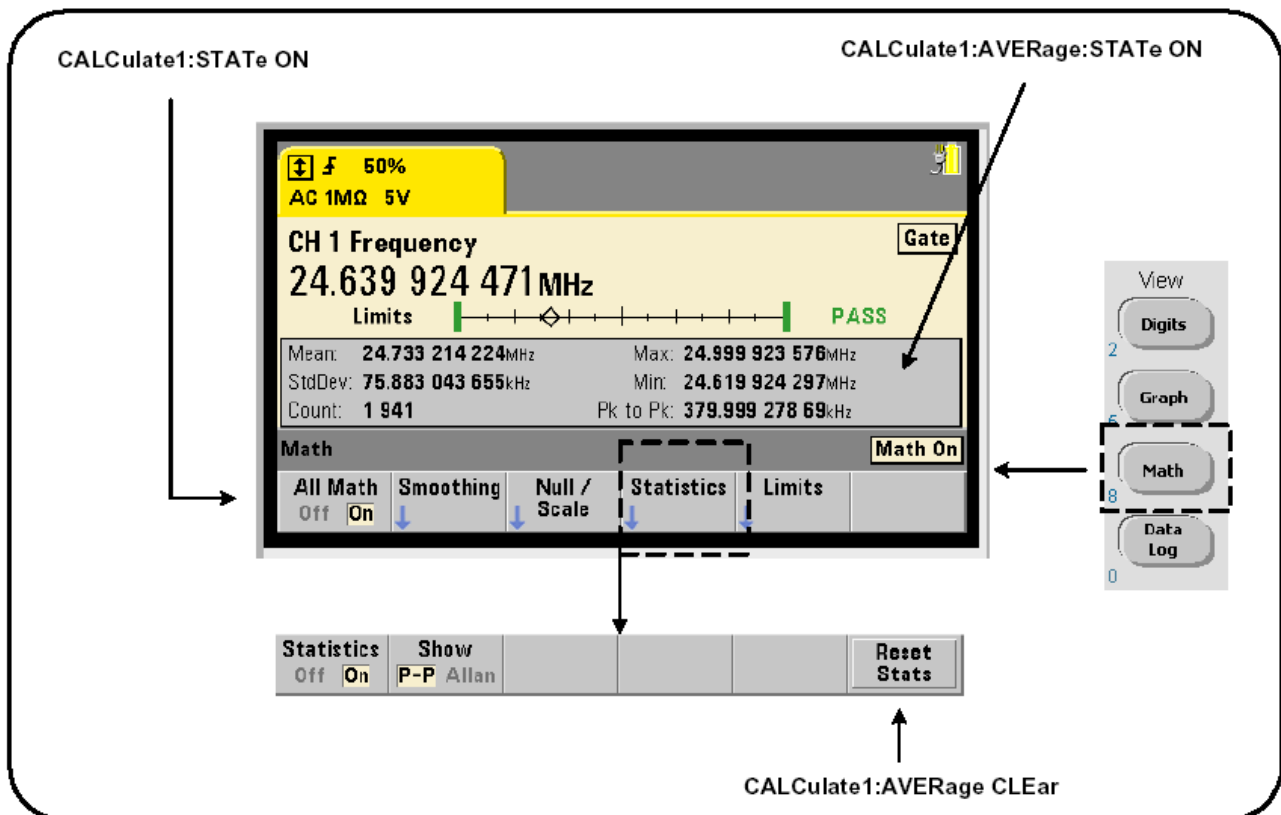


Рис. 6-3 Дисплей частотомера при подключенных функциях статистики и допускового контроля

## Подключение статистических вычислений

Перед выполнением статистических вычислений необходимо подключить их с помощью команды:

```
CALCulate [1] :AVERAge:STATe {OFF|ON}
CALCulate [1] :AVERAge [:STATe] ?
```

(форма запроса)

**ON** – подключает статистические вычисления по мере появления отсчетов. Статистические данные включают в себя среднее значение, стандартное отклонение, отклонение по Аллену, максимальное значение, минимальное значение и усредненное междупиковое значение.

**OFF** – отключает статистические вычисления.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTem:PRESet) отменяются статистические вычисления.

## Количество отсчетов

Статистические вычисления начинаются, когда вводятся в действие функции **Math** и **Statistics**. Количество отсчетов, на которых базируется данный набор статистических данных, индицируется на дисплее, как значение **Count** (рис. 6-3). Количество отсчетов можно также запросить командой:

```
CALCulate [1] :AVERAge:COUNT:CURRent?
```

Количество отсчетов можно считывать в любое время после инициализации измерений (т.е. INITiate:IMMediate, READ?, MEASure?).

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTem:PRESet) количество отсчетов устанавливается на "1".

## Среднее значение, стандартное отклонение, минимальное и максимальное значение

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

```
CALCulate [1] :AVERAge:ALL?
```

Если отсчеты масштабированы (см. подраздел 6.1.3), то статистические данные базируются на масштабированных отсчетах.

## Пример: Подключение функции статистики и вычисление статистических данных

В следующем примере выводится среднее значение, стандартное отклонение, минимальное значение и максимальное значение для набора из 500 отсчетов. Для полноты показана установка количества событий запуска, хотя она равна "1" по умолчанию. Сюда включен оператор ожидания ("wait") для задержки анализа до завершения **всех** отсчетов.

```
CONF:FREQ (@1)           // измерение частоты в канале 1
TRIG:COUN 1              // количество событий запуска = 1
SAMP:COUN 500            // 500 отсчетов на каждое событие запуска
SENS:FREQ:GATE:TIME 10e-3 // длительность строб-импульса 10 мс
CALC:STAT ON             // подключить подсистему CALCulate1
CALC:AVER:STAT ON        // подключить функцию статистики
INIT                     // инициализировать измерение
*WAI                     // ожидать завершения всех отсчетов
CALC:AVER:ALL?           // вычислить статистические данные
```

Ниже показаны типичные данные, которые выводятся этой командой:

<i>среднее значение</i>	<i>стандартное отклонение</i>
+5.50020355962701E+006	+2.59738014535884E+006
<i>минимальное значение</i>	<i>максимальное значение</i>
+1.04179550991303E+006,	+9.94903904473447E+006

### Среднее значение, максимальное значение, минимальное значение и усредненное междупиковое значение

Индивидуальные характеристики определенного набора отсчетов можно определить с помощью следующих команд. Перед применением любой из этих команд необходимо подключить функцию статистики командой `CALCulate[1]:AVERage:STATe ON`.

#### `CALCulate[1]:AVERage:AVERage?`

– выводит усредненное (среднее) значение всех отсчетов в наборе.

#### `CALCulate[1]:AVERage:MINimum?`

– выводит минимальное значение всех отсчетов в текущем наборе.

#### `CALCulate[1]:AVERage:MAXimum?`

– выводит максимальное значение всех отсчетов в текущем наборе.

#### `CALCulate[1]:AVERage:PTPeak?`

– выводит усредненное междупиковое значение всех отсчетов в текущем наборе (усредненное максимальное значение – усредненное минимальное значение).

### Пример: Вычисление индивидуальных статистических данных

В этом примере показано, как запрашивать эти параметры отсчетов индивидуально.

```
CONF:PER (@1)           // сконфигурировать измерение периода
TRIG:COUN 2             // количество событий запуска = 2
SAMP:COUN 100           // 100 отсчетов на событие запуска
SENS:FREQ:GATE:TIME 10e-3 // длительность строб-импульса 10 мс
CALC:STAT ON           // подключить подсистему CALCulate1
CALC:AVER:STAT ON      // подключить функцию статистики
INIT                    // инициировать измерение
*WAI                    // ожидать завершения всех отсчетов
CALC:AVER:MIN?        // запросить индивидуальные параметры
CALC:AVER:MAX?
CALC:AVER:AVER?
CALC:AVER:PTP?
```

### Отклонение по Аллену

Отклонение по Аллену (Allan deviation), которое используется для оценки стабильности, можно выбрать на передней панели (рис. 6-3) или вычислить командой:

#### `CALCulate[1]:AVERage:ADEViation?`

Вычисление отклонения по Аллену применяется **только** при измерениях **частоты и периода**. Это требует непрерывных (без промежутков) измерений (`SENSe:FREQuency:MODE CONTInuous`) для достижения наивысшей точности. Режим непрерывных измерений возможен только у прибора 53230A. Вычисление отклонения по Аллену реализует также прибор 53220A, однако он не поддерживает непрерывные (без промежутков) измерения.

### Пример: Установка параметров измерения отклонения по Аллену (53230A)

```
CONF:FREQ (@1)         // измерение частоты в канале 1
TRIG:COUN 1            // установить количество событий запуска
SAMP:COUN 300          // снять 300 отсчетов
SENS:FREQ:MODE CONT   // установить режим непрерывных
                        // (без промежутков) измерений
SENS:FREQ:GATE:TIME 1e3 // длительность строб-импульса 1 мс
CALC:STAT ON          // подключить подсистему CALCulate1
CALC:AVER:STAT ON     // подключить функции статистики
INIT                    // инициировать измерение
*WAI                    // ожидать завершения всех отсчетов
CALC:AVER:ADEV?      // вычислить отклонение по Аллену
```

## Стандартное отклонение

Стандартное отклонение запрашивается командой:

```
CALCulate[1]:AVERage:SDEVIation?
```

Прежде чем можно будет определить стандартное отклонение, необходимо подключить подсистему CALCulate1 и функцию статистики.

## Очистка (сброс) статистических данных

Текущий набор статистических данных можно очистить одним из следующих способов:

- подключить статистические функции – CALCulate[1]:AVERage[:STATe] ON
- инициировать новый измерительный цикл – INITiate:IMMediate, READ?, MEASure?
- послать новую команду SCPI или изменить текущий параметр SCPI
- послать команду переустановки или предустановки прибора – \*RST, SYSTem:PRESet

Эти действия очищают также **все отсчеты** в памяти отсчетов. Чтобы очистить статистические данные **без** очистки памяти отсчетов, применяется следующая команда:

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

## 6.1.5 Допусковый контроль

Допусковый контроль позволяет оценивать показания частотомера на предмет попадания их в область, ограниченную нижним пределом и верхним пределом. События выхода показаний из этой области регистрируются в регистре Questionable Data частотомера (биты 11 и 12).

Когда подключена функция допускового контроля, дисплей частотомера выглядит примерно так, как показано на рис. 6-4.

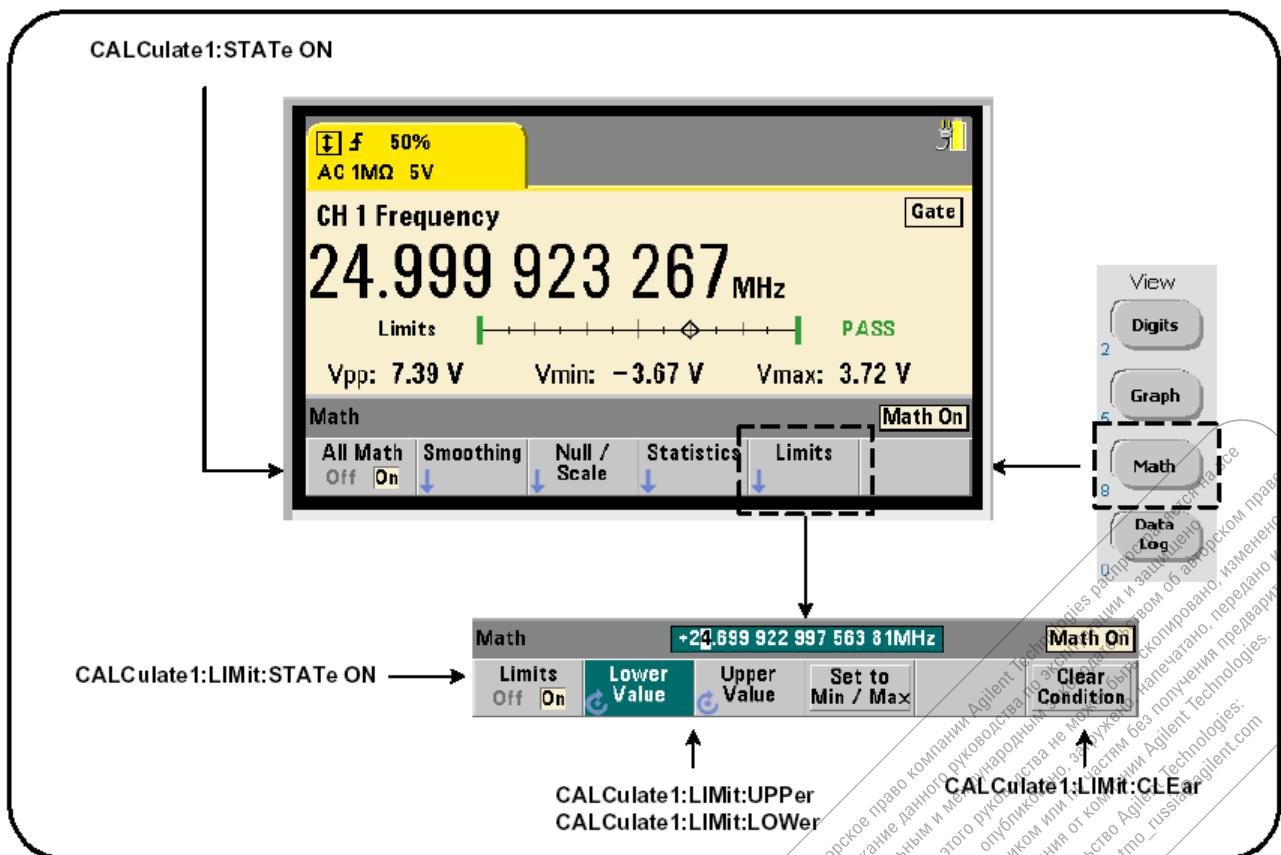


Рис. 6-4 Дисплей частотомера при подключении функции допускового контроля

## Подключение функции допускового контроля

Для подключения функции допускового контроля применяется команда:

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

**ON** – подключает функцию допускового контроля.

**OFF** – отключает (обходит) функцию допускового контроля. Подключение функции допускового контроля вводит действие **оба** предела – верхний и нижний.

## Установка значений нижнего и верхнего предела

Значения нижнего и верхнего предела устанавливаются командами:

```
CALCulate[1]:LIMit:LOWer[:DATA] {<value>} |MINimum|MAXimum|DEFault}
CALCulate[1]:LIMit:LOWer[:DATA]? |MINimum|MAXimum| DEFault}
                                           (форма запроса)

CALCulate[1]:LIMit:UPPer[:DATA] {<value>} |MINimum|MAXimum|DEFault}
CALCulate[1]:LIMit:UPPer[:DATA]? |MINimum|MAXimum| DEFault}
                                           (форма запроса)
```

Диапазоны установки значений (**value**) нижнего и верхнего предела:

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

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) устанавливается принятое по умолчанию значение верхнего и нижнего предела, равное 0.0.

При применении функции допускового контроля необходимо задать как нижний предел, так и верхний предел. **Любой** из указанных ниже способов предотвращает "конфликт установок параметров" (например, значение нижнего предела превышает значение верхнего предела), обусловленный порядком установки этих значений.

- установить сначала значение верхнего предела
- установить программным путем значения обоих пределов в одной строке
- подключить функцию допускового контроля *после* установки обоих пределов

Чтобы определить программным путем, не вышло ли показание (или показания) за пределы области, ограниченной предельными значениями, применяется команда:

```
STATus:QUESTIONable:EVENT?
```

для считывания регистра Questionable Data. Значение +2048 (бит 11) указывает на то, что показание находится ниже нижнего предела. Значение +4096 (бит 12) указывает на то, что показание превышает верхний предел. Считывание регистра также **очищает все биты** в регистре (см. ниже "Очистка предельных состояний").

## Пример применения допускового контроля

Ниже показано на примере, как подключить и применять функцию допускового контроля.

```
CONF:FREQ (@1)           // сконфигурировать измерение
SAMP:COUN 500           // выполнить допусковый контроль на 500 отсчетах
CALC:STAT ON           // подключить математические операции
CALC:LIM:STAT ON       // подключить функцию допускового контроля
CALC:LIM:LOW 99.9E3;UPP 100.1E3 // установить предельные значения
INIT                   // инициализировать измерение
*WAI                   // ожидать завершения всех отсчетов
STAT:QUES:EVEN?        // запросить регистр Questionable Data
```

Обратите внимание на то, что предельные значения здесь задаются одновременно для предотвращения конфликта установок параметров. Этой ошибки можно избежать, если подключать функцию допускового контроля *после* установки предельных значений.

## Очистка предельных состояний

Любым из перечисленных ниже способов можно погасить вспомогательный индикатор "Limit" и очистить биты 11 и 12 (и только) в регистре Questionable Data.

- подключить функцию допускового контроля – `CALCulate[1]:LIMit[:STATE] ON`
- инициировать новый измерительный цикл – `INITiate:IMMediate, READ?, MEASure?`
- послать новую команду SCPI или изменить текущий параметр SCPI
- послать команду переустановки или предустановки прибора – `*RST, SYSTem:PRESet`

Эти действия очищают также **все отсчеты** в памяти отсчетов. Команды `*RST` и `SYSTem:PRESet` дополнительно переустанавливают на 0.0 значения нижнего и верхнего предела.

Чтобы погасить вспомогательный индикатор "Limit" и очистить только биты допускового контроля (биты 11 и 12 в регистре Questionable Data) **без очистки** памяти отсчетов, применяется команда:

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

## 6.2 Гистограммы

Статистическое распределение заданного набора результатов измерений (**кроме непрерывного суммирования и измерений с метками времени**) можно отобразить графически с помощью функции гистограмм. На следующем примере (рис. 6-5) показан базовый формат гистограмм у частотомера.

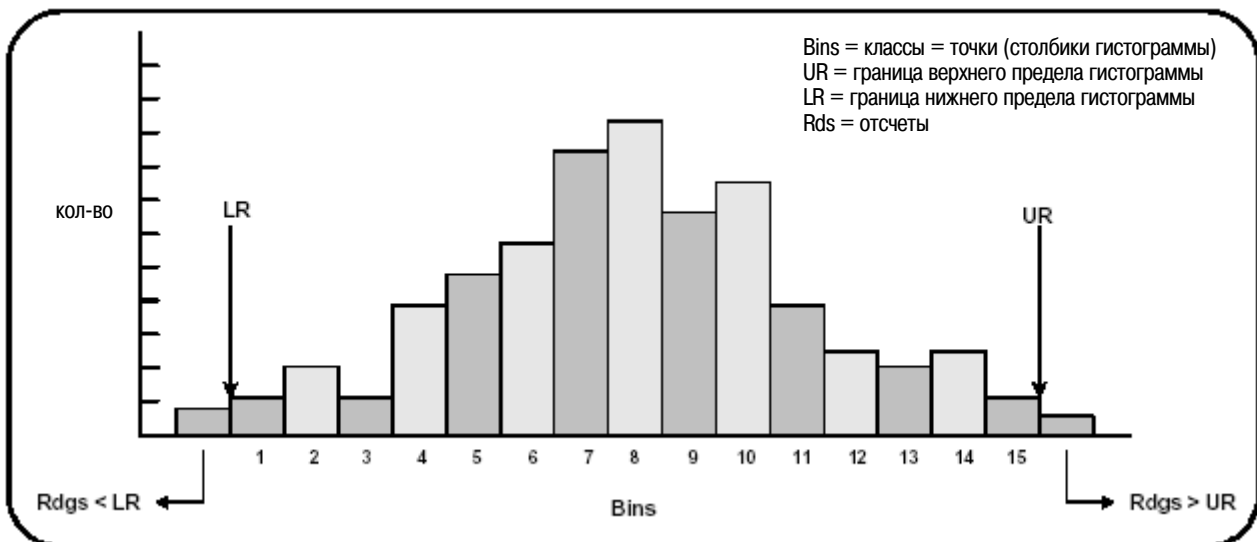
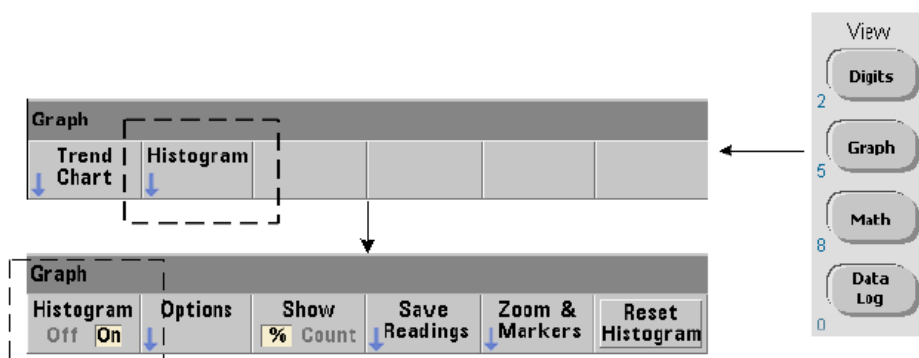


Рис. 6-5 Структура гистограмм у частотомера 53220A/53230A

Имейте в виду, что с одними и теми же измерительными данными можно одновременно применять функцию гистограмм и математические функции (например, статистика, масштабирование, допусковой контроль и т.д.).

### 6.2.1 Наблюдение гистограмм





При включении частотомера или при нажатии клавиши **Preset** на передней панели индицируются численные данные. При дистанционном управлении можно вывести гистограммы на экран путем переключения режима отображения командой:

```
DISPlay[:WINDow]:MODE {NUMeric|HISTogram|TCHart}
DISPlay[:WINDow]:MODE? (форма запроса)
```

При управлении с передней панели нажатие клавиши **Graph** с последующим нажатием функциональной клавиши **Histogram** вводит в действие и автоматически запускает функцию гистограмм. Эту функцию можно отключить через меню функциональных клавиш.

При дистанционном управлении команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) не изменяют режим отображения.

Гистограммы соответствуют отсчетам в памяти отсчетов, начиная с момента **ввода в действие** функции гистограмм и до момента достижения заданного произведения количества событий запуска (TRIGGER:COUNT) на количество отсчетов (SAMPLE:COUNT). При периодическом (внутреннем) запуске гистограмма непрерывно обновляется с момента ввода в действие этой функции.

На рис. 6-6 показана и описана информация, которая отображается в типичном окне гистограмм.

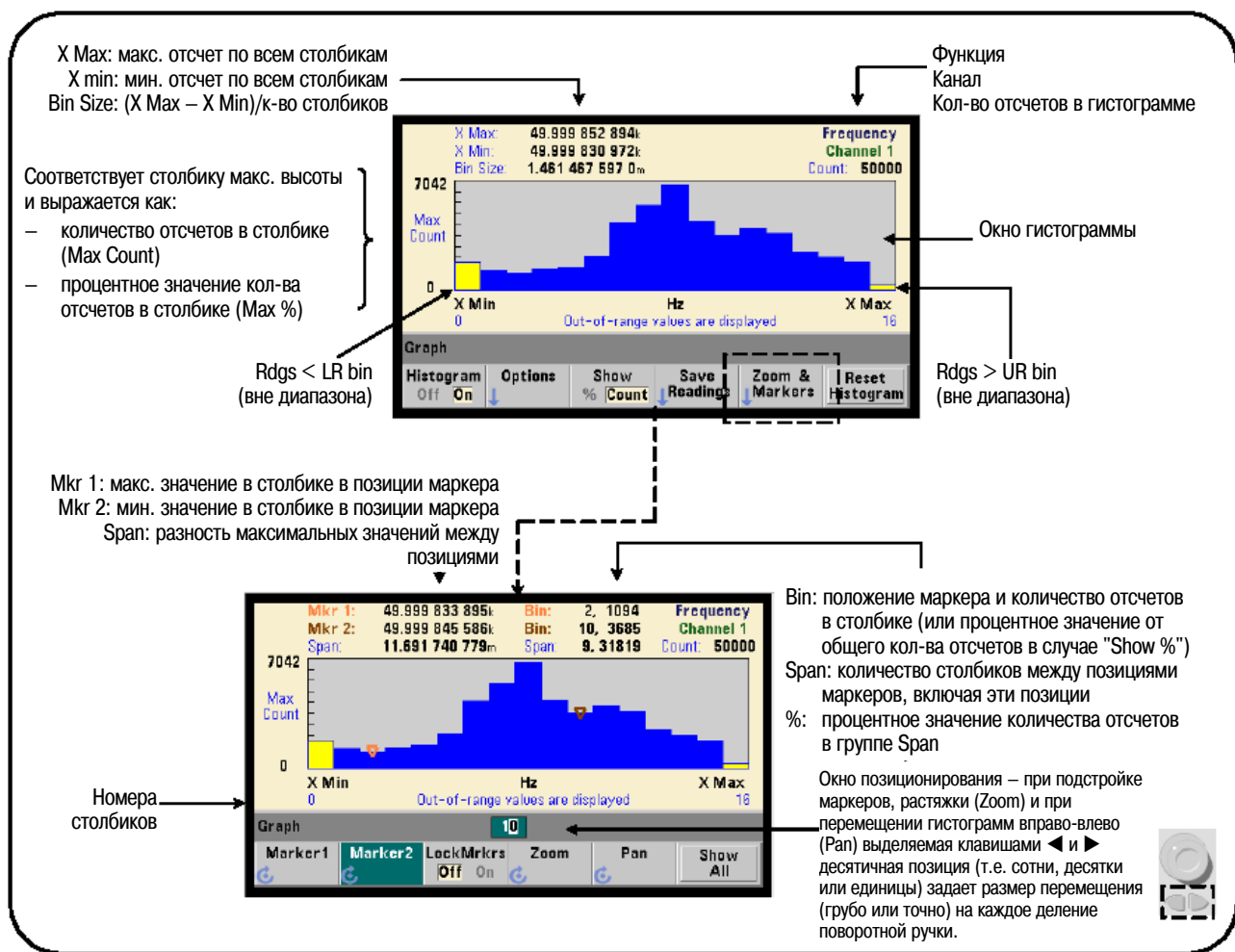


Рис. 6-6 Формат отображения гистограмм

## 6.2.2 Конфигурирование гистограмм

Для конфигурирования гистограмм применяются функциональные клавиши и команды, показанные на рис. 6-7.

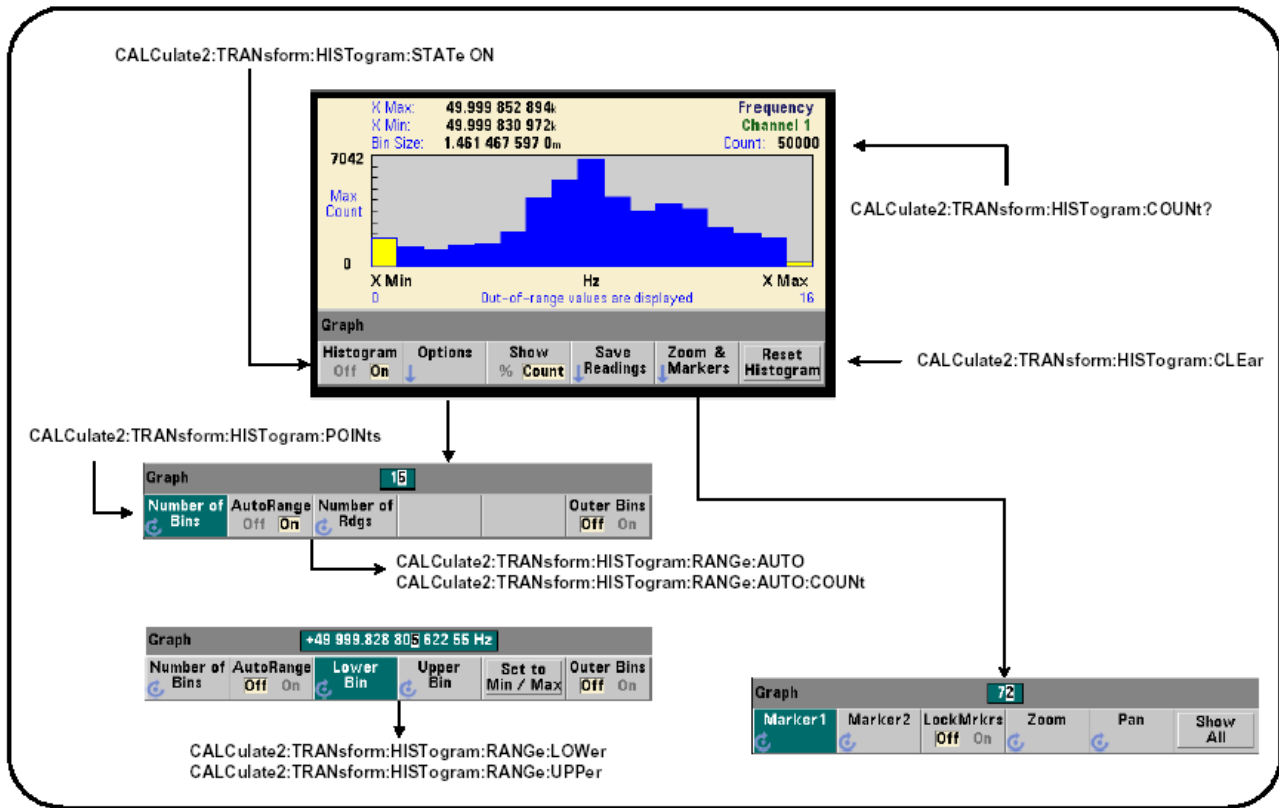


Рис. 6-7 Гистограмма из 15 столбиков

Вычисление гистограмм вводится в действие командой:

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram[:STATE] {OFF|ON}
CALCulate2:TRANSform:HISTogram[:STATE]?
```

(форма запроса)

**ON** – подключает вычисление гистограмм.

**OFF** – отключает вычисление гистограмм. После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet), или после нажатия клавиши **Preset** отключается функция гистограмм.

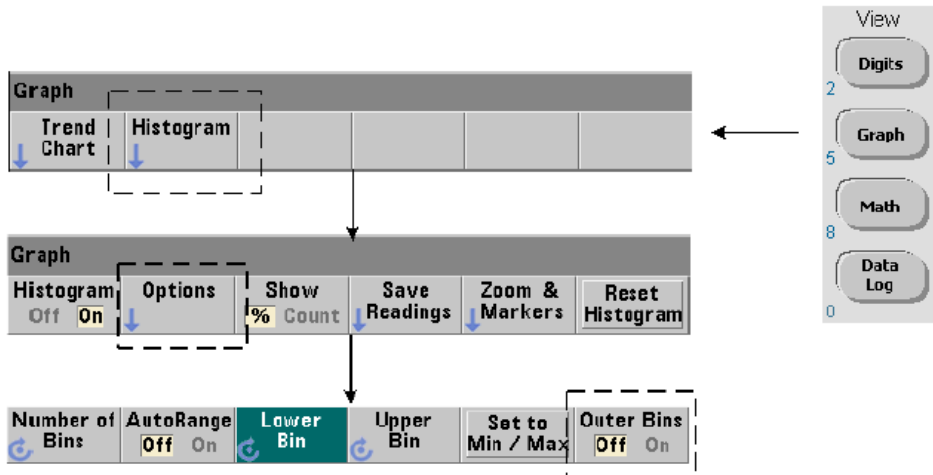
Количество отсчетов, отображаемых гистограммой (рис. 6-7), можно запросить командой:

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:COUNT?
```

### Установка параметров гистограммы

Частотомер строит гистограмму на основе заданного количества столбиков, нижнего предела и верхнего предела.

## Количество столбиков



Количество столбиков задается командой:

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:POINTS {<value>|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:POINTS? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]
(форма запроса)
```

**value** – задает количество столбиков (точек) между значениями нижнего и верхнего предела. Значение **value** может находиться в диапазоне от 10 до 1000. После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) количество столбиков устанавливается на 100.

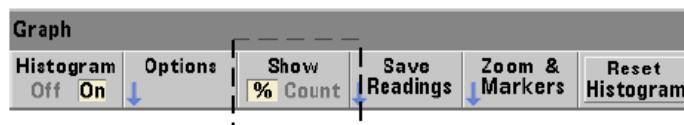
## Отображение внешних столбиков

Независимо от заданного количества столбиков в гистограмму **всегда** включаются два дополнительных столбика, которые содержат отсчеты, находящиеся ниже нижнего предела, и отсчеты, превышающие верхний предел (рис. 6-5 и 6-6). Количество отсчетов, превышающее ожидаемое количество в одном из этих столбиков, может служить признаком дрейфа измеряемой величины.

Эти столбики выводятся на экран с помощью функциональной клавиши **Outer Bins**, и номера столбиков (рис. 6-6) учитывают их независимо от того, отображаются ли они на экране.

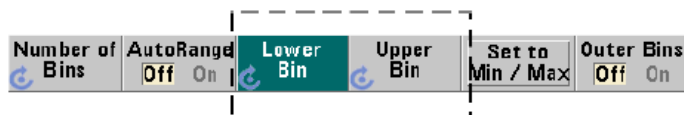
## Отображение данных в столбиках

Функциональная клавиша:



соответствует **столбику** с наибольшим количеством отсчетов и выражает это как точное количество (**Count**) или как значение в процентах (%) от общего количества отсчетов. Эта установка возможна только на передней панели.

## Нижний и верхний предел



Значения нижнего и верхнего предела гистограммы задаются непосредственно командами:

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:LOWER {<value>
|MINimum|MAXimum|DEFAULT}
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:LOWER? [{MINimum|MAXimum|DEFAULT}]
(форма запроса)
```

**CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:UPPer** {<value>  
|MINimum|MAXimum|DEFault}

**CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:UPPer?** [{MINimum  
|MAXimum|DEFault}] (форма запроса)

**value** – непосредственно задает значения нижнего и верхнего пределов гистограммы.

Диапазон установки значений **value**:

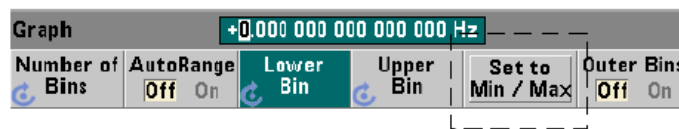
От  $-1.0E+15$  до  $-1.0E-15$ , 0.0, от  $1.0E-15$  до  $1.0E+15$

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) устанавливается принятое по умолчанию значение верхнего и нижнего предела, равное 0.0.

При применении функции допускового контроля необходимо задать как нижний предел, так и верхний предел. **Любой** из указанных ниже способов предотвращает "конфликт установок параметров" (например, значение нижнего предела превышает значение верхнего предела), обусловленный порядком установки этих значений.

- установить сначала значение верхнего предела
- установить программным путем значения обоих пределов в одной строке
- подключить функцию гистограмм *после* установки обоих пределов
- установить значения пределов автоматически

### Установка пределов гистограммы на минимум и максимум



При установке **AutoRange Off** функциональная клавиша **Set to Min/Max** обеспечивает другой способ установки значений нижнего и верхнего предела гистограммы. В зависимости от состояния прибора эта клавиша устанавливает предельные значения следующим образом:

- Когда задействована функция "Statistics" (под клавишей **Math**), используется минимальное и максимальное значение из статистики отсчетов.
- Когда отключена функция "Statistics" и прибор находится в состоянии сбора данных, выбирается минимальное и максимальное значение из последних отсчетов (до 10000 отсчетов).
- Если нет предыдущих отсчетов, то устанавливается минимальный предел гистограммы, равный 0, и максимальный предел  $1000000000,0$ .

### Автоматическая установка предельных значений



Альтернативно можно установить значения нижнего и верхнего предела на основе минимального и максимального значения первых *n* отсчетов, полученных в процессе измерения.

Автоматический выбор предельных значений вводится в действие командами:

**CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:AUTO** {OFF|ON}

**CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGE:AUTO?** (форма запроса)

**ON** – вводит в действие автоматический выбор значений нижнего и верхнего предела гистограммы.

**OFF** – отключает автоматический выбор.

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) *вводится в действие* автоматический выбор предельных значений.

Количество отсчетов, из которых выбирается (**ON**) минимальное и максимальное предельное значение, задается командой:

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO:COUNT {<value>
|MINimum|MAXimum|DEFault}
```

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:RANGe:AUTO:COUNT?
[ {MINimum|MAXimum|DEFault} ] (форма запроса)
```

**value** – задает количество **n** **первых** отсчетов, из которых получаются значения нижнего и верхнего предела (от 10 до 1000 отсчетов).

После команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) устанавливается принятое по умолчанию значение  $n = 100$ .

### Пример: Установка параметров гистограммы

В этом примере создается гистограмма из 15 столбиков на основе 3000 отсчетов частотомера. Значения нижнего и верхнего предела автоматически определяются из первых 300 отсчетов.

```
CONF:FREQ 50E3, (@1) // сконфигурировать измерение частоты
SYST:TIM .1 // предельная длительность измерения 100 мс
TRIG:SOUR BUS // установить программный источник запуска
TRIG:SOUR BUS // количество событий запуска = 1
SAMP:COUN 3000 // 3000 отсчетов на каждое событие запуска
SENS:FREQ:GATE:SOUR TIME // установить источник стробирования
SENS:FREQ:GATE:TIME 1E3 // установить длит. строб-импульса 1 мс
DISP:MODE HIST // режим отображения гистограмм
CALC2:TRAN:HIST:POIN 15 // задать 15 столбиков
CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO ON // авт. выбор предельных значений
CALC2:TRAN:HIST:RANG:AUTO:COUN 300 // взять первые 300 отсчетов
CALC2:TRAN:HIST:STAT ON // задействовать функцию гистограмм
INIT // инициализировать частотомер
*TRG // послать программный сигнал запуска
```

### Сброс гистограммы



Данные, из которых создана текущая гистограмма, можно очистить любым из перечисленных ниже способов:

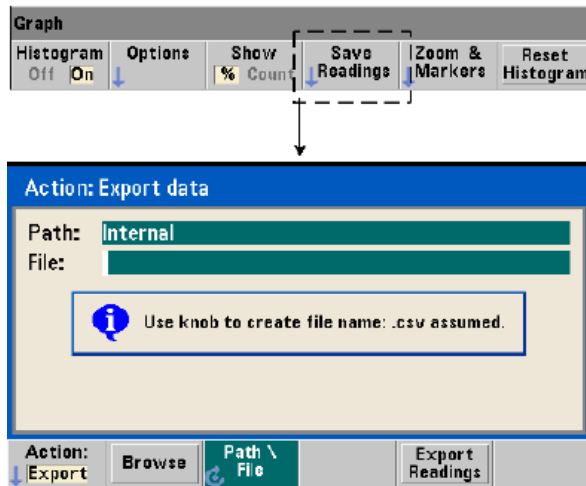
- нажать функциональную клавишу **Reset Histogram**
- задействовать, отменить или изменить какую-либо часть гистограммы – number of bins, lower range или upper range
- инициировать новый измерительный цикл – INITiate:IMMediate, READ?, MEASure?
- послать новую команду SCPI или изменить текущий параметр SCPI
- послать команду переустановки или предустановки прибора – \*RST, SYSTEM:PRESet

Эти действия очищают также **все отсчеты** в памяти отсчетов и в буфере вывода.

Чтобы очистить данные гистограммы **без** очистки памяти отсчетов, применяется следующая команда:

```
CALCulate2:TRANSform:HISTogram:CLEar [:IMMediate]
```

## Сохранение отсчетов в памяти

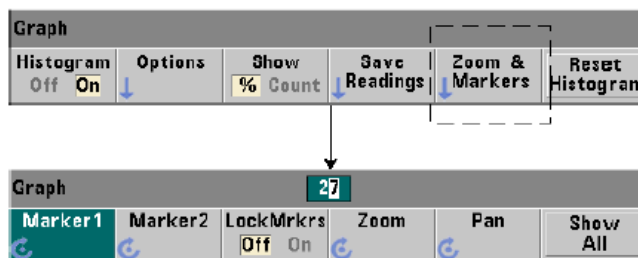


Отсчеты, используемые для создания гистограммы, можно сохранить во внутренней флэш-памяти или записать на внешний USB-накопитель в виде значений, разделяемых запятой (CSV), по одному результату измерения в строке формата ASCII.

При нажатии функциональной клавиши **Save Readings** открывается окно действия **Export**, в котором можно выбрать или создать путь сохранения файла и его имя. Количество экспортируемых отсчетов равно общему количеству отсчетов в памяти отсчетов в момент нажатия функциональной клавиши **Export Readings**, которое может оказаться не равным заданному общему количеству отсчетов ( $\text{TRIGger:COUNT} \times \text{SAMPLE:COUNT}$ ).

Экспортирование отсчетов **очищает память отсчетов** и начинает построение новой гистограммы при поступлении следующего сигнала запуска.

## Растяжка гистограмм и управление маркерами



### ПРИМЕЧАНИЕ

При подстройке маркеров, растяжки (Zoom) и при перемещении гистограмм вправо-влево (Pan) выделяемая клавишами ◀ и ▶ десятичная позиция (т.е. сотни, десятки или единицы) задает размер перемещения (грубо или точно) на каждое деление поворотной ручки.



Функциональные клавиши **Marker** позволяют вам помещать маркеры на отдельные столбики гистограммы и (если нужно) *фиксировать* относительное расстояние между маркерами. Когда маркеры зафиксированы друг относительно друга, то перемещение маркера 1 или маркера 2 с помощью поворотной ручки или с помощью клавиши [Shift] с вводом номера столбика вызывает также перемещение другого маркера с сохранением расстояния между ними. Данные, соответствующие позициям маркеров, индицируются над окном гистограммы.

Функция **Zoom** (растяжка) определяет количество отображаемых столбиков при увеличении разрешения в центральной области гистограммы. Всякий раз при подстройке растяжки изменяются номера **X Min** и **X Max** (рис. 6-6) для отображения текущего диапазона гистограммы.



Функция **Pan** (панорамирование) перемещает гистограмму вправо-влево после того, как будет выбрана растяжка. Путем перемещения окна панорамирования можно вывести на экран интересующую вас область и снова применить растяжку для расширения этой области на экране. Поочередное применение функции **Pan** и функции **Zoom** таким способом сохраняет процентное значение растяжки.

Функция **Show All** восстанавливает отображение в окне гистограммы всех столбиков, включая внешние столбики, и отменяет действие функций **Zoom** и **Pan**.

### Представление данных гистограммы в численном виде

Данные, описывающие гистограмму, можно вывести в численном виде с помощью любой из следующих команд запроса:

**CALCulate2:TRANSform:HISTogram:ALL?**

Эта команда выводит следующую последовательность разделяемых запятыми данных, описывающих текущую гистограмму:

значение нижнего предела  
значение верхнего предела  
количество сделанных отсчетов  
данные столбиков

Данные столбиков включают в себя:

количество результатов измерений, находящихся ниже нижнего предела,  
количество отсчетов в каждом столбике,  
количество результатов измерений, превышающих верхний предел

Ниже приведен пример строки данных для гистограммы из 15 столбиков, основанной на 3000 отсчетов 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

Обратите внимание на то, что в этом примере нет отсчетов, которые находятся ниже нижнего предела и выше верхнего предела.

Другая команда:

**CALCulate2:TRANSform:HISTogram:DATA?**

выводит **только данные столбиков** текущей гистограммы в следующей последовательности:

количество результатов измерений, находящихся ниже нижнего предела,  
количество отсчетов в каждом столбике,  
количество результатов измерений, превышающих верхний предел

### 6.3 Графики тренда

График тренда характеризует тренд (дрейф) отсчетов для данного количества результатов измерений (кроме непрерывного суммирования) или измерений с метами времени.

На рис. 6-8 показаны компоненты типичного графика тренда.

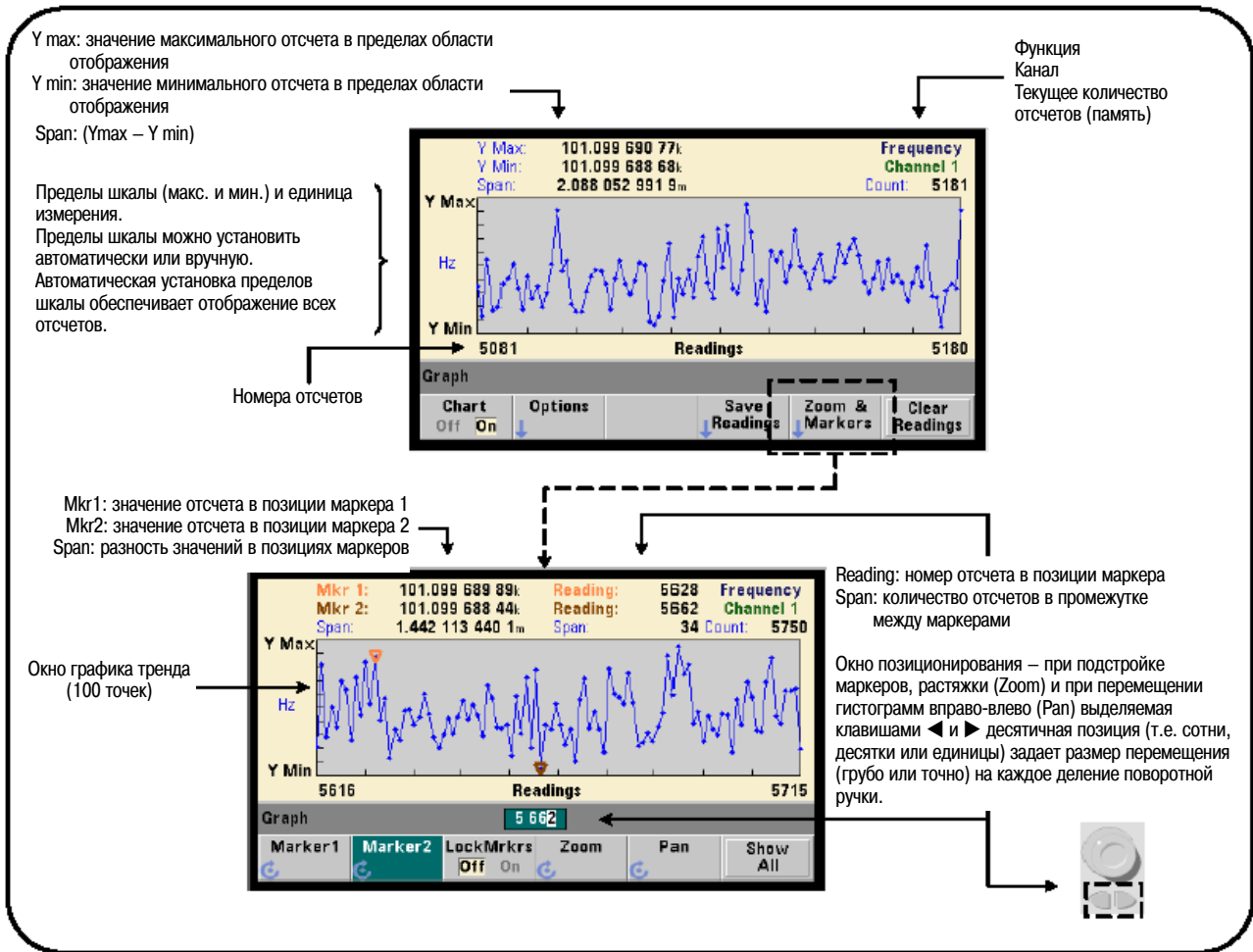


Рис. 6-8 Формат отображения графика тренда (без дробности)

#### 6.3.1 Отображение графиков тренда

Graph

Trend Chart Histogram

View

Digits

Graph

Math

Data Log

После включения питания и после команды переустановки (\*RST) или предустановки частотомера (SYSTEM:PRESet) отображаются численные данные. Для переключения режима отображения на отображение графика тренда применяется команда:

```
DISPlay[:WINDow]:MODE {NUMeric|HISTogram|TChart}
DISPlay[:WINDow]:MODE?
```

(форма запроса)

Режим отображения (TChart) является **единственным** параметром графиков тренда, который можно установить программным путем (т.е. с помощью команд SCPI). Все остальные параметры графика тренда устанавливаются **с передней панели**.

Нажатие клавиши **Graph** с последующим нажатием функциональной клавиши **Trend Chart** запускает график тренда с передней панели.

Графики тренда соответствуют **всем** отсчетам в памяти отсчетов при заданном количестве событий запуска (TRIGGER:COUNT) и количестве выборок на событие запуска (SAMPLE:COUNT). Если применяется периодический (внутренний) запуск, то происходит непрерывное обновление графика тренда.

### Конфигурирование графика тренда

На рис. 6-9 показаны меню функциональных клавиш, связанные с конфигурированием графика тренда и управляющие окном тренда.

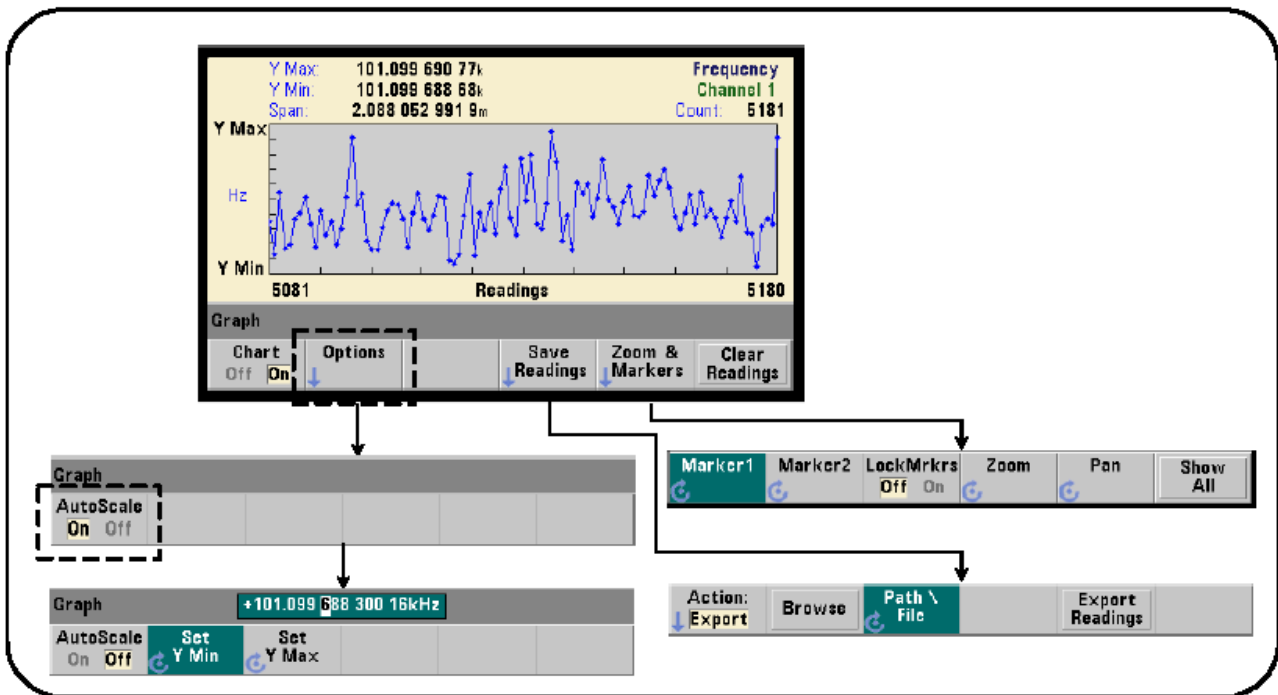


Рис. 6-9 Конфигурирование графика тренда и управление окном тренда

### Пределы шкалы графика тренда

Пределы шкалы графика тренда (**Y Max** и **Y Min**) можно установить автоматически (**AutoScale On**) или вручную (**AutoScale Off**) с помощью меню под функциональной клавишей **Options** (рис. 6-9). Автоматическая установка пределов шкалы обеспечивает отображение всех отсчетов. При ручной установке пределов шкалы возможен выход отсчетов за пределы окна. Для ручной установки пределов шкалы используется поворотная ручка на передней панели или цифровые клавиши с клавишей **[Shift]**.

Если предельные значения отсчетов устанавливаются с применением функции **Math**, то установка значений **YMax** и **YMin** масштабирует (но не изменяет) предельные значения в границах **YMax** и **YMin**. Значения **YMax** и **YMin** не могут задавать более узкие границы, чем предельные значения отсчетов **Math**.

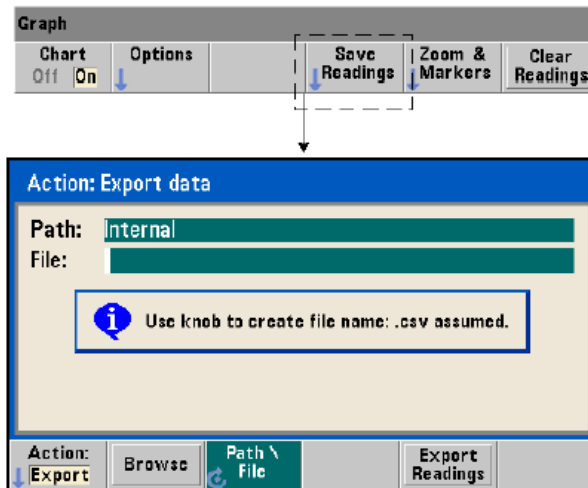
В окне тренда возможно отображение не более 100 отсчетов или подвергнутых децимации (прореживанию) точек.

## Очистка графика тренда



Очистка графика тренда очищает память отсчетов и начинает новую серию измерений по следующему сигналу запуска.

## Сохранение отсчетов в памяти

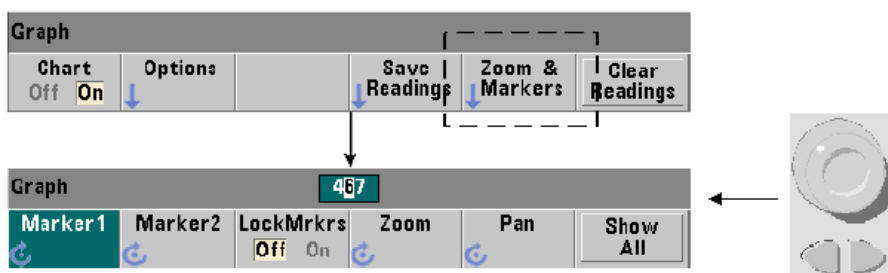


Отсчеты, которые отображаются графиком тренда, можно сохранить во внутренней флэш-памяти или записать на внешний USB-накопитель в виде значений, разделяемых запятой (CSV), по одному результату измерения в строке формата ASCII.

При нажатии функциональной клавиши **Save Readings** открывается окно действия **Export**, в котором можно выбрать или создать путь сохранения файла и его имя. Количество экспортируемых отсчетов равно общему количеству отсчетов в памяти (рис. 6-8) в момент нажатия функциональной клавиши **Export Readings**, которое может оказаться не равным заданному общему количеству отсчетов ( $\text{TRIGger:COUNT} \times \text{SAMPle:COUNT}$ ).

Экспортирование отсчетов **очищает память отсчетов** и начинает построение нового графика тренда при поступлении следующего сигнала запуска.

## Растяжка графика и управление маркерами



### ПРИМЕЧАНИЕ

При подстройке маркеров, растяжки (Zoom) и при перемещении графика вправо-влево (Pan) выделяемая клавишами ◀ и ▶ десятичная позиция (т.е. сотни, десятки или единицы) задает размер перемещения (грубо или точно) на каждое деление поворотной ручки.



Функциональные клавиши **Marker** позволяют вам помещать маркеры на отдельные отсчеты или точки децимации в пределах **графика тренда** и (если нужно) *фиксировать* относительное расстояние между маркерами. Когда маркеры зафиксированы друг относительно друга, то перемещение маркера 1 или маркера 2 с помощью поворотной ручки или с помощью клавиши **[Shift]** с вводом номера отсчета вызывает также перемещение другого маркера с сохранением расстояния между ними. Данные, соответствующие позициям маркеров, индицируются над окном **графика тренда**.

Функция **Zoom** (растяжка) определяет количество отображаемых отсчетов при увеличении разрешения в центральной области окна **графика тренда**. Всякий раз при подстройке растяжки изменяются номера отсчетов (рис. 6-8) для отображения текущего диапазона отсчетов.

Функция **Pan** (панорамирование) перемещает **график тренда** вправо-влево после того, как будет выбрана растяжка. Путем перемещения окна панорамирования можно вывести на экран интересующую вас область и снова применить растяжку для расширения этой области на экране. Поочередное применение функции **Pan** и функции **Zoom** таким способом сохраняет процентное значение растяжки.

При панорамировании можно наблюдать каждый отсчет или точку децимации вплоть до предельной возможности одновременного отображения 100 отсчетов (точек) в окне.

Функция **Show All** обновляет окно **графика тренда** текущими данными. Отображаются номера отсчетов 0 и значение **Count**; при этом также отменяется действие функций **Zoom** и **Pan**.

### Децимация отсчетов

В окне **графика тренда** отображается до 100 отсчетов. Когда количество отсчетов **превышает 100**, отсчеты подвергаются децимации (прореживанию); при этом они группируются и отображаются точками децимации. Количество отсчетов в группе децимации равно значению **reading count/100**.

На рис. 6-10 показан **график тренда**, состоящий из 100000 подвергнутых децимации отсчетов.

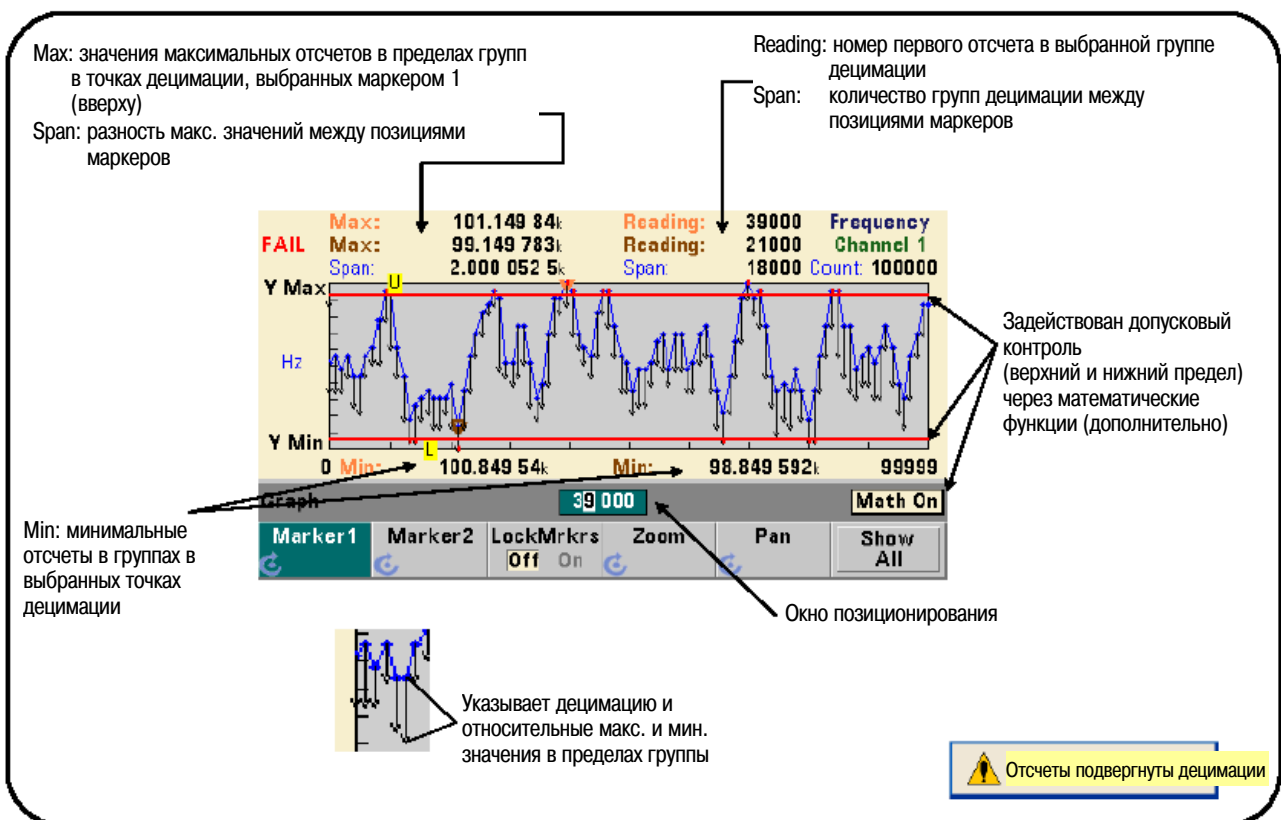


Рис. 6-10 Формат отображения **графика тренда** с децимацией

В каждой группе децимации на рис. 6-10 содержится 1000 отсчетов (отображается 100000 отсчетов в 100 точках). Количество отсчетов в каждой группе изменяется, если нажать клавишу **Show All** в процессе продолжения измерений.

Если поместить маркер на точку децимации, индицируется номер **первого** отсчета в соответствующей группе. Этот номер следует записать, если нужно посмотреть отдельные отсчеты в группе.

### Просмотр отсчетов в пределах группы децимации

Подвергнутые децимации отсчеты группируются и отображаются одной точкой децимации, однако их можно посмотреть индивидуально с помощью маркеров и функции панорамирования (**Pan**).

1. Выберите маркер и поместите его поворотной ручкой в интересующую вас точку децимации. Номер отсчета, соответствующий позиции маркера, является **первым** отсчетом в группе. Это может не соответствовать максимальному или минимальному значению в группе.
2. Нажмите функциональную клавишу **Pan** и введите номер первого отсчета с помощью клавиши **[Shift]** и цифровых клавиш. Номера отсчетов индицируют диапазон в 100 **отсчетов**, начиная с первого отсчета в группе.
3. Нажмите функциональную клавишу **Marker1** или **Marker2** и выделите с помощью клавиш **◀** и **▶** крайнюю справа позицию (единицы) в окне позиционирования. Поворачивайте ручку для перемещения маркера на один отсчет за раз. При перемещении маркера индицируется отсчет и его номер.

Для групп децимации, содержащих более 100 отсчетов, нажмите функциональную клавишу **Pan** и введите следующий номер отсчета после верхнего номера отсчета (рис. 6-8), чтобы посмотреть следующие 100 отсчетов.

## 6.4 Регистрация данных

Функция регистрации данных позволяет вам регистрировать и анализировать до **1000000** отсчетов. Функцию регистрации данных вводят в действие и конфигурируют **только** с передней панели. Эту функцию можно применять для всех видов измерений, кроме непрерывного суммирования.

### ПРИМЕЧАНИЕ

Регистрируемые отсчеты **не записываются** во внутреннюю флэш-память или на внешний USB-накопитель, пока не завершится период регистрации. Все данные теряются в случае перебоя в электропитании до завершения регистрации, если не задействована опция батарейного питания 300.

На рис. 6-11 показаны клавиши и окна, связанные с регистрацией данных (Data Logger).

### Конфигурирование регистратора данных

Все зарегистрированные отсчеты **записываются** во внутреннюю флэш-память или на внешний USB-накопитель **после** завершения регистрации. Эти отсчеты можно наблюдать на графике тренда в процессе регистрации и после завершения регистрации.

Регистрация данных производится в течение заданного **периода времени** или до достижения заданного количества отсчетов. После ввода в действие функции регистрации можно **задержать начало** регистрации на заданное время.

### Определение файла регистрации данных



Зарегистрированные отсчеты можно сохранить во внутренней флэш-памяти или записать на внешний USB-накопитель в виде значений, разделяемых запятой (CSV), по одному результату измерения в строке формата ASCII. Если не указать особо, то используется принятый по умолчанию путь сохранения файла и имя файла (**Internal/DataLog**).

Устройство памяти (**Internal** или **External**) выбирают с помощью клавиши **Browse**, а имя файла вводят с помощью поворотной ручки и клавиш **◀** и **▶** для выбора или изменения символов. При нажатии клавиши **Done** сохраняется путь и имя файла, а на дисплее снова появляется меню регистратора. Регистрация данных не начинается, если указать недействительный путь или имя файла.



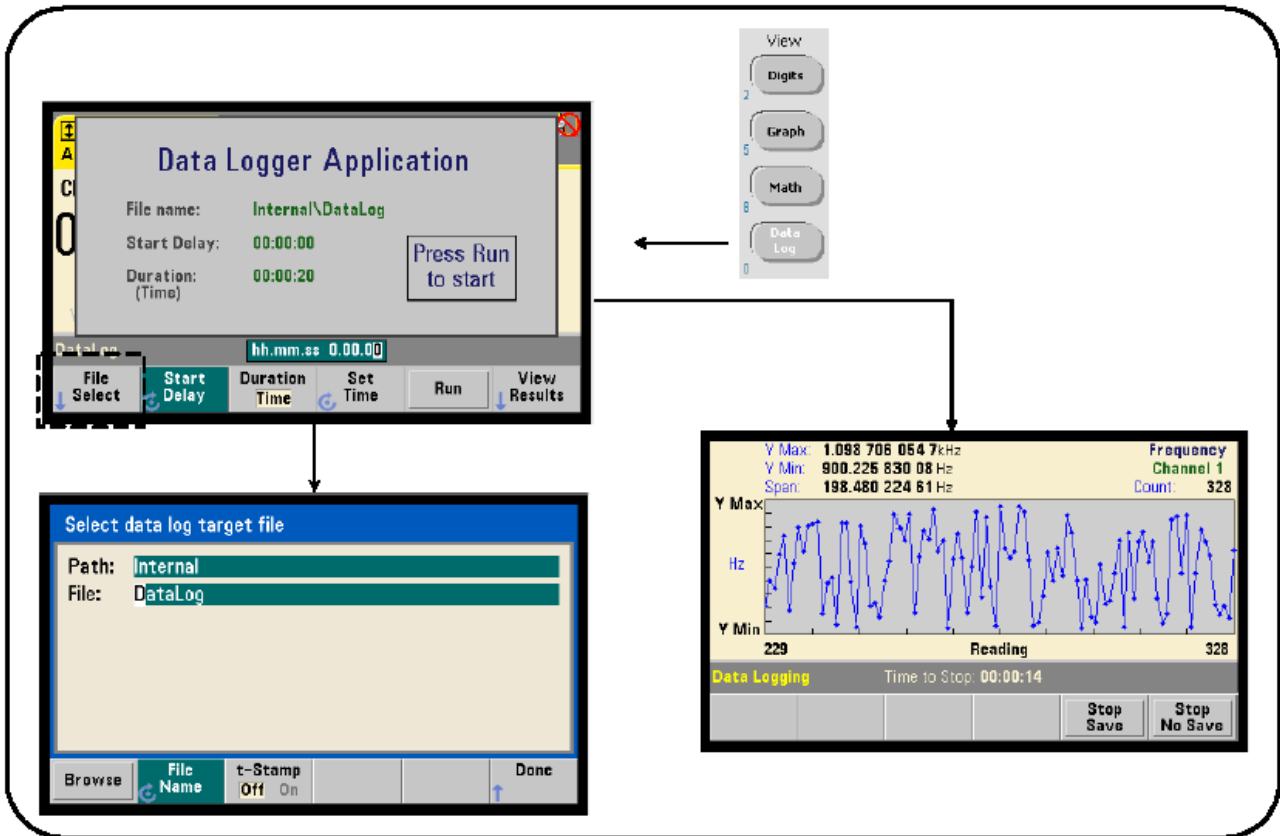


Рис. 6-11 Запуск регистратора данных частотомера

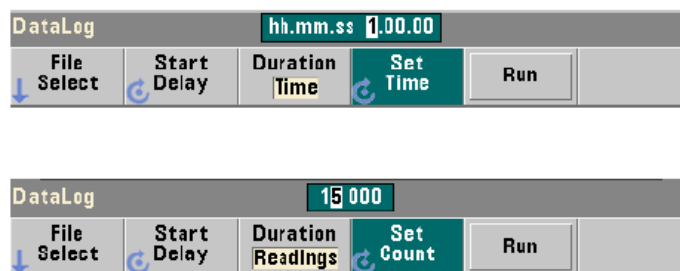
### Добавление меток времени в файл регистрации данных

Метка времени (**t-Stamp**) имеет следующий вид:

yyymmdd\_hhmmss      например: DataLog\_20100925\_105535.csv

Метка времени добавляется (**On**) к имени файла, когда завершится регистрация данных или будет нажата функциональная клавиша **Stop Save**. Метка времени появляется также в электронной таблице, когда открывается файл регистрации данных (.csv).

### Установка длительности регистрации



В терминах времени (**Time**) длительность регистрации задается в формате **hh.mm.ss** (часы-минуты-секунды). Это значение устанавливают с помощью поворотной ручки и клавиш **◀** и **▶** или с помощью цифровых клавиш с клавишей **[Shift]**. При выделении определенных разрядов в окне времени можно задать повышенное разрешение (минуты и секунды) длительности регистрации.

Максимальная длительность регистрации составляет 99.00.00. Однако может случиться так, что предельное количество отсчетов (1000000) будет достигнуто раньше, чем закончится заданный период регистрации.

В терминах количества отсчетов (**Readings**) длительность регистрации определяется моментом достижения заданного количества отсчетов, которое устанавливается с помощью поворотной ручки и клавиш ◀ и ▶ или с помощью цифровых клавиш с клавишей [Shift]. При этом можно задать не более 1000000 отсчетов.

Для измерительной функции **Time Stamp** возможна только установка длительности в терминах **количества отсчетов**.

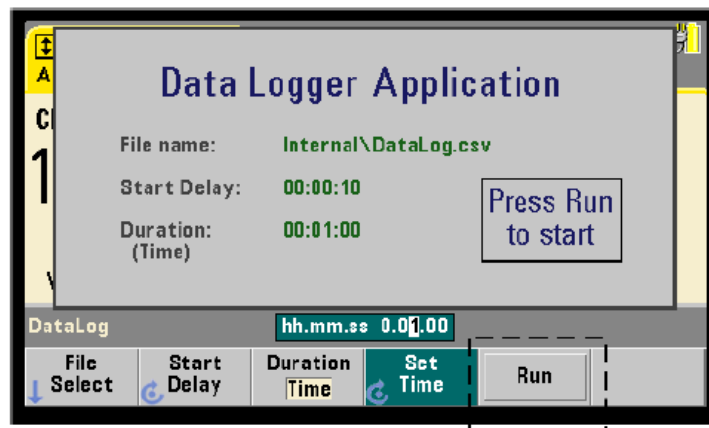
### Установка задержки начала регистрации



При необходимости можно установить задержку между моментом нажатия клавиши **Run** и моментом начала регистрации данных. Эта начальная задержка задается в формате `hh.mm.ss` (часы-минуты-секунды). Это значение устанавливается с помощью поворотной ручки и клавиш ◀ и ▶ или с помощью цифровых клавиш с клавишей [Shift]. При выделении определенных разрядов в окне времени можно задать повышенное разрешение (минуты и секунды) длительности задержки.

Максимальное значение длительности задержки составляет 99:00:00.

### Запуск регистратора данных



При нажатии клавиши **Run** вводится в действие регистрация данных, которая начинается после заданной начальной задержки, если существует действительный путь к сохранению файла и имя файла. По умолчанию при запуске регистратора данных используется следующий путь и имя файла:

```
Internal\DataLog
```

Выберите **Yes**, чтобы перезаписать файл, и начинайте регистрацию.

### Просмотр отсчетов



По мере регистрации отсчетов строится график тренда. **После** завершения регистрации данных отсчеты сохраняются в заданном файле. Нажатием клавиши **View Results** после остановки регистрации и сохранения данных или после завершения регистрации выводится на дисплей график тренда занесенных в память отсчетов.

На рис. 6-12 показан пример графика в процессе регистрации данных. (Дополнительная информация об окне графика тренда представлена на рис. 6-8 и 6-10).

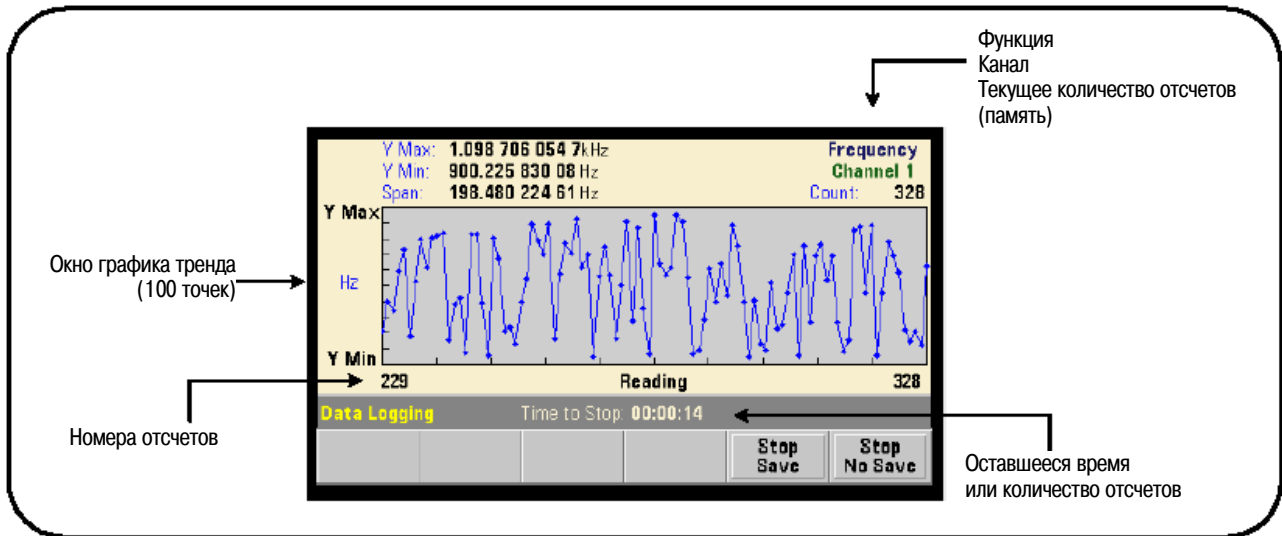


Рис. 6-12 Отображение графика тренда в процессе регистрации данных

По завершении регистрации вы можете пользоваться функциональными клавишами **Marker**, **Pan** и **Zoom** для просмотра данных. Имейте в виду, что нажатие клавиши **Graph** с последующим нажатием функциональной клавиши **Trend Chart** не сохраняет данные на дисплее.

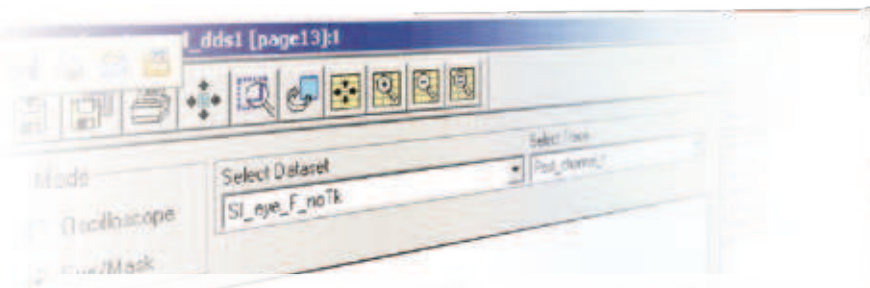
При регистрации более 100 отсчетов они подвергаются децимации, т.е. группируются и отображаются точками децимации (см. раздел 6.3).

### Остановка регистрации данных

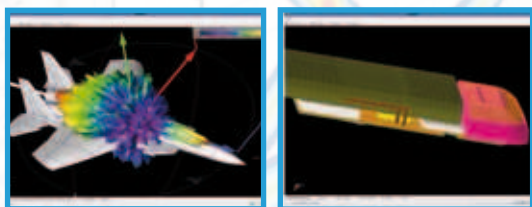
При нажатии клавиш **Stop Save** или **Stop No Save** прекращается регистрация данных до достижения заданной длительности или заданного количества отсчетов. Все зарегистрированные к этому моменту данные сохраняются в памяти (**Stop Save**) или отбрасываются (**Stop No Save**).

# САПР Agilent EEsof:

## решения для любых задач и бюджетов



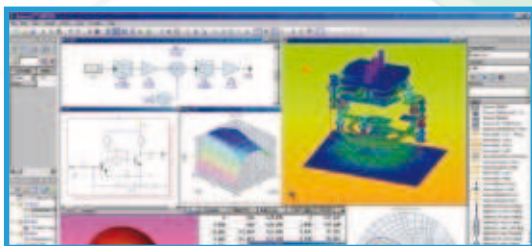
**ADS** – многофункциональная программная платформа для автоматизированного проектирования аналоговых ВЧ/СВЧ устройств и цифровых систем.



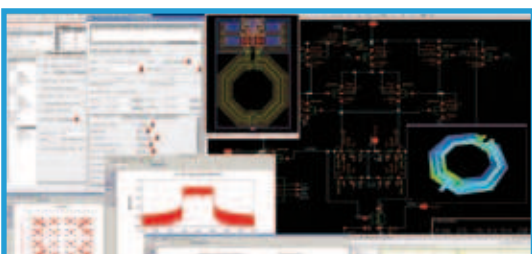
**EMPro** – средство трехмерной разработки и электродинамического моделирования антенн и 3D-объектов (корпусов, волноводов, КВП) методами FEM и FDTD.



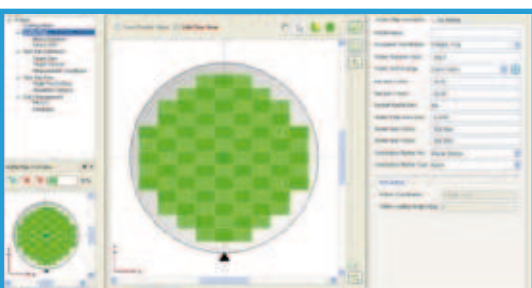
**SystemVue** – система для проектирования алгоритмов обработки и преобразования сигналов (библиотеки WiMAX, LTE, DVB, 3G, RADAR) на системном уровне с возможностью автоматической генерации Verilog/VHDL и C-кода.



**Genesys** – бюджетная среда проектирования аналоговых ВЧ/СВЧ цепей и систем с русскоязычным интерфейсом.



**GoldenGate** – передовое решение для расчетов высокочастотных интегральных схем, содержащие все методики моделирования САПР ADS. Программа интегрирована в среду Cadence Analogue Design Environment.



**IC-CAP** – программа для измерения параметров полупроводниковых компонентов и создания их поведенческих моделей/библиотек для других САПР.



# САПР Agilent EEsof

## Обзор основных возможностей САПР

### ADS

- Проектирование схемотехники и топологии ВЧ/СВЧ устройств
- Совместное моделирование аналоговой и цифровой частей устройства
- Широкий выбор методик моделирования: линейное, нелинейное и др.
- Статистический анализ, Проектирование для производства и Анализ выхода годных
- Возможности ручной подстройки параметров и оптимизация (в т.ч. элементов топологии)
- Генерация и моделирование X-параметров
- Электромагнитный анализ методом Моментов (Momentum) и методом Конечных элементов (FEM)
- Разработка цифровых схем и алгоритмов
- Библиотеки современных стандартов связи WiMAX, DVB, 1xEV,
- 3GPP, CDMA, EDGE, GSM, HSDPA, HSUPA, LTE, UMB, UWB и т.д.
- Использование при моделировании программ, написанных на C, M-code, VHDL, Verilog

### EMPro

- Современная, точная среда 3D электромагнитного анализа ВЧ устройств, корпусов, антенн совместно с объектами, на которые они установлены (машины, корабли, самолеты и т.п.)
- Методики расчета: FEM (Метод конечных элементов), Eigenmode Solver и FDTD (Метод конечных разностей во временной области)
- Удобные графические средства по созданию геометрий (встроенный трехмерный конструкторский графический редактор)
- Полная совместимость с другими САПР Agilent - прямой импорт/экспорт файлов для совместного моделирования
- Простой импорт CAD файлов из других программ ( SAT, SAB, STEP, IGES, ProE, VDA FS (.vda), Inventor (.ipt, .iam), SolidWorks (.sldprt, .sldasm), VariPosa (.mmf), DXF, ODB++)
- Передовые технологии разбиение объектов сеткой
- Проверка на соответствие стандартам по ЭМ совместимости

### SystemVue

- Проектирование алгоритмов цифровой обработки и преобразования сигналов
- Моделирование цифровых и аналоговых систем на функциональном уровне
- Моделирование систем связи современных стандартов (библиотеки WiMAX, LTE Advanced, DVBx2, ISDB T, WPAN, DVB, ZigBee)
- Библиотека Radar Model Library
- Моделирование и анализ MIMO систем
- Автоматическая генерация Verilog/VHDL файлов для разработчиков ПЛИС (FPGA)
- Автоматическая генерация C-кода
- Поддержка моделей на основе X-параметров
- Взаимосвязанные решения связь с измерительным оборудованием Agilent Technologies

### Genesys

- Бюджетное ПО для разработки ВЧ/СВЧ устройств на системном, транзисторном и топологическом уровнях
- Автоматический синтез схем и топологий (фильтров, смесителей, усилителей, ФАПЧ и т.д.)
- Широкий спектр методик расчета схем, возможность использования измеренных X-параметров в проектировании устройств
- Точное ЭМ моделирование методом Momentum
- Русскоязычный интерфейс и руководство пользователя на русском языке



# САПР Agilent EEsof

## Обзор основных возможностей САПР

### IC-САР

- Создание поведенческих моделей/библиотек компонентов для САПР
- Экстракция параметров полупроводниковых устройств и их статистический анализ
- Широкий набор драйверов измерительного оборудования
- Управление измерениями ВАХ, ВФХ, S-параметров и т.д.
- Автоматизация измерений на пластине - новый модуль WaferPro
- Создание собственных моделей экстракции с помощью встроенного языка программирования (PEL)

### GoldenGate

- ВЧ симуляторы Agilent ADS, встроенные в среду Cadence
- Анализ во временной и частотной областях
- Электромагнитный анализ (метод моментов Momentum)
- Проектирование для производства (DFM)
- Удобное отображение результатов моделирования в Data Display
- Библиотеки современных стандартов связи для тестирования работы устройств (Virtual Testbench)

## Дополнительные материалы о САПР Agilent Technologies

Все САПР Agilent содержат детальные руководства пользователя и обучающие видеоматериалы. Программные продукты поддерживают многоядерные, многопроцессорные и распределенные вычислительные комплексы, что позволяет значительно уменьшить время моделирования и разработки РЭУ устройств.

Для получения более подробной информации о САПР Agilent посетите страницу [www.agilent.com/find/eesof](http://www.agilent.com/find/eesof)

## Бесплатные временные лицензии

Для получения бесплатной ознакомительной 30-дневной версии (неограниченной по функциональности) необходимо заполнить анкету на нашем сайте

- ADS:** [www.agilent.com/find/eesof-ads-latest-downloads](http://www.agilent.com/find/eesof-ads-latest-downloads)  
**EMPro:** [www.agilent.com/find/eesof-empro-latest-downloads](http://www.agilent.com/find/eesof-empro-latest-downloads)  
**SystemVue:** [www.agilent.com/find/eesof-systemvue-latest-downloads](http://www.agilent.com/find/eesof-systemvue-latest-downloads)  
**Genesys:** [www.agilent.com/find/eesof-genesys-latest-downloads](http://www.agilent.com/find/eesof-genesys-latest-downloads)  
**IC-САР:** [www.agilent.com/find/eesof-iccap-latest-downloads](http://www.agilent.com/find/eesof-iccap-latest-downloads)  
**GoldenGate:** [www.agilent.com/find/eesof-goldengate-latest-downloads](http://www.agilent.com/find/eesof-goldengate-latest-downloads)

## Обучение и техническая поддержка

Agilent EEsof EDA предлагает **обширный перечень учебных курсов**, а также **видеодемонстрации** ([www.youtube.com/user/AgilentEEsof](http://www.youtube.com/user/AgilentEEsof)), обучающие применению САПР Agilent в широком спектре приложений. Кроме того, программа обучения может быть построена в соответствии с требованиями и пожеланиям заказчика (**специализированные индивидуальные курсы**). Обучение ведут опытные проектировщики, которые фокусируются на тонкостях работы программного обеспечения и примерах проектирования, а также охватывают начальный и расширенный курс по проектированию ВЧ/СВЧ схем и систем.

## Контакты

Сергей Прилепский, руководитель направления: +7 (495) 7973966, [sergey\\_prilepisky@agilent.com](mailto:sergey_prilepisky@agilent.com)  
Борис Петренко, технический специалист: +7 (495) 7973921, [boris\\_petrenko@agilent.com](mailto:boris_petrenko@agilent.com)



**КАУНЕС**  
**ОБОРУДОВАНИЕ**  
ГРУППА КОМПАНИЙ